

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



**“ESTUDIO DE LA DEMANDA DE SATURACIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA DE LA ISLA DE MARGARITA – ESTADO NUEVA  
ESPARTA”**

REALIZADO POR:  
**GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, AYLEEN JOSÉ**

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito parcial  
para optar al título de:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

BARCELONA, JULIO 2.009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



**“ESTUDIO DE LA DEMANDA DE SATURACIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA DE LA ISLA DE MARGARITA – ESTADO NUEVA  
ESPARTA”**

**Revisado y Aprobado por:**

---

**Ing. Hernán Parra**  
**Asesor Académico**

---

**Ing. Alcides Adrian**  
**Asesor Industrial**

BARCELONA, JULIO 2.009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



**“ESTUDIO DE LA DEMANDA DE SATURACIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA DE LA ISLA DE MARGARITA – ESTADO NUEVA  
ESPARTA”**

**JURADO**

**El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:**

---

**Ing. Hernán Parra**  
Asesor Académico

---

**Ing. Alcides Adrián**  
Asesor Industrial

---

**Ing. Santiago Escalante**  
Jurado Principal

---

**Ing. Luis Suárez**  
Jurado Principal

BARCELONA, JULIO 2.009



## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo con el artículo 44 de Trabajos de Grado.

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.



## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme dado la vida y bendecirme con mi familia.

A mi Abuela Eulalia y mi Madrina Mireya †, gracias a ustedes he alcanzado esta meta, siempre están presentes en cada paso que doy.

A mis Padres, porque han dado todo lo mejor de sí para mi formación y la de mi hermana. Los amo.

A todos mis familiares por el apoyo y cariño brindado.



## AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso, por ayudarme a alcanzar mi mayor meta, darme la excelente familia que tengo y colocar en mi camino a cada uno de las personas que me ayudaron a subir cada peldaño hasta llegar a la cima de esta escalera y obtener uno de mis logros como lo es Mi Título de Ingeniero Electricista.

A Mis Padres, por brindarme su apoyo en todo lo que me he propuesto, por su amor incondicional, por sus consejos, por sus sacrificios, por darme aliento en momentos que quería desfallecer. Gracias a ustedes soy lo que soy hoy en día. Los amo.

A mi Hermana por su apoyo, cariño y comprensión. Te quiero mucho “Mi Yukita”.

A mi Tía Abuela Digna, mi primo Francisco, mi Tía Mercedes y demás familiares que de una u otra forma estuvieron pendientes de mí, gracias por su apoyo.

A la Casa Más Alta (La Ilustre Universidad de Oriente), por haberme obsequiado el mejor de los regalos; Mi Educación Superior.

Al Departamento de Electricidad, a los profesores que me transmitieron sus valiosos conocimientos, Santiago Escalante, José Peña, Pedro López, Luis Parraguez, Melquiades Bermúdez, Margarita Heraoui, Luis Suárez, Verena Mercado, entre otros.

Al Profesor Hernán Parra por aceptar ser mi asesor académico, guiarme en el desarrollo de este trabajo y tenerme paciencia en las asesorías. Gracias... Fue un honor para mí tenerlo como asesor.

A mi asesor industrial, Ingeniero Alcides Adrian, por ayudarme y guiarme durante la realización del trabajo.



A todo el personal del departamento de Planificación y Gestión Operacional de SENECA; Ingeniero Ilich Hernández, Ingeniero José Coraspe y los linieros del área Calidad de Producto y Servicio Técnico (Javier Fermín, Ángel Silva y Omar Gil), por permitirme realizar pasantías en ese departamento y transmitirme sus conocimientos.

A los Ingenieros Ana Gómez y Alberto Hernández, por permitir que parte de su equipo de trabajo apoyara este estudio. (T.S.U. Oswaldo Freites, Lic. Omar Jiménez, Sr. Jesús Gamero), en la dirección de comercial; la Lcda. Norelys Farías. Gracias por toda la ayuda prestada durante el desarrollo de este trabajo.

Al Ingeniero Ángel Bermúdez por brindarme oportunidades que no se le da a ningún pasante, como lo es asistir a los Comité de Planificación de la Red en la Electricidad de Caracas. Muchas gracias.

Al Ingeniero Alejandro Cuartín por la asesoría con la información cartográfica.

A los Ingenieros Moisés Marcano, Ariadne Serrano, Antonio Matos y a todo el personal de la Electricidad de Caracas que me mostraron las bases para el comienzo del proyecto.

A todo el grupo con el cual compartí muchas de mis mañanas, medio días y tardes, Nancys Rojas, Videlva Amundarain, Mariela Corzo, Alexis González, Juan Quilarque, Natali Márquez, Rosa Zapata. Son un excelente grupo, gracias por hacer de mi estadía en SENECA un lugar ameno.

A mis amigos; Ámbar (Mi Manys), José Antonio (Mi Hermanito), María (Mava), Carlos (Harry Potter), gracias por cada palabra de aliento y apoyo durante toda mi carrera.

A una persona muy especial en mi vida que me enseñó que la vida no es más que saber y sentir que existen personas especiales como él...



A mis compañeras de residencia: Marielys, Brigi, Olgita, Vallita (Mi Tía Putativa), Jackqui (Mi Madre Putativa), Ara y Yara, gracias por todo el apoyo y cariño brindado cada día convivido juntas. Las quiero mucho.

A la Sra. Aída, Sr. Modesto, Ursulina y sus princesitas, gracias por permitirme convivir en su núcleo familiar durante mi formación académica superior.

A mis amigos y compañeros de estudios: Héctor (Mi espía), Martha, Carlos, Nelson, David, Juan Carlos (Mi prepa), Jhon Acosta, Pedro Bello, Daniel Indriago, José Daniel Gil, Luis Cedeño, Esteban Piñero, Argenis Pérez, María Toledo, Angellis Rodríguez (La Chiqui), Mariangel (La Negra), Ángela, Libia, María León, Armirys, Rosy, Édinson, Milagifred, Antonio, Hénner, Jesús Rodríguez, Stáling, Reivis, Jota, Luis Santaguiliana y su esposa Karen, junto a cada uno de ustedes viví momentos únicos e irrepetibles. Les doy las gracias por el apoyo, cariño y comprensión que me brindaron a lo largo de la carrera.

A la Lcda. Miladys Páez y a Mi Padrino, por su apoyo y ánimos brindados durante la carrera.

A Omar Jiménez, por el cariño y apoyo incondicional, por la confianza que me brindas para realizar las metas propuestas.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma compartieron, me ayudaron y me apoyaron durante la realización de éste trabajo.

¡Gracias de todo corazón, se les quiere!

*Ayleen J. González R.*



## RESUMEN

El sistema eléctrico en la Isla de Margarita presenta deficiencias en cuanto a su capacidad y calidad de servicio, producto del acelerado crecimiento de la demanda, el deterioro de las fuentes actuales de generación y la dependencia del cable submarino. El estudio de la demanda de saturación de energía eléctrica representa una solución, ya que a través de este se determina como será el esquema del sistema de transmisión y distribución en su máxima expansión y orienta los estudios de corto y mediano plazo. La correcta planificación del sistema de transmisión y distribución depende de la estimación de la demanda eléctrica futura, de su ubicación espacial y del tiempo en que se producirá, con suficiente detalle para evaluar diferentes opciones de capacidad, ubicación y configuración. El estudio de saturación se basa en la modelación de usos de la tierra. Primordialmente estos estudios requieren de una comprensión de la dinámica urbana propia de cada área y una correcta interpretación de los usos de la tierra en términos de demanda eléctrica. El objetivo principal de esta investigación es estudiar la demanda de saturación de la Isla de Margarita – Estado Nueva Esparta, con la finalidad de conocer la magnitud y ubicación de la potencia para una mejor planificación del sistema de transmisión y distribución, garantizando que opere en óptimas condiciones a lo largo de su vida útil.



## ÍNDICE

RESOLUCIÓN .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
RESUMEN .....	IX
ÍNDICE .....	X
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA .....	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
1.3 OBJETIVOS .....	22
1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	22
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	22
1.4 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN .....	23
1.5 ALCANCE Y LIMITACIONES .....	24
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>26</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	26
2.2 PREDICCIÓN DE LA DEMANDA .....	26
2.3 METODOLOGÍAS PARA LA PREDICCIÓN DE LA DEMANDA .....	27
2.3.1 <i>Series de Tiempo</i> .....	27
2.3.1.1 Métodos Tendenciales .....	28
2.3.1.2 Métodos de Descomposición .....	28
2.3.1.3 Métodos de Suavizado .....	30
2.3.1.3.1 Modelo Ingenuo .....	31
2.3.1.3.2 Promedios Móviles .....	31
2.3.1.3.3 Suavizado Exponencial Simple .....	32
2.3.1.3.4 Suavizado Exponencial de Grado Superior .....	33
2.3.1.4 Modelos Univariantes ARIMA: Metodología Box-Jenkins .....	35
2.3.1.4.1 Proceso Autorregresivo (AR) .....	36
2.3.1.4.2 Proceso de Media Móvil (MA) .....	37



2.3.1.4.3	Proceso Autorregresivo y de Media Móvil (ARMA)	38
2.3.1.4.4	Proceso Autorregresivo y de Media Móvil Integrado (ARIMA)	39
2.3.1.4.5	Procesos Estacionales	39
2.3.1.5	Series de Tiempo Múltiples: Funciones de Transferencias	41
2.3.2	<i>Modelos Causales</i>	42
2.3.2.1	Modelos Uniecuacionales: Econométricos	43
2.3.2.2	Modelos Multiecuacionales	45
2.3.2.3	Modelos de Uso Final	47
2.3.2.4	Modelos de Uso de la Tierra	49
2.3.2.5	Modelos de Redes Neuronales Artificiales	50
2.3.3	<i>Métodos Cualitativos</i>	53
2.4	DEMANDA	55
2.5	DEMANDA MÁXIMA	55
2.6	DEMANDA PROMEDIO	56
2.7	FACTOR DE DEMANDA	57
2.8	FACTOR DE UTILIZACIÓN	57
2.9	FACTOR DE CARGA	57
2.10	FACTOR DE DIVERSIDAD	58
2.11	FACTOR DE COINCIDENCIA O SIMULTANEIDAD	58
2.12	FACTOR DE PÉRDIDAS	59
<b>CAPÍTULO 3: DESARROLLO</b>		<b>60</b>
3.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO	60
3.2	CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y SOCIOECONÓMICAS DE CADA UNO DE LOS MUNICIPIOS	61
3.2.1	<i>Municipio Antolin del Campo</i>	61
3.2.2	<i>Municipio Arismendi</i>	61
3.2.3	<i>Municipio Díaz</i>	62
3.2.4	<i>Municipio García</i>	63
3.2.5	<i>Municipio Gómez</i>	63
3.2.6	<i>Municipio Maneiro</i>	64
3.2.7	<i>Municipio Marcano</i>	65
3.2.8	<i>Municipio Mariño</i>	65



---

---

3.2.9	Municipio Península de Macanao.....	66
3.2.10	Municipio Tubores.....	66
3.3	METODOLOGÍA APLICADA AL ESTUDIO.....	67
3.3.1	Premisas.....	67
3.3.2	Obtención de Índices (kVA/HA) y Área (HA).....	69
3.3.3	Resultados de la Determinación de la Demanda de Saturación... ..	83
3.3.4	Obtención de la Demanda Actual.....	85
3.3.5	Análisis de la Demanda.....	87
3.3.6	Planificación de Distribución de los Municipios Antolín del Campo y Díaz	89
3.3.6.1	Premisas.....	90
3.3.6.2	Metodología Utilizada para la Planificación.....	90
3.3.6.3	Planificación del Municipio Antolín del Campo.....	96
3.3.6.4	Planificación del Municipio Díaz.....	98
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>100</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>103</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>104</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>



## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Reseña Histórica de la Empresa**

El Sistema Eléctrico del Estado Nueva Esparta C.A (SENECA), es una compañía creada por CADAPE y ELEORIENTE, empresas eléctricas propiedad del Estado Venezolano. El 70% de las acciones de SENECA fueron vendidas a CMS Energy el 19 de Octubre de 1.998, como resultado de una licitación internacional llevada a cabo por el Ejecutivo Nacional. SENECA disponía de una concesión a 50 años, para la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en el Estado Nueva Esparta. Esta situación fue transformada, cuando el Estado venezolano, a partir del anuncio presidencial realizado a finales del año 2.006, consideró el servicio eléctrico como elemento estratégico dentro de la política interna y retomó el control de las operaciones de las empresas del sector, con el objeto de procurar el bien común y el alcance de este servicio a todas las poblaciones, sobre todo las más desasistidas.

Como misión, visión y valores corporativos, la empresa tiene establecido, hasta los momentos, los siguientes:

#### **Misión**

Proveer servicios energéticos buscando soluciones que satisfagan las necesidades de nuestros clientes, apoyándonos en la ética, tecnología y desarrollo de nuestro personal y proveedores, optimizando los recursos y resultados, a fin de promover el bienestar y crecimiento de la comunidad.



### **Visión**

Ser reconocida como la empresa de servicios eléctricos más eficiente del país y líder en el desarrollo de nuestra comunidad, por la calidad de su tecnología, la competencia de su recurso humano y por su permanente orientación a satisfacer las necesidades del mercado y a promover el desarrollo económico y social del Estado Nueva Esparta.

### **Valores Corporativos**

Como lineamientos que orientan la razón de ser de la empresa, se cuentan:

#### **- Ética y Conducta Impecables**

Todos los empleados de SENECA interactúan con sus usuarios, reguladores, demás funcionarios públicos, proveedores y compañeros de trabajo con el más alto nivel de ética y conducta.

#### **- Satisfacción del Usuario**

SENECA se esforzará constantemente en darles a sus clientes la mejor atención con calidad social, ésta escuchará las preocupaciones de sus usuarios y reguladores a fin de adaptarlos a los requerimientos de la colectividad.

#### **- Productividad Social**

Uno de los retos que debe asumir la empresa en busca de su permanente crecimiento y desarrollo es lograr los niveles óptimos de productividad que hagan de la organización una actividad eficiente, eficaz de óptima calidad y carácter sustentable. Esto asegura además, el cumplimiento de sus obligaciones y responsabilidades con su personal, sus usuarios y la comunidad en general.



### **- Desarrollo de los Trabajadores y Trabajadoras**

La empresa tiene la obligación de entrenar y capacitar a su gente, a fin de alcanzar un nivel de trabajo competente y motivado. Las políticas de la compañía, procedimientos y programas deben ser flexibles y efectivos, para que a los empleados que tengan el entusiasmo de contribuir tanto con el éxito de la compañía como con el crecimiento personal, les sea dada la oportunidad de crear valor y desarrollar su creatividad.

### **- Seguridad**

La empresa establecerá condiciones de trabajo para la prestación del servicio eléctrico que brinden seguridad a sus empleados y al público en general con la más alta consideración. Estarán conscientes constantemente y actuarán de acuerdo a las normas de seguridad, sentido común y a las disposiciones de política general para la conservación del medio ambiente.

### **- Crecimiento y Desarrollo**

Creen en el vínculo innegable entre el éxito de la compañía y el éxito de la comunidad a la que sirven. Se esmeran en mejorar la calidad de sus servicios y el medio ambiente de la empresa en general, para promover el desarrollo económico de la comunidad neoespartana.

### **Estructura Organizativa**

La estructura de SENECA está encabezada por:



- **Dirección General:** Es la responsable de la dirección y administración de todos los recursos disponibles, para la consecución de los objetivos de la Empresa. La Dirección General es apoyada y asesorada por cinco áreas que guardan estrecha relación entre sí, siendo tan importantes unas como otras ya que de su buen funcionamiento depende la estabilidad de toda la Compañía.

- **Dirección de Administración y Finanzas:** Es el área que registra y controla todas las operaciones financieras, contables, y administrativas de la Empresa, observando el uso adecuado de los recursos económicos y la mejor prestación de servicios al personal y soporte interno a todas las áreas de la empresa. Está conformada por las siguientes Gerencias:

- Gerencia de Administración
- Gerencia de Finanzas
- Gerencia de Compras & Logística
- Gerencia de Recursos Humanos
- Gerencia de Tecnología Informática y Telecomunicaciones.
- Gerencia de Seguridad Industrial

- **Dirección de Operaciones Técnicas:** Es la encargada de evaluar integralmente el comportamiento del sistema eléctrico del Estado al igual que de la formulación de políticas en materia de distribución y mantenimiento. Valida estadística e indicadores relacionados con el sistema eléctrico (Distribución, Generación y Transmisión). Evalúa desarrollos tecnológicos, costos, recuperación de materiales y equipos, entre otros. Está conformada por las siguientes áreas:

- Gerencia de Operaciones y Mantenimiento.
- Departamento de Calidad de Producto y Servicio
- Departamento de Ingeniería y Obras.



- Gerencia de Generación

- **Dirección de Generación:** Es la responsable del gerenciamiento de las plantas tanto en la operación como en el mantenimiento de éstas, para asegurar la producción de energía con la demanda que requiera la Isla, cumpliendo para esto con las leyes del medio ambiente y las normas internas y externas de Seguridad Industrial.

- **Dirección Comercial:** Es la responsable de proveer un servicio comercial de calidad a los clientes, así como, de satisfacer las expectativas y necesidades del mismo, mejorar la gestión financiera y lograr que los clientes perciban que las tarifas reflejan costos de una gestión empresarial eficiente que satisface sus requerimientos de servicios comerciales. Es apoyada por:

- Gerencia de Atención al Cliente.
- Gerencia de Mercadeo Corporativo.
- Gerencia de Crédito y Cobranza.

Además, cuenta con Oficinas Comerciales en las siguientes localidades:

- Porlamar.
- La Asunción.
- Juan Griego.
- Coche.
- Boca del Río.
- Villa Rosa.
- Pampatar.

- **Dirección de Legal y Relaciones Corporativas:** Es la responsable de mantener las actividades de la Empresa dentro del marco legal establecido y realiza todos los trámites requeridos por la legislación vigente, es responsable, además, de



proyectar, fortalecer y cuidar la imagen de la empresa, a través de los medios masivos de comunicación y de campañas encaminadas a apoyar el afianzamiento de la imagen de la Empresa y sus relaciones con la comunidad. Está conformada por:

- Gerencia de Asuntos Legales.
- Coordinación de Comunicación y Relaciones con la Comunidad.

En la figura 1.1 se muestra el organigrama de la empresa SENECA, el cual está actualmente en vigencia.

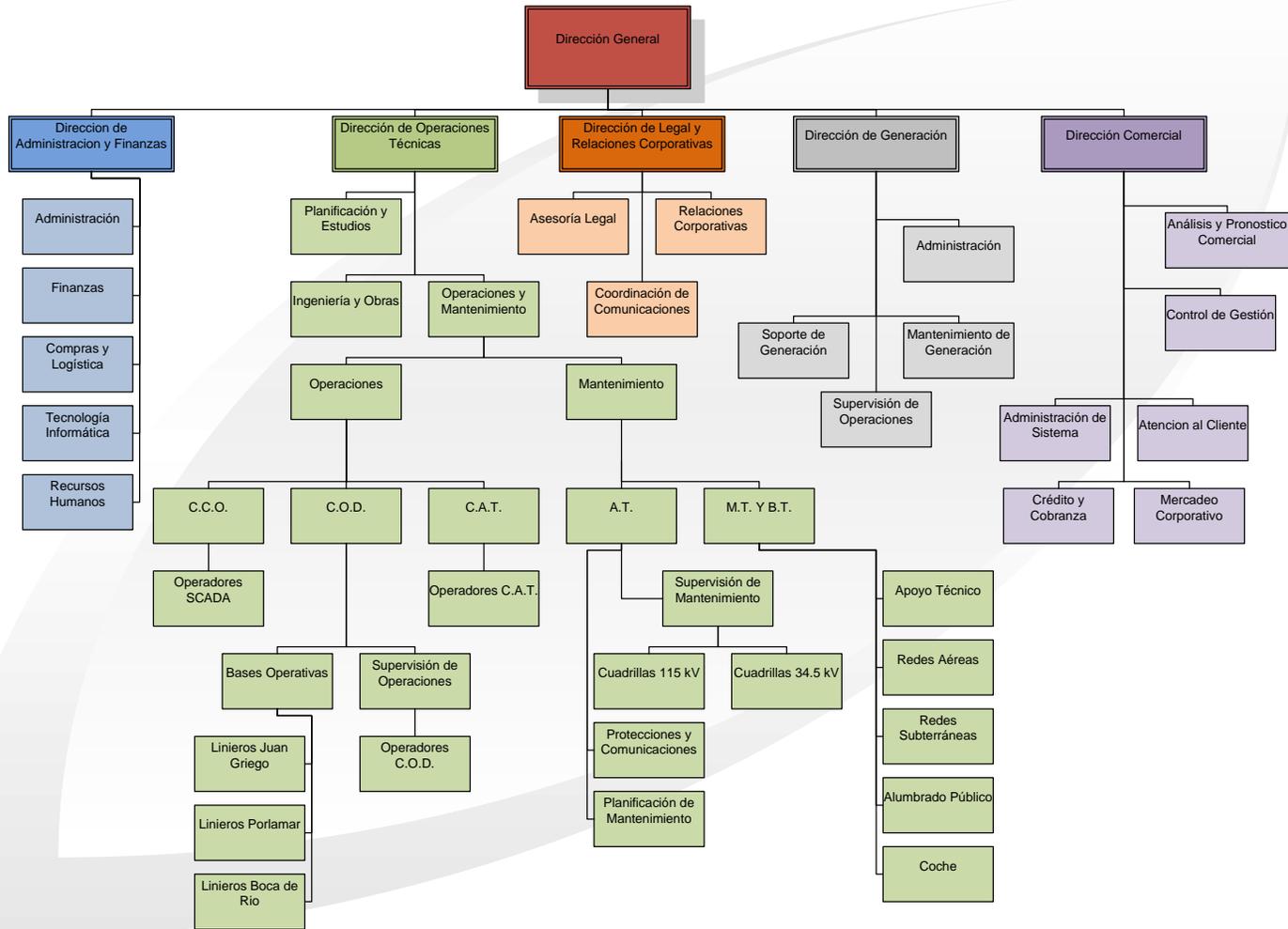


Figura 1.1. Estructura Organizativa de la empresa SENECA.



## 1.2 Planteamiento del Problema

La Isla de Margarita se ubica al Noroeste de Venezuela, cuenta con una densidad habitacional aproximadamente de 434.980 habitantes, según proyecciones de población para el Estado Nueva Esparta con base en el último censo realizado en el 2.001 por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Ésta tiene una oferta de posibilidades múltiples, debido a que es una zona turística muy concurrida. En lo que se refiere a electricidad, cuenta con la Planta de Generación Luisa Cáceres de Arismendi, la cual posee una capacidad de 230,162 MW efectivos, seis (6) Grupos de Generación Distribuida con un total de 60 MW efectivos y una alimentación de tierra firme a través de un cable submarino de 100 MW nominales, pero con régimen de trabajo de 66 MW en promedio, el cual suministra energía eléctrica desde la subestación Chacopata I en el Estado Sucre, que a su vez es suplida desde la subestación Casanay de la Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE) perteneciente al Sistema Oriental de esta empresa. Al presentarse fallas en el sistema, o si alguna de las máquinas generadoras necesitan mantenimiento, se efectúan racionamientos programados del servicio eléctrico, pues la capacidad efectiva (planta + cable submarino + Generación Distribuida), apenas pueden alimentar el pico máximo de demanda de 311,2 MW, registrado el 4 de Septiembre de 2.008 a las 9:00 pm, con una máquina fuera de servicio.

Hoy en día existe gran demanda de energía eléctrica y se presentan problemas para satisfacerla. El mayor porcentaje de consumo energético se produce a través de los Sistemas de aire acondicionado y de iluminación (en un 60% aproximadamente, aunque este porcentaje varíe dependiendo del uso: oficina, hotelero, residencial, comercial, gubernamental, industrial y educativo). Algunas de las causas del consumo excesivo de electricidad son: malos hábitos en la utilización de la energía, cambios de uso, aumento del número de ocupantes previstos en el diseño original, aumento de la



demanda energética por cambios tecnológicos, falta de regulaciones técnicas y legales en la industria de la construcción, entre otros.

En estos momentos existen planes a futuros de nuevos desarrollos que van desde urbanizaciones de viviendas unifamiliares, hasta grandes Hoteles, Casinos y Centros Comerciales, lo que conlleva al aumento de la demanda de la Isla, la cual se eleva rápidamente cerca de un 13% interanual en el año 2.008, trayendo como consecuencia la necesidad de ampliar o construir nuevas plantas generadoras.

En este proyecto se estudiará la Demanda de Saturación de Energía Eléctrica de la Isla de Margarita, y para que esto se lleve a cabo es necesario estudiar los planes de ordenamiento urbanístico local (POUL) de cada uno de los Municipios que la forman, para así conocer y analizar sus distintas zonificaciones, y superponerlos con el plano del Sistema de Gestión de Redes de Distribución (SGD) de SENECA, el cual contiene las líneas límites para cada Municipio, las subestaciones y respectivos alimentadores, entre otros datos. Se elegirán subcuadrículas patrones para encontrar índices (kVA/HA) tanto para las zonificaciones como para el alumbrado público. Luego obtener las áreas (HA) ocupadas por las distintas poligonales urbanas de cada uno de los planes de ordenamiento de los municipios, y el área ocupada por la vialidad, realizando una serie de cálculos y estudios se obtendrá la máxima demanda por municipio de la Isla de Margarita.

En la actualidad se están elaborando una gran cantidad de proyectos para suplir la demanda sin conocer cuál es en realidad la demanda de saturación, por tal motivo la importancia de realizar un estudio de este tipo, es la de poder establecer hasta qué punto deben crecer las fuentes de alimentación, y así desarrollar pautas generales para la expansión del sistema eléctrico a corto, mediano y largo plazo, siendo el objetivo final brindar un mejor servicio eléctrico.



### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Estudiar la Demanda de Saturación de Energía Eléctrica de la Isla de Margarita – Estado Nueva Esparta.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- 1) Describir las distintas metodologías utilizadas en los Estudios de Demanda de Saturación realizados en el País.
- 2) Identificar las subcuadrículas patrones de acuerdo a los Planes de Ordenamiento Urbanístico Local de cada Municipio, además del área ocupada por las construcciones actuales y por la vialidad en cada una de ellas.
- 3) Calcular factores de potencia y de carga e índices (kVA/HA), por tipo de zonificación para cada uno de los Municipios.
- 4) Caracterizar la Demanda de Saturación (MVA) por zonificación para cada Municipio, teniendo en cuenta las premisas y escenarios.
- 5) Obtener la capacidad requerida en el Sistema Eléctrico de la Isla de Margarita para la ubicación de las ampliaciones en el mismo.



#### **1.4 Importancia y Justificación**

El vertiginoso crecimiento a nivel urbanístico que ha experimentado la Isla de Margarita en los últimos diez años, el deterioro del sistema eléctrico y la dependencia de la generación hidroeléctrica (transmitida desde grandes distancias y limitada por la operación del cable submarino), ha originado un déficit en el sistema eléctrico en cuanto a capacidad y calidad de servicio, sobre todo en temporada alta, en los meses de Agosto y Septiembre, es cuando ingresa a la región mayor cantidad de turistas ocupando así gran parte del sector hotelero. Esto genera un aumento en la demanda de energía eléctrica, creando problemas para suplirla y generando molestias a la comunidad, debido a que en contingencia se recurre a racionamientos programados en las diferentes localidades. Para solucionar lo anteriormente expuesto es necesario crear fuentes de energía, pero para que esto ocurra, se debe realizar un estudio que permita definir cuánta carga se ha de alimentar. Existen varias metodologías para determinar la demanda a futuro, sin embargo se requiere una que englobe la magnitud y localización geográfica de la carga.

El estudio de la demanda de saturación representa un insumo para estudios futuros de distribución, además de servir de guía a la empresa que suministra el servicio de energía eléctrica en cuanto a proyectos de inversión se refiere, pues sin una buena predicción de demanda a largo plazo se podrían generar problemas de demanda no satisfecha o por el contrario, la producción de pérdidas por la construcción de obras no rentables que no se materializan en un incremento de las ventas o mejoras de la calidad.

El estudio de demanda de saturación aplicado en este Trabajo de Grado, está basado en la modelación de usos de la tierra, el cual nos permite determinar cómo será el desarrollo del sistema en su máxima expansión cuando la zona en estudio llegue a su máximo desarrollo, teniendo la suficiente resolución para estudiar diversas



alternativas de capacidad, localización e interconexión, y de esta manera ofrecer un excelente servicio a la comunidad y a los turistas de la Isla de Margarita.

### **1.5 Alcance y Limitaciones**

El estudio de demanda de saturación para la Isla de Margarita, permitirá la correcta planificación del sistema de transmisión y distribución, a través de este se conocerá la ubicación de la carga futura con suficiente detalle para evaluar diferentes opciones de capacidad, ubicación y configuración.

Para la aplicación de éste se necesitan los POUL de cada municipio a estudiar, por lo que se visitó cada Alcaldía, en vista que no estaban completos, ya que algunos municipios tales como: Díaz, Gómez, Tubores y Península de Macanao no cuentan aún con POUL, se acudió al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y al Ministerio del Poder Popular para la Infraestructura en busca de recursos para comenzar el estudio. Después de obtener los POUL de cada municipio y el plan de ordenamiento territorial del Estado Nueva Esparta, se presentó una limitación en cuanto a sistemas de coordenadas, debido que los planos no estaban en sistemas de coordenadas, y al superponerlos en el plano de SENECA (1:5000) quedaban desplazados unos 200 metros, por lo tanto se necesitaba que estuviesen en UTM LA CANOA, que es el sistema de coordenadas en el cual se encuentra el plano de todo el Estado Nueva Esparta que se maneja en el SGD de SENECA. Se recurrió a Ingenieros Geodésicos presentes en el Estado, y se realizaron métodos para hacer coincidir los planos de cada municipio con el de SENECA, realizando métodos distintos para cada plano según fuese el caso, se logró superponer solamente las poligonales de cada uso al plano de SENECA, es decir de los planos obtenidos en las alcaldías y en los Ministerios sólo se utilizó las poligonales que indican las distintas zonificaciones existentes en cada municipio, pero la topografía, vialidad, texto de avenidas y calles, cuadrículas (5000x5000 , subcuadrículas (500X500 ) , son



las que utiliza la empresa, debido que esta información fue levantada mediante Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Después de obtener las poligonales de cada zonificación sobre el plano de la empresa se procedió a actualizar aquellas que indicaban usos que no existen en la actualidad, esto debido que los POUL con los que se contaban eran del año 1.977.

Otra limitación fue que la empresa no cuenta con las fotos 1/60.000 necesarias para medir las parcelas de cada una de las construcciones presentes, no obstante se trabajó con la herramienta Google Earth, y se obtuvo un aproximado.



## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

En el año 2.005, Mota realizó un Trabajo de Grado, el cual habla que un error en la magnitud de las estimaciones, ya sea por defecto o por exceso, trae como consecuencia tomar decisiones equivocadas, cuando el error es por defecto aparecen problemas de demanda no satisfecha, al contrario, si es por exceso, la empresa que suministra el servicio realiza grandes inversiones que no corresponden con la realidad y le ocasionan grandes pérdidas, debido a la construcción de obras no rentables que no se materializan en un incremento de las ventas o mejoras de la calidad.

Peñaloza y González realizaron un Trabajo de Grado en el año 1.986 basado en el método del uso de la tierra, el cual utiliza una gran cantidad de datos, y envuelve como paso previo, la predicción del uso futuro de la tierra; es decir, la densidad de población futura en las áreas residenciales, y la superficie a utilizar en las áreas comerciales e industriales en cada microárea considerada.

En el año 1989, CADAFE – Región Nororiental, Zona Nueva Esparta, realizó un estudio de Planificación de Distribución para las Ciudades Porlamar y Pampatar, este se fundamenta en el método de predicción de carga por microáreas irregulares, el cual toma en cuenta el área de influencia de los circuitos. Este método basa la predicción de la demanda, en la historia de carga de los alimentadores y subestaciones.

### 2.2 Predicción de la Demanda

La predicción de la demanda es la ciencia (y el arte) de proyectar en el futuro el número de clases de clientes (o usuarios) y la magnitud del crecimiento de la demanda en el sistema de distribución. No importa que tan bien se realice el proceso



de predicción, siempre existirá incertidumbre sobre el comportamiento de la demanda.

Una predicción efectiva identificará:

- El crecimiento de la demanda en cada circuito y región de distribución.
- Las clases de clientes (residencial, comercial e industrial).
- El rango de error en el que puede incurrirse (margen en el diseño y planes de contingencia).

Factores que influyen en el Crecimiento de la Demanda:

- Precio de la electricidad.
- Manejo de la demanda.
- Disponibilidad de capital.
- Mercados mundiales.
- Niveles de ingreso y empleo.
- Producción industrial.
- Impuestos y otros aspectos regulatorios.
- Tecnologías energéticas competitivas.

## **2.3 Metodologías para la Predicción de la Demanda**

Se dividen los métodos de acuerdo con los principios que subyacen en cada tipo de modelación:

### **2.3.1 Series de Tiempo**

Analizan estadísticamente el comportamiento sistemático de una variable en el pasado y utilizan esta información para predecir la evolución futura de la misma. Estos se dividen en:



### 2.3.1.1 Métodos Tendenciales

El propósito de esta técnica es describir el comportamiento pasado de una variable como función del tiempo, el cual suponemos se mantendrá en el futuro. Se caracteriza por proveer un modelo sencillo, fácil de aplicar a un bajo costo, siempre y cuando se trate de una serie con un comportamiento estable en el tiempo. Su representación matemática se puede apreciar en la ecuación 2.1.

$$y(t) = \quad \quad \quad (EC. 2.1)$$

Donde:

$y(t)$  = Es el valor de la serie en el período  $t$ .

Las relaciones funcionales más utilizadas se observan en la figura 2.1

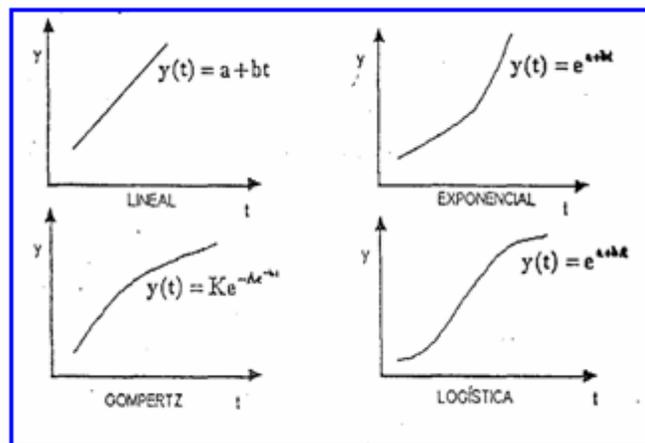


Figura 2.1 Principales Funciones de los Métodos Tendenciales.

### 2.3.1.2 Métodos de Descomposición

Esta técnica supone que la serie histórica de una variable puede ser desagregada en cuatro patrones fundamentales: tendencia, ciclo, estacionalidad y un componente



aleatorio, los cuales una vez aislados pueden extrapolarse individualmente hacia el futuro. Constituye uno de los enfoques más antiguos y comúnmente empleado en el mundo de los negocios, existiendo diversos procedimientos para descomponer la serie de tiempo. Su representación matemática se observa en la ecuación 2.2.

$$y_t = f(T_t, S_t, I_t) \quad (\text{EC. 2.2})$$

Donde:

Valor de la serie de tiempo en el período t

Componente de tendencia al período t

Componente estacional al período t

Componente cíclico al período t

Componente aleatorio al período t

Estos patrones se representan gráficamente en las figuras 2.2, 2.3 y 2.4.



Figura 2.2. Patrón Básico en el comportamiento de una Serie de Tiempo Tendencial.

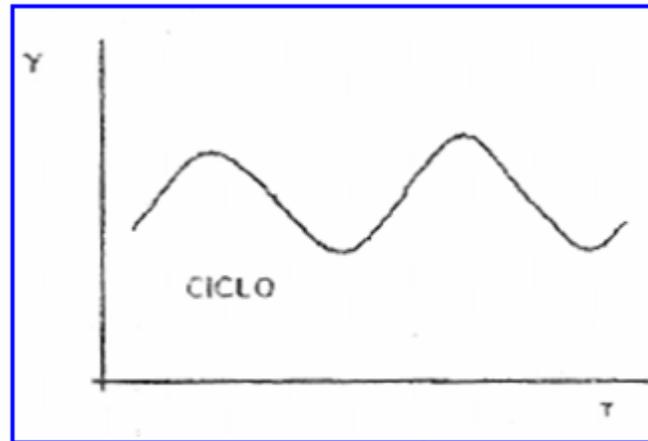


Figura 2.3. Patrón Básico en el comportamiento de una Serie de Tiempo Cíclica.



Figura 2.4. Patrón Básico en el comportamiento de una Serie de Tiempo Estacional.

### 2.3.1.3 Métodos de Suavizado

Esta técnica supone que el comportamiento futuro de una variable se describe en función sólo de sus valores históricos, identificando el patrón general real de la serie en estudio, a través del suavizado (promedio) de los valores pasados. La forma general de estos modelos se observa en la ecuación 2.3.

$$\hat{Y}_t(L) = f(Y_1, Y_2, \dots, Y_t) \quad (\text{EC. 2.3})$$



Donde:

Pronóstico al tiempo t de

L = Horizonte del pronóstico

F = Función planteada entre las variables

Entre los casos particulares de este enfoque se encuentran:

### 2.3.1.3.1 Modelo Ingenuo

El valor estimado de la próxima observación será igual al valor previo. Su representación matemática se aprecia en la ecuación 2.4.

$$\hat{Y}_t(1) = Y_t = \quad (\text{EC. 2.4})$$

### 2.3.1.3.2 Promedios Móviles

Consiste en tomar un número fijo de observaciones, calcular el promedio de estos datos y utilizar este valor como el pronóstico para el próximo periodo. El término móvil es empleado porque para cada nueva observación se calcula un nuevo promedio, manteniendo constante el número de datos, sustituyendo la observación más lejana por la más reciente. La forma general de este modelo se observa en la ecuación 2.5.

$$\hat{Y}_t(1) = \frac{1}{n} \times (Y_1 + Y_{t-1} + Y_{t-(n-1)}) = \quad (\text{EC. 2.5})$$

Donde:

n = Número de observaciones pasadas de que se están promediando equitativamente.

= Valor de la serie en el periodo t.



### 2.3.1.3.3 Suavizado Exponencial Simple

Se basa en una suma ponderada exponencial de las observaciones pasadas. Se asigna la mayor participación a la observación más reciente y valores exponenciales decrecientes a las observaciones históricas más antiguas. Requiere de un número mínimo de observaciones (3), tiene bajo costo, es sencilla y de fácil aplicación. Su principio es intuitivo por lo que es fácilmente comprendido por los que toman decisiones.

Es recomendado para series sin tendencia con valores oscilando alrededor de un valor fijo (estacionarias). En caso de estar presente una tendencia de crecimiento, se recomienda la aplicación de una técnica de suavizado de orden superior.

El factor más importante es la selección de la constante de suavizado, la cual al tomar valores cercanos a uno, da mayor importancia a las observaciones más recientes y responde más rápidamente a los cambios en el comportamiento de la variable en estudio. Este modelo tiene por representación matemática la ecuación 2.6.

$$S_t = Y_t(1) = \alpha Y_t + \alpha (1-\alpha)Y_{t-1} + \alpha (1-\alpha)^2 Y_{t-2} + \dots + \alpha (1-\alpha)^{n-1} Y_{t-(n-1)} \quad (\text{EC. 2.6})$$

Donde:

$\alpha$  = Constante de Suavizado ( $0 < \alpha < 1$ )

$S_t$  = Valor Suavizado de la Serie en t

n = Número de Observación de la Serie

Se puede obtener a través de las ecuaciones 2.7 y 2.8.

$$S_{t+1} = S_t + \alpha (Y_t - S_t) \quad (\text{EC. 2.7})$$



$$S_{t+1} = S_t + \alpha (e_t) \quad (\text{EC. 2.8})$$

#### 2.3.1.3.4 Suavizado Exponencial de Grado Superior

Esta técnica se basa en el principio de atenuar la componente base (Suavizado exponencial simple), de tal forma que en una serie de tiempo se tome en cuenta, tanto la componente de nivel como la componente de tendencia, la estacional o ambas.

Las técnicas que generalmente se emplean corresponden al método de HOLT y al de WINTERS, siendo la estacionalidad (Fluctuaciones con periodos asociados a los meses o a las estaciones del año) el factor que determina el uso de uno u otro procedimiento.

Holts considera la presencia de una tendencia en la serie y utiliza las siguientes expresiones 2.9 y la 2.10:

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (\text{EC. 2.9})$$

$$S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) (S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (\text{EC. 2.10})$$

Donde:

= Valor Suavizado Exponencial Simple de la Serie en t.

= Coeficiente de Suavizado Análogo a  $\alpha$ . ( $0 < \beta < 1$ ) ( $0 < \alpha < 1$ ).

T = Valor Suavizado de la Tendencia en la Serie de Datos.

El pronóstico es obtenido a partir de la ecuación 2.11:

$$F_{t+m} = S_t + b \quad (\text{EC. 2.11})$$

Donde:



m: Horizonte del Pronóstico.

El método de Winters considera la presencia de tres componentes en la serie, nivel, tendencia y estacionalidad como se puede apreciar en las ecuaciones 2.12, 2.13 y 2.14:

$$S_t = \alpha x \frac{Y_t}{I_{t-p}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (\text{EC. 2.12})$$

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (\text{EC. 2.13})$$

$$I_t = \gamma \frac{Y_t}{S_t} + (1 - \gamma) I_{t-1} \quad (\text{EC. 2.14})$$

Donde:

Valor suavizado de la serie desestacionalizada.

Valor suavizado de la tendencia en la serie.

Valor suavizado de la serie estacional.

Tamaño de la estacionalidad.

Constante de suavizado  $(0 < \gamma < 1)$

El pronóstico es obtenido a partir de la ecuación 2.15:

$$F_{t+m} = (S_t + T_1 xm) I_1 \quad (\text{EC. 2.15})$$

Teniendo en cuenta los conceptos que preceden, existen técnicas dinámicas que permiten que las constantes de suavizado sean calculadas continuamente actualizadas a medida que se dispone de la nueva información. Dentro de estos métodos conocidos de manera general como Suavizado Exponencial Adaptativo, se han



propuesto varios esquemas, en función de la magnitud, forma y dirección de los errores del pronóstico. Así por ejemplo un error de pronósticos más grande (en magnitud absoluta) causará un valor de la constante de suavizado más grande. El sistema supone que un error grande significa que el modelo no está siguiendo con exactitud la demanda que debe adaptarse a una relación más rápida para centrarlos nuevamente en las series de tiempo.

La selección de un procedimiento específico de un suavizado depende fundamentalmente de los patrones básicos presentes en la serie de tiempo en estudio y de los recursos computacionales que se dispongan para el análisis de los mismos. Así para la aplicación de los métodos de suavizado de grado superior y Adaptativos, existen paquetes estadísticos computacionales accesibles y de fácil aplicación, que instalados en microcomputadoras personales permiten su uso en aplicaciones prácticas y una evaluación rápida de su desempeño, para tomar acciones correctivas oportunas.

#### **2.3.1.4 Modelos Univariantes ARIMA: Metodología Box-Jenkins**

Utiliza la filosofía de combinar observaciones pasadas (esquema autoregresivo AR) y errores pasados (esquema de media móvil MA) de una serie temporal para pronosticar su futuro, utilizando procedimientos muy particulares para identificar y determinar cuántas observaciones hay que utilizar y cuál es su participación respectiva. Permite identificar a diferencia de otras técnicas patrones menos explícitos que los obtenidos a través de otras técnicas de series de tiempo.

Al igual que otros métodos de series de tiempo, es necesario conocer las características de las series de tiempo para seleccionar la especificación correcta del modelo. Las características más importantes para este tipo de modelación corresponden a las estacionariedad y la estacionalidad. Estos elementos se detallan en

las figuras 2.5 y 2.6 y los datos de la serie de tiempo deben mostrar la característica de estacionariedad o tener la capacidad de ser transformada en esta condición.

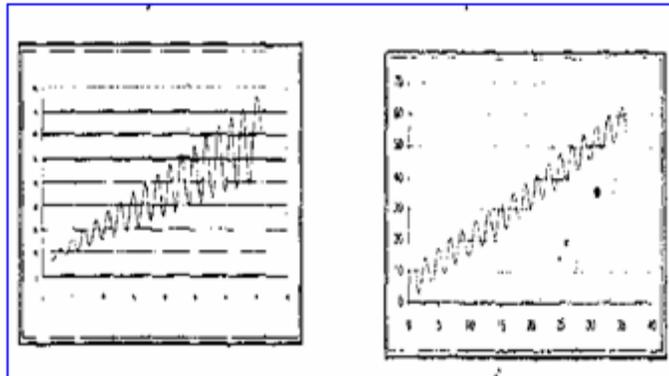


Figura 2.5. Estudio de la Estacionariedad

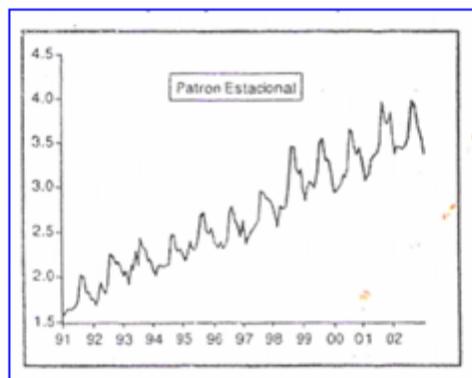


Figura 2.6. Estudio de la Estacionariedad

La metodología de Box-Jenkins tiene un enfoque bien general y de alta precisión y constituye una familia de modelos, los cuales pueden ser clasificados en:

#### 2.3.1.4.1 Proceso Autorregresivo (AR)

En este tipo de modelación el valor de la serie en el instante  $t$ ,  $y_t$ , es expresado como una función de sus valores previos  $(y_{(t-1)}, y_{(t-2)}, \dots)$  y de un error



aleatorio . El orden  $p$ , de este proceso depende del valor más distante  $(t-n)$  con el cual está relacionado.

Así, para un proceso autorregresivo AR ( $p$ ) de orden  $p$ , su expresión será la dada por la ecuación 2.16:

$$y(t) = \phi_1 y(t-1) + \phi_2 y(t-2) + \dots + \phi_p y(t-p) + a(t) \quad (EC. 2.16)$$

Para que las ecuaciones sean más compactas, la ecuación anterior es expresada en términos de un operador de retardo  $B$ , el cual es definido como  $y(t-1) = B y(t)$ , siendo  $y(t-m) = B^m y(t)$ . Y el modelo queda expresado como se observa en la ecuación 2.17:

$$\phi(B)y(t) = a(t) \quad (EC. 2.18)$$

Donde:

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$$

#### 2.3.1.4.2 Proceso de Media Móvil (MA)

En este tipo de modelación, el valor de la serie en el instante  $t$ , es expresado como una función de los errores aleatorios  $(a(t), a(t-1), \dots, a(t-q))$ . El orden  $q$  de este proceso depende del valor más distante  $(t-n)$  con el cual está relacionado.



Así para un proceso de media móvil MA(q) de orden q la expresión estará dada por la ecuación 2.19:

$$y_{(t)} = a_{(t)} - \theta_1 a_{(t-1)} - \theta_2 a_{(t-2)} - \dots - \theta_q a_{(t-q)} \quad (\text{EC. 2.19})$$

Utilizando el operador B anteriormente identificado, se tiene la ecuación 2.20:

$$y_{(t)} = \theta(B) a_{(t)} \quad (\text{EC. 2.20})$$

Donde:

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$$

#### 2.3.1.4.3 Proceso Autorregresivo y de Media Móvil (ARMA)

En este proceso mixto, el valor de la serie en el instante t, es expresado linealmente en función de los valores previos  $(y_{(t-1)}, y_{(t-2)}, \dots, y_{(t-p)})$  y de los errores aleatorios  $(a_{(t)}, a_{(t-1)}, a_{(t-2)}, \dots, a_{(t-q)})$ .

El orden del proceso ARMA es seleccionado de la misma manera como se realizó de forma individual para los procesos AR(p) y MA(q).

La expresión viene dada por la ecuación 2.21:

$$\phi_1 y_{(t-1)} + \dots + \phi_p y_{(t-p)} + a_{(t)} - \theta_1 a_{(t-1)} - \dots - \theta_q a_{(t-q)} \quad (\text{EC. 2.21})$$

En términos del operador de retardo viene dada por la ecuación 2.22:



$$\Phi_{(B)} y_{(t)} = \theta_{(B)} \quad (\text{EC. 2.22})$$

#### 2.3.1.4.4 Proceso Autorregresivo y de Media Móvil Integrado (ARIMA)

Los procesos anteriormente definidos AR, MA o ARMA están asociados a procesos estacionarios. Esto significa que la serie de tiempo tiene una media y una varianza esencialmente constante en el tiempo.

Cuando esta condición no se cumple es necesario realizar la transformación que viene dada por la ecuación 2.23:

$$y_{(t)} - y_{(t-1)} = (1 - B) y_{(t)} \quad (\text{EC. 2.23})$$

Así el orden  $d$  ( $N^\circ$  de veces que se realizó la diferenciación), es conocido como el factor de integración y el modelo quedará como se observa en la ecuación 2.24:

$$\Phi_{(B)} \nabla^d y_{(t)} = \theta_{(B)} \quad (\text{EC. 2.24})$$

Donde:

$\nabla$ : Operador equivalente a  $B$ , como se aprecia en la ecuación 2.25:

$$\nabla^d y_{(t)} = (1 - B)^d y_{(t)} \quad (\text{EC. 2.25})$$

#### 2.3.1.4.5 Procesos Estacionales

Muchas series de tiempo reflejan un comportamiento estacional como consecuencia de la periodicidad de los datos (semanas, meses, trimestres). Estas series igualmente pueden ser analizadas a través de las técnicas ARIMA anteriormente presentadas, siempre y cuando se realice la transformación de los datos



para eliminar una diferenciación estacional de la serie, lo cual queda expresado de acuerdo con la ecuación 2.26:

$$(y_{(t)} - y_{(t-s)})^D = (1 - B^s)^D \quad (\text{EC. 2.26})$$

Donde:

s Número fijo asociado a la periodicidad de los datos. (Ejemplo: s=12, pares mensuales).

La forma general de este proceso está dada por las ecuaciones 2.27, 2.28, 2.29 y 2.30:

$$\Phi_{(B)} \delta_{(B^s)} \nabla^D \nabla_s^D y_{(t)} = \Theta_{(B)} \Omega_{(t)} \quad (\text{EC. 2.27})$$

$$\nabla_s^D = (y_{(t)} - y_{(t-s)}) \quad (\text{EC. 2.28})$$

$$\delta_{(B^s)} = 1 - \delta_1 B^s - \delta_2 B^{2s} - \dots - \delta_k B^{ks} \quad (\text{EC. 2.29})$$

$$\Omega_{(B^s)} = 1 - \Omega_1 B^s - \Omega_2 B^{2s} - \dots - \Omega_l B^{ls} \quad (\text{EC. 2.30})$$

Esta metodología (Box-Jenkins) es un proceso iterativo que comprende cuatro etapas, las cuales son:

- La diferenciación del modelo.
- La estimación de los parámetros del modelo.
- El diagnóstico y chequeo del modelo.
- El diagnóstico propiamente dicho.



Dentro de los aspectos prácticos más resaltantes de esta metodología, se tiene la necesidad de contar con una serie de datos de cincuenta o más observaciones para poder llevar a cabo la etapa de identificación adecuadamente. Esta etapa se realiza, por lo general, mediante dos funciones: la primera, la función de autocorrelación simple y la otra la función de autocorrelación parcial. Las formas de ambas son contrastadas con las funciones ajustadas para distintos tipos de modelos teóricos.

Es importante destacar que en muchos casos, este proceso deja en mano del especialista la interpretación de la modelación que se está realizando.

### 2.3.1.5 Series de Tiempo Múltiples: Funciones de Transferencias

Esta técnica supone que el comportamiento de una serie de tiempo puede ser explicada a través del comportamiento pasado de ella misma, en conjunto con una o más series de tiempo independientes relacionadas. Así se logra capturar la influencia de factores independientes externos a la propia variable a pronosticar, considerando su estructura estocástica.

Esta metodología se basa en relaciones en las que las variables explicativas influyen sobre la dependiente y no al contrario; así como en relaciones aproximadamente lineales y constantes en el periodo analizado.

Para el caso de una variable independiente que influye sobre la variable en estudio el modelo de función de transferencia puede representarse como se aprecia en la ecuación 2.31:

$$Y(z) = \frac{W(z)}{\sigma(z)} * X_{(z-b)} \quad (\text{EC. 2.31})$$

Donde:



$$w_{(B)} = w_0 - w_1 B - \dots -$$

$$\sigma_{(B)} = 1 - \sigma_1 B - \sigma_2 B^2 - \dots -$$

b = Número de periodos antes que la serie X (entrada) comience a afectar la serie Y (salida).

= Componente de error.

r = Orden asociado al valor más distante con el cual influye sobre .

S = Orden asociado al valor más distante de sí misma con el cual está relacionada.

La etapa de identificación involucra, la caracterización de una función adicional llamada función de correlación cruzada la cual evalúa la dependencia entre las series y permite determinar entre otras cosas, los parámetros, b de la formulación anteriormente presentada.

### 2.3.2 Modelos Causales

Estos modelos pretenden explicar fenómenos o acontecimientos a partir de la ocurrencia o no de otros fenómenos o sucesos. Esto implica la formulación de hipótesis estadísticas o modelos de interrelación entre variables, la validación estadística de las mismas, así como la estimación de la magnitud de los efectos hipotéticos entre variables. Se considera que las relaciones que históricamente se han establecido entre las variables permanecerán constantes en el tiempo.

Dentro de estos modelos se encuentran:



### 2.3.2.1 Modelos Uniecuacionales: Econométricos

Con base en la información sobre las variables que intervienen y la forma funcional de la relación que la suministra en general la teoría económica se tiene a través de la ecuación 2.32:

$$Y_t = \sum_{i=1}^k \beta_i * X_{it} \quad (\text{EC. 2.32})$$

Donde:

Variable dependiente o endógena.

. Variables explicativas o independientes.

Elemento de error aleatorio.

Coefficiente de regresión parcial correspondiente a la variable .

El modelo precedente es la formalización de una teoría casual en la cual diversas variables explicativas se combinan para dar como resultado un valor de la variable dependiente. Este hecho se valida en la práctica a través de un análisis de correlación entre variables.

Este modelo es lineal y aditivo, lo cual significa que el efecto de X sobre Y es siempre el mismo cualquiera que sea el valor de o de las restantes variables explicativas.

Los supuestos básicos de este modelo son:

1. El valor esperado de los errores  $E\{\epsilon_t\}$
2. La varianza de los errores  $VAR\{\epsilon_t\}$  constante para todo t  
(Homocedasticidad)



3. La covarianza entre los errores  $\text{COV}\{\varepsilon_j, \varepsilon_k\}$  (No autorrelacion)
4. La covarianza entre los errores y las variables independientes  $\text{COV}\{\varepsilon_i, X_{it}\}$  para todo i.t.
5. La distribución de los errores  $\varepsilon \cong N\{\dots\}$
6. es no estocástica; ya que es una variable con valores fijos en muestras repetidas.
7. N° de observaciones > N° de coeficientes a estimar.
8. No existe ninguna relación lineal exacta entre las variables explicativas.

Los supuestos son necesarios ya que garantizan que el método de mínimos cuadrados ordinarios provea de estimadores “eficientes” (Insesgados y de mínima varianza).

Las observaciones X, Y pueden registrarse a lo largo del tiempo (Series de Tiempo), o para distintos individuos, grupos, objetos o áreas geográficas (Sección Transversal), o combinación de ambos (datos agrupados de Series de Tiempo y Sección Transversal).

Esta técnica comprende cinco (5) pasos, a saber: especificación del modelo, obtención de los datos de las series a ser utilizadas, estimación de los parámetros del modelo, pronóstico de las variables exógenas y pronóstico de la variable dependiente.

Cabe señalar, que los modelos econométricos entre otros aspectos, permiten medir el impacto que tiene sobre el consumo de electricidad, aquellas variables claves como los precios de este servicio, los precios de otros combustibles, entre otros. Asimismo, permiten la evaluación del impacto de mejoras tecnologías y políticas de conservación que pueden ser implementadas a mediano y largo plazo en el sector eléctrico.



En esta técnica es importante tener presente, que parte de la precisión del pronóstico está asociado a las hipótesis y proyecciones de las variables explicativas o determinantes que se utilizan como insumos de información en los modelos.

### 2.3.2.2 Modelos Multiecuacionales

Estos se presentan con una estructura similar a la de los modelos de una sola ecuación pero con más de una variable dependiente, dada las relaciones bidireccionales o simultáneas que se plantean entre variables.

En estos modelos se establece una ecuación para cada una de las variables conjuntamente dependientes o endógenas y la estimación de los parámetros de cada una de ellas, se realiza tomando en cuenta la información suministrada por el conjunto de ecuaciones del sistema.

La correlación entre variables explicativas y término de perturbación aparecerá siempre que una variable tenga indirectamente, (a través de otras variables) un efecto sobre si misma o simplemente, cuando los términos de perturbación de las diferentes ecuaciones del modelo estén correlacionados.

Un sistema de ecuaciones simultáneas, viene caracterizado por un sistema del siguiente tipo:

$$Y_1 = \beta_{1,1} \dots \dots \dots + \beta_{1,G} Y_G + \gamma_{1,1} X_1 + \gamma_{1,k} X_k$$

$$Y_2 = \beta_{2,1} Y_1 + \beta_{2,2} \dots \dots \dots + \beta_{2,G} Y_G + \gamma_{2,1} X_1 + \dots + \gamma_{2,k} X_k$$

$$Y_G = \beta_{G,1} + \dots \dots \dots + \beta_{G,G-1} Y_{G-1} + \gamma_{G,k} X_k$$



Donde se distinguen las variables  $Y_1 \dots Y_G$  denominadas endógenas cuya variación viene explicada por las ecuaciones del modelo y otra serie de variables  $X_1$  denominadas variables exógenas cuya variación no viene explicada por el modelo.

Los principales supuestos que tienen que cumplir los términos de perturbación son:

1. La distribución de probabilidades de  $U_g (g = 1, 2, \dots, G \text{ e } t = 1, 2, \dots, T)$  es independiente de los valores que toman las variables exógenas  $X_1$  del modelo.
2.  $U_{g,1}, U_{g,2}, \dots$  son variables aleatorias estocásticas independientes entre sí.
3. Para cada individuo  $i$  de la muestra ( $i=1, 2, \dots, N$ ), la distribución de probabilidad conjunta de  $U_{1,t}$  es normal multivariante con vector de medias igual a cero.

Estas ecuaciones se conocen como ecuaciones estructurales o ecuaciones de comportamiento. Con base en estas se pueden obtener las ecuaciones de forma reducida y sus correspondientes coeficientes. Una ecuación de forma reducida es aquella que expresa una variable endógena solamente en términos de variables predeterminadas y de perturbaciones estocásticas.

En el sector eléctrico este tipo de análisis debe ser considerado como alternativa, entre otras cosas, cuando se está evaluando la demanda de energía eléctrica por sector de consumo y el precio promedio es utilizado como variable explicativa. Un enfoque uniecuacional en este caso, dada la estructura de tarifas en



bloques con precios unitarios diferentes dependientes del consumo de energía crea problemas econométricos que se resuelven a través de una modelación multiecuacional.

### **2.3.2.3 Modelos de Uso Final**

Es un método de ingeniería cuya idea responde al hecho que la energía es usada a través de equipos que son los que realmente satisfacen las necesidades de los usuarios y que la energía total requerida será producto del número de equipos por categoría y del consumo de energía por equipo. Es comúnmente utilizado en el sector eléctrico residencial y ocasionalmente en el comercial e industrial; ello se debe en gran parte a la homogeneidad de los equipos existentes en el primer sector.

Este método proporciona información importante respecto a la forma en que la electricidad es usada actualmente y es especialmente útil para evaluar el impacto de los cambios o mejoras tecnológicas en los equipos que consumen energía eléctrica, permitiendo también analizar los impactos potenciales de los programas de manejo de carga dirigidos a ciertos usos de energía.

Para la aplicación de esta técnica, se deben cumplir las siguientes etapas:

1. Caracterizar los usos y equipamientos por categorías (Especificaciones del Modelo).
2. Desarrollar los procedimientos para la estimación de los datos que sirven de insumos.
3. Realizar una estimación de los datos de entrada.
4. Realizar el procedimiento de la carga.



Por ejemplo en el sector residencial, el procedimiento es conocido como el método de saturación de equipos y para su aplicación es necesario cumplir con los siguientes pasos:

1. Estimar el número de hogares dentro del área servida por la empresa eléctrica.
2. Determinar el nivel de saturación de los equipos en el área de servicio.
3. Estimar la futura penetración de los equipos eléctricos, incluyendo las nuevas ventas, conversiones a nuevos artefactos y retiro de los mismos.
4. Determinar el uso de la energía por artefacto.
5. Estimar el mejoramiento de la eficiencia de los equipos en el futuro.
6. Pronosticar las ventas de energía.
7. Validar la estimación.

Este tipo de metodología involucra la obtención y estimación de una gran cantidad de información previa, cuya calidad impacta directamente en la eficiencia de esta técnica. Así mismo este método no puede dar respuesta directa a los cambios en la Demanda Eléctrica a factores claves como precios e ingresos.

Ante estas debilidades, se han desarrollado modelos híbridos que combinan la estructura de los modelos de uso final con la estimación econométrica.

La aplicación de estos esquemas requiere de un gran esfuerzo en la producción y mantenimiento de toda la información necesaria para garantizar su efectividad. Bajo este enfoque híbrido la expresión para la energía utilizada por un equipo  $i$ , para un consumidor  $c$ , podría visualizarse en la ecuación 2.33:

$$kWh_{ic} = A_{ic} + [E_{i0} + \sum_{j=1}^m E_{ij}] \cdot \quad (EC. 2.33)$$



Donde:

$E_{ic}$  = Energía utilizada por el consumidor  $c$ , durante un periodo de tiempo.

$S_{ic}$  = Saturación para el equipo  $i$ , para el consumidor  $c$  (1 = si lo posee, 0 = no lo posee).

$E_{i0}$  = Energía base por equipo.

$X_{ic}$  = Variables explicativas del uso del equipo evaluado (precios, ingresos, tamaño de la vivienda, entre otras).

$N_i$  = Número total de equipos por categoría.

De manera que el total de energía consumida para todos los equipos  $i$  del consumidor  $c$  viene dada por la ecuación 2.34:

$$kWh_{c,total} = \sum_{i=1}^n E_{ic} \quad (\text{EC. 2.34})$$

#### 2.3.2.4 Modelos de Uso de la Tierra

Es un método que permite el pronóstico espacial de la demanda a través de modelos urbanos complejos, cuyas variables son transformadas posteriormente en variables eléctricas.

Para la aplicación de esta técnica se desarrollan varios submodelos:

- **Submodelo de Demanda**

- Control por clases
- Modelo de polos urbanos
- Modelo de Transporte

- **Submodelo de Oferta**



- Valores de adecuación de la tierra de acuerdo al criterio del experto.
- Combinación de lo anterior con la zonificación existente.
- Valores espaciales obtenidos de factores como proximidad y entorno.

• **Submodelo de Carga**

- Un valor único para cada clase (Índices de demanda)
- Una curva de demanda diaria típica de cada clase.
- Una curva de demanda diaria típica por subclase o grupo de aparatos.

La desventaja fundamental que se tiene con la utilización de este tipo de modelo es la cantidad de información que estos requieren, la cual es sumamente extensa y en algunos casos muy difícil de obtener.

No obstante, es importante destacar que las herramientas desarrolladas dentro de este tipo de modelos son bien específicas y reconocidas en cuanto a las bondades de los resultados que arrojan y son ampliamente utilizadas.

### **2.3.2.5 Modelos de Redes Neuronales Artificiales**

Las Redes Neuronales artificiales (A.N.N) son un conjunto de modelos matemáticos computarizados que han surgido del campo de investigación del cerebro humano, y que simulan las funciones que realiza este, para clasificar patrones, tomar decisiones y hacer inferencia con base en las experiencias pasadas.

Una red neuronal está formada por una gran cantidad de elementos muy sencillos llamados neuronas o nodos, que tiene un alto grado de interconexión. Dichos elementos poseen múltiples entradas y una sola salida.

Desde 1980 han sido propuestos diferentes modelos para las Redes Neuronales, sin embargo la más utilizada entre las aplicaciones prácticas conocidas corresponde al método de “Back Propagation”. Dentro de esta estructura (Ver figura 2.3.2.5.1), una



red puede estar compuesta de varios niveles de nodos, cada nodo recibe información externa o proveniente de otros nodos, la cual transforman por medio de relaciones o pesos obtenidos mediante algoritmos muy específicos, en información de salida o de entrada a otros nodos. Así el comportamiento conjunto de todas las neuronas que conforman una red, permite establecer funciones entre variables de entrada y salida, que una vez definidas y probadas permitirán realizar pronósticos.

Para el caso de variables independientes que influyen sobre la variable en estudio  $Y$ , el modelo A.N.N. puede representarse como se muestra en la ecuación 2.35:

$$Y = f(x_2) \quad (\text{EC. 2.35})$$

Expresión que es equivalente a un Modelo uniecuacional no lineal. Así mismo, para el caso donde las variables de entrada son observaciones pasadas de la misma variable que va a ser pronosticada, el modelo A.N.N. se observa en la ecuación 2.36:

$$Y_{t+1} = f(x_{t,t}) \quad (\text{EC. 2.36})$$

Siendo equivalente a un Modelo Autorregresivo no lineal. Así las Redes Neuronales pueden incorporar fácilmente tanto variables independientes como observaciones pasadas de la variable a pronosticar.

El desarrollo de un modelo A.N.N. comprende los siguientes pasos básicos:

1. Definir que se va a pronosticar.
2. Determinar el conjunto de variables que tienen relación con la variable que va a ser pronosticada (nodos de entrada).



3. Seleccionar el conjunto de datos que serán utilizados en la modelación por cada variable de entrada.
4. Seleccionar la “arquitectura” de la Red Neuronal más conveniente para el caso en estudio. Esta se caracteriza por la definición del número de niveles y el número de neuronas por nivel que se interconectaran.
5. Calibrar (entrenar) y probar la Red. Este paso persigue a través de algoritmos computacionales, determinar los pesos de las distintas relaciones planteadas anteriormente, los cuales serán utilizadas para probar la capacidad de la Red de reproducir el valor de las variables que va a ser pronosticada. Así una A.N.N. puede ser “entrenada” a través de un conjunto de ejemplos hasta que “aprende” a resolver el problema.

Es importante destacar que un factor relevante para la precisión del pronóstico a través de Redes Neuronales es el tamaño de la serie de datos requeridos en el proceso de entrenamiento y prueba de la red, lo cual constituye un aspecto a ser considerado al momento de elegir esta técnica; aunado al hecho de que es relativamente nueva y por lo tanto en fase de experimentación.

Existe diversidad de opiniones en cuanto al desempeño de esta técnica en comparación a otros métodos estadísticos comúnmente usados como Box-Jenkins y regresión lineal, centrándose la discusión en la gran cantidad y complejidad de los factores que implican su desarrollo.

No obstante, en el área de la Demanda Eléctrica, las Redes Neuronales han sido aplicadas con éxito en algunas situaciones a nivel internacional principalmente en el corto plazo, sin embargo en Venezuela hasta ahora, esta técnica no ha producido una aplicación conocida.



### 2.3.3 Métodos Cualitativos

Los métodos cualitativos no siempre proporcionan un procedimiento paso a paso dada las dificultades y la naturaleza subjetiva de las evaluaciones y pronósticos realizados con estas técnicas. Por esto, muchos procedimientos han sido desarrollados para reunir, ponderar y hacer coherente la opinión de los expertos en orden de aprovechar al máximo la información suministrada por ellos, ya que los resultados de las consultas deben ser analizados apropiadamente dado el problema de sesgo o arbitrariedad que pudiera presentarse.

Dentro de los enfoques exploratorios se tienen los pronósticos individuales, los cuales son económicos, flexibles y permiten pronosticar prácticamente cualquier cosa. Sin embargo dependen de la habilidad de una sola persona y están sujetos a todos los problemas de influencia o interdependencia con las acciones de otros que no necesariamente mejoran la calidad de los criterios utilizados.

Caen también dentro de esta categoría de técnicas las practicas comparativas que algunos pronosticadores realizan basándose en sus conocimientos y experiencias, así el comportamiento futuro de una variable, es asociado a la evolución observada de otra variable o de ella misma en otra área o empresa producto de factores o acontecimientos que se suponen comunes a las dos situaciones.

Las investigaciones de Mercados son otro procedimiento para obtener información necesaria para realizar pronósticos en distintas áreas. Los medios básicos utilizados para levantar la información pueden ser el sistema de correos normal o electrónico, el teléfono, las entrevistas personales o una combinación de estos. Estas herramientas se diferencian en el grado de interacción entre los juicios de quienes captan directamente la información y el segmento o conjunto de individuos investigados. Adicionalmente presentan diferencias en cuanto a los costos, la velocidad para obtener la información y el tamaño de la población que será evaluada.



Otro método cuantitativo, comúnmente utilizado, involucra el uso de un panel de expertos. Este, supone que la combinación de los conocimientos de los miembros del panel producirá predicciones, al menos mejores, que las producidas por cada miembro en particular. Las discusiones hechas en grupo pueden estar influenciadas por la jerarquía de los participantes, por la voz dominante o por otra clase de presiones sociales. Por esto surge el método DELPHI que intenta con el anonimato eliminar los efectos de la autoridad y la dominación del grupo, manteniendo los miembros del panel físicamente separados.

El ejercicio de pronóstico con la técnica DELPHI, es uno de los más utilizados dentro de este género. Se lleva a cabo en una serie de vueltas donde cada participante debe responder una serie de preguntas las cuales debe retornar al coordinador del grupo. Los sucesivos cuestionarios son acompañados de información concerniente a la opinión del resto del grupo (Media y Desviación Estándar). Así cada participante puede revisar sus predicciones en función de las respuestas del resto del panel. Es de esperarse que estas tiendan a un consenso que será utilizado para predecir. Algunas variaciones de este método han sido desarrolladas, sin embargo mantienen los aspectos fundamentales anteriormente comentados.

En la dinámica de una empresa, en muchos casos es necesario la armonización de pronósticos a distintos horizontes temporales (corto-mediano o mediano-largo plazo). Existen pocos modelos integrados conocidos, los cuales han sido desarrollados para organizaciones y variables muy particulares.

En el proceso de integración hay un conjunto de factores que no están detallados explícitamente en ninguna técnica por lo que es un ejercicio medianamente subjetivo, que combina aspectos muy específicos de cada situación.

## 2.4 Demanda

La demanda se puede definir como la carga en [kW], [kVA] o Amperios que utilizan en un instante de tiempo determinado (día, mes, año). Se acostumbra a representar la demanda en gráficos tal como se demuestra en la figura 2.7, donde se observa la carga en KW para un período de un año.

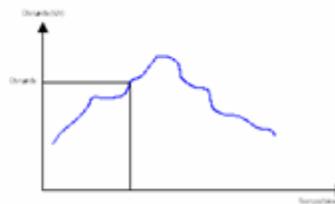


Figura 2.7. Demanda en KW para un Período Determinado.

## 2.5 Demanda Máxima

Es el punto máximo de la potencia registrada en un período determinado, para atender los requisitos del sistema, ya sea en [KW], [kVA] o Amperios. Los períodos pueden ser diarios (demanda máxima diaria), semanales (demanda máxima semanal), mensual (demanda máxima mensual) o anuales (demanda máxima anual). Como se aprecia en la figura 2.8, la demanda máxima para un período determinado.

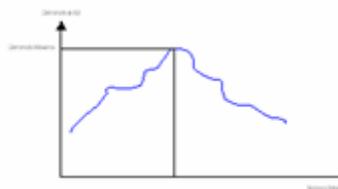


Figura 2.8. Demanda Máxima para un Período Determinado.



## 2.6 Demanda Promedio

Se define como la potencia promedio que se puede medir mediante algún método o dispositivo integrador de energía durante un período de tiempo definido. La misma se puede calcular mediante la ecuación 2.37.

$$D_{prom} = \frac{1}{T} \int_0^T D \times dt \approx \frac{1}{T} \sum_{i=0}^T (D_{MA}) \times \Delta t \quad (\text{EC. 2.37})$$

Donde:

T: Período total de medición (kVA)

$\Delta t$ : Tiempo transcurrido entre mediciones  $\Delta t \approx 15$  min.

D: Demanda (kVA)

DMAX: Demanda Máxima (kVA)

DProm: Demanda Promedio (kVA)

En la figura 2.9 se muestra la demanda promedio de un circuito para un período determinado.

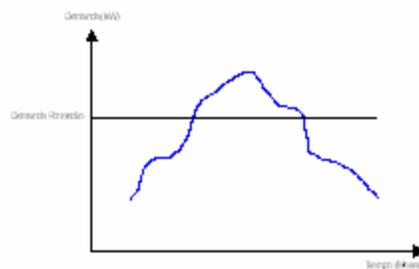


Figura 2.9. Demanda Promedio para un Período Determinado.



## 2.7 Factor de Demanda

Es la relación que existe entre la demanda máxima y la carga conectada de un sistema. Donde la carga conectada representa la capacidad de régimen en placa de los aparatos receptores de corriente. El factor de demanda debe ser menor a la unidad ( $F. dem \leq 1$ ), y se define mediante la ecuación 2.38.

$$F. dem. = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Carga Conectada}} \quad (\text{EC. 2.38})$$

Donde:

F.dem: Factor de demanda

Demanda Máxima: Demanda máxima en un período determinado

Carga Conectada: Capacidad de placa de los aparatos receptores

## 2.8 Factor de Utilización

El factor de utilización es la relación entre la demanda máxima y la capacidad nominal del equipo individual o del sistema (capacidad nominal de los transformadores de las subestaciones, capacidad de los conductores). Como se observa en la ecuación 2.39.

$$F.U. = \frac{D_{M\acute{a}x}}{Cap.Nom} \quad (\text{EC. 2.39})$$

## 2.9 Factor de Carga

Se define como la relación entre la demanda media y la demanda máxima durante un período de tiempo determinado (día, mes, año) dando origen a un factor de carga que debe ser menor a la unidad ( $F.C. \leq 1$ ), y se obtiene mediante la ecuación 2.40.



$$F.C = \frac{D_{prom}}{D_{M\acute{a}x}} \quad (EC.2.41)$$

Donde:

F.C: Factor de Carga

$D_{prom}$  : Demanda Media

$D_{M\acute{a}x}$  : Demanda Máxima

### 2.10 Factor de Diversidad

Se define como la relación entre la suma de las demandas máximas individuales y la demanda máxima total del sistema considerado. Este factor de diversidad siempre será igual o mayor que la unidad, y se puede calcular a través de la ecuación 2.42.

$$F.Div. = \frac{(D1 + D2 + D3 + \dots + Dn)}{D_{M\acute{a}x}} \quad (EC.2.42)$$

Donde:

F. Div.: Factor de Diversidad

D1, D2, D3: Demandas Máximas Individuales en el Período

DMx: Demanda Máxima del Conjunto

### 2.11 Factor de Coincidencia o Simultaneidad

Es la relación que existe entre la demanda máxima de todo el conjunto y la suma de las demandas máximas individuales, por lo tanto es la relación inversa del factor de diversidad, como se puede ver en la ecuación 2.43.

$$F.Sim. = \frac{1}{F.Div.} \quad (EC.2.43)$$



### 2.12 Factor de Pérdidas

El factor de pérdidas es la relación que existe entre el valor medio y el valor máximo de las pérdidas en un sistema o en una parte de él durante un período determinado, y se puede calcular mediante la ecuación 2.44.

$$F. Per. = \frac{\text{Pérdidas Promedio}}{\text{Pérdidas Máximas}} \quad (EC.2.44)$$



## CAPÍTULO 3: DESARROLLO

### 3.1 Descripción del Área en Estudio

La Isla de Margarita emerge en las cálidas aguas del Mar Caribe al norte de Venezuela, con una superficie de 1.071 km<sup>2</sup> y 315 km de costas, latitud norte 10° 51' 50" a 10° 11' 06", longitud norte 63° 46' 40" a 64° 24' 32". Cuenta con 10 Municipios, Antolín del Campo, Arismendi, Díaz, García, Gómez, Maneiro, Marcano, Mariño, Península de Macanao y Tubores. Se factura una energía al año aproximadamente de 1800000 MWH.

El Sistema Eléctrico de la Isla de Margarita está formado principalmente por una Planta de Generación llamada Luisa Cáceres de Arismendi que posee 9 generadores de 13.8 kV para un total de 230.162 MW, luego por medio de transformadores elevadores, dicha potencia se aporta a una barra de 115 kV ubicada en la Planta. A esta barra se conecta un cable submarino proveniente de tierra firme de 100 MW nominalmente, pero debido a su tiempo de conexión, década de los 70, actualmente tiene un régimen de trabajo alrededor de 66 MW. Al igual que el cable, también se conectan seis (6) Grupos de Electrógénos de 10 MW nominales cada uno, dicha potencia se inyecta directamente a las barras de 13.8 kV para alimentar la carga, es decir ayudar a soportar el pico de demanda de la curva del ciclo diario. A nivel de transmisión existen en la Isla dos (2) anillos en 115 kV, el primero, formado por la Planta Luisa Cáceres y las subestaciones Los Millanes, La Asunción, Pampatar, Los Robles, Porlamar y regresa de nuevo a la Planta, teniendo 62.64 Km y un segundo anillo que va desde Luisa Cáceres, Los Millanes, La Asunción, Pampatar, Los Robles hasta llegar a la Planta para un total de 57.68 km. La subtransmisión es en 34.5 kV por medio de las subestaciones Aeropuerto, Las Hernández, Boca de Río, Conejeros, Aricagua y Morropo con un recorrido de 148.3 km. El Sistema de Distribución es en 13.8 kV conformado por 89 alimentadores que



suplen a los distintos Municipios de la Isla para un total de 1314.25 km. (Ver anexo A).

### **3.2 Características Geográficas y Socioeconómicas de Cada uno de los Municipios.**

#### **3.2.1 Municipio Antolín del Campo**

Municipio autónomo creado por Ley de División Político-Territorial de fecha 30 de Diciembre de 1.987. De gran importancia en la economía del Estado. Hoy tiene gran futuro turístico por su balneario natural Playa el Agua, demás playas comarcanas y sus sitios históricos y bellezas naturales.

**Capital:** Paraguachí

**Superficie:** 71,7

**Temperatura:** 27 °C

**Precipitación:** 547 mm

**Relieve:** Medios colinosos, paisaje costero, montañas y valles.

**Vegetación:** Área parcialmente sustituida por urbanismo y cultivos, matorral, bosque ralo y bosque denso.

**Actividad Económica Predominante:** Turismo, pesca y agricultura.

**A Nivel Eléctrico:** En la mayor parte del municipio la energía eléctrica es suministrada por la subestación Aricagua y parte de tres (3) alimentadores de la subestación La Asunción.

#### **3.2.2 Municipio Arismendi**

Este es hoy uno de los Municipios más deprimidos económicamente. La generación de ingresos es reducida, aún cuando es en la capital donde se distribuye el millonario presupuesto que anualmente programa el Ejecutivo Regional.



No puede hablarse de financiamiento en el orden municipal. El municipio cumple sus obligaciones a expensas de la distribución del coordinador. Esta situación obliga a sus autoridades a estudiar la forma para generar ingresos.

**Capital:** La Asunción

**Superficie:** 52

**Temperatura:** 27 °C

**Precipitación:** 438 mm

**Relieve:** Montañas, valles y medios colinosos

**Vegetación:** Bosque denso, bosque ralo, matorral y área parcialmente sustituida por cultivos y urbanismo

**Actividad Económica Predominante:** Turismo y agricultura.

**A Nivel Eléctrico:** La energía eléctrica es suministrada por parte de siete (7) alimentadores de la subestación La Asunción, parte de dos (2) de Conejeros y parte de dos (2) de Pampatar.

### 3.2.3 Municipio Díaz

Ha sido tradicionalmente un pueblo de artesanos que se mezcló con una actividad agrícola de subsistencia, y que hoy se ha visto reforzada con una actividad comercial, pero no tipo “puerto libre”, sino ese comercio representado por venta de víveres, frutas y dulces. Su artesanía ha sido la confección de sombreros de palma datilera, alpargatas de suela de caucho, la orfebrería, la dulcería especialmente el piñonate.

**Capital:** San Juan Bautista

**Superficie:** 165,9

**Temperatura:** 27 °C

**Precipitación:** 438 mm



**Relieve:** Montañas, valles, paisaje costero y medios colinosos

**Vegetación:** Espinar, matorral, bosque denso, bosque ralo y área parcialmente sustituida por cultivos y urbanismo.

**Actividad Económica Predominante:** Agricultura, pesca, turismo, y artesanía.

**A Nivel Eléctrico:** La energía eléctrica es suministrada en su mayor parte la subestación Aeropuerto, y parte de alimentadores de las subestaciones; La Asunción (1 alimentador), Las Hernández (1 alimentador), Luisa Cáceres (3 alimentadores) y Los Millanes (2 alimentadores).

### 3.2.4 Municipio García

En 1.916 se le dio el nombre de Municipio García que lleva hasta la fecha. Sus actividades económicas son el comercio en primer lugar, en menor escala la pesca, agricultura y la explotación de canteras y alfarería.

**Capital:** El Valle del Espíritu Santo

**Superficie:** 85,1

**Temperatura:** 27 °C

**Precipitación:** 595 mm

**Relieve:** Valles, montañas y paisaje costero

**Vegetación:** Parcialmente sustituida por urbanismo y cultivos, espinar, matorral, manglar, bosque denso y bosque ralo.

**A Nivel Eléctrico:** La energía eléctrica es suministrada en su mayor parte por alimentadores de las siguientes subestaciones; cinco (5) de Conejeros, seis (6) de Luisa Cáceres y uno (1) de Los Robles.

### 3.2.5 Municipio Gómez

Ha sufrido muchos cambios y organización. Fue Cantón, Distrito y ahora Municipio. Su población vive de oficios diversos: artesanías y comercio en general.



**Capital:** Santa Ana

**Superficie:** 95,7

**Temperatura:** 27 °C

**Precipitación:** 896 mm

**Relieve:** Valles, montañas, paisaje costero y medios colinosos.

**Vegetación:** Área sustituida por cultivos y urbanismo, bosque ralo y bosque denso.

**Actividad Económica Predominante:** Agricultura, artesanía, turismo y comercio.

**A Nivel Eléctrico:** La energía eléctrica es suministrada en su mayor parte la subestación Los Millanes, y parte de un (1) alimentador de la subestación La Asunción.

### 3.2.6 Municipio Maneiro

La fuente principal de la economía del Municipio, la representa la pesca y el turismo, en segundo lugar; la explotación de las salinas y las actividades portuarias.

**Capital:** Pampatar

**Superficie:** 34,9

**Temperatura:** 27 °C

**Precipitación:** 438 mm

**Relieve:** Paisaje costero y medios colinosos.

**Vegetación:** Parcialmente sustituida por urbanismos, matorral y espinar

**Actividad Económica Predominante:** Pesca, turismo y cabotaje

**A Nivel Eléctrico:** La energía eléctrica es suministrada en la mayor parte por la subestación Pampatar, y parte de alimentadores de las subestaciones; Los Robles (7 alimentadores), 1 de Conejeros y 1 de La Asunción.



### 3.2.7 Municipio Marcano

Juan griego es el puerto de la segunda flota de pesca de altura de la Isla de Margarita. Se confeccionan adornos con conchas y moluscos.

**Capital:** Juan griego

**Superficie:** 40,1

**Temperatura:** 29 °C

**Precipitación:** 581 mm

**Relieve:** Paisaje costero y medios colinosos.

**Vegetación:** Parcial o totalmente sustituidas por cultivos y urbanismo, matorral y espinar.

**A Nivel Eléctrico:** La electricidad es suministrada por parte de la subestación Los Millanes.

### 3.2.8 Municipio Mariño

El 10 de Diciembre de 1.987 desapareció el Distrito Mariño y surgió el Municipio Autónomo Mariño. Está representado por el comercio de puerto libre.

**Capital:** Porlamar

**Superficie:** 39

**Temperatura:** 27 °C

**Precipitación:** 450 mm

**Relieve:** Paisaje costero, valle y medios colinosos

**Vegetación:** Totalmente sustituida por urbanismo, matorral y espinar.

**Actividad Económica Predominante:** Comercio, turismo y pesca

**A Nivel Eléctrico:** La electricidad es proporcionada por las subestaciones Porlamar y Morropo por completo y parte de los alimentadores de: Luisa



Cáceres (7 alimentadores), Conejeros (3 alimentadores), Los Robles (6 alimentadores) y 6 de Pampatar.

### 3.2.9 Municipio Península de Macanao

El 10 de Diciembre de 1.987 se decreta una nueva Ley de División Político-Territorial, la cual es sancionada el 11 del mismo mes y año, y publicada en Gaceta Oficial del 29 de Enero de 1.988, en ella se crea el Municipio Península de Macanao, capital Boca de Río, y se crea la Parroquia San Francisco de Macanao, capital Boca de Pozo.

**Capital:** Boca de Río

**Superficie:** 330,7

**Temperatura:** 28 °C

**Precipitación:** 552 mm

**Relieve:** Montañas, valles, paisaje costero, y medios colinosos

**Vegetación:** Espinar, matorral, bosque ralo y bosque denso.

**Actividad Económica Predominante:** Pesca

**A Nivel Eléctrico:** La energía eléctrica es suministrada por la subestación Boca de Río.

### 3.2.10 Municipio Tubores

En la Ley Político-Territorial del Estado Nueva Esparta, puesta en vigencia el 30 de Diciembre de 1.987, el distrito Tubores pasa a ser Municipio Autónomo Tubores y en Ley de 1.990 Municipio.

**Capital:** Punta de Piedras

**Superficie:** 179,9

**Temperatura:** 28 °C



**Relieve:** Paisaje costero, valles y medios colinosos

**Vegetación:** Manglar y espinar

**Actividad Económica Predominante:** Puerto marítimo, cabotaje, pesca y turismo.

**A Nivel Eléctrico:** La energía eléctrica es suministrada por parte de las subestaciones; Las Hernández, Boca de Río y Aeropuerto.

### 3.3 Metodología Aplicada al Estudio

A través de revisiones bibliográficas y exposiciones realizadas por el autor del tema en estudio ante el Comité de Planificación de la Red, conformado por Ingenieros de la Electricidad de Caracas (EDC), CADAFE (Zona Central) y de la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC), se decide trabajar con el método de uso de la tierra, el cual consta según Ángulo A., entre otros, de un modelo urbano que combina la demanda de la variable urbana con la oferta, de acuerdo a la preferencia de los suscriptores, es decir, la cantidad total de espacio requerido por cada clase de suscriptor, con la disponibilidad de tierra apta para cada clase según la reglamentación urbana existente, y un modelo de carga representado por índices de demanda en kVA/HA para cada clase. Estos métodos se encuentran dentro de los modelos causales, los cuales involucran una variable urbana (área, suscriptores, uso final de equipos, entre otros) y un índice (kW/HA, kW/SUSCRIPTOR, kW/USO FINAL DE EQUIPOS, entre otros). Para este estudio se trabaja como variable urbana; hectáreas y como índices; kVA/HA.

#### 3.3.1 Premisas

- Se calcula la demanda de saturación por municipio, y la demanda de la Isla es la sumatoria de las demandas de todos los municipios que la conforman.
- Se generan cuatro (4) escenarios para compensar la incertidumbre, la cual es un factor de peso en los estudios de saturación.



- En cada municipio por cada zonificación se estudia más de una (1) subcuadrícula patrón.
- Para las subcuadrículas patrones se calculan índices del uso e índices del alumbrado público, tomando como índices para el tipo de zonificación, aquellos que resulten mayores.
- Se obtienen factores de carga y de potencia por zonificación, consultando en el SGD las unidades de transformación existentes en cada una de las subcuadrículas patrones. Luego se verifica si en algunas de esas unidades de transformación se realizaron en años anteriores mediciones por parte del área de Calidad de Producto y Servicio Técnico, (Se utiliza la data de los años 2.007 – 2.008, debido que si se va más al pasado, el comportamiento de la carga es muy distinto a lo que ocurre en la actualidad). Si no se ha medido con anterioridad, se instalan equipos analizadores de red, cuidando que cuando la zonificación sea puramente residencial, la medición se toma en un día y cuando es residencial – comercial se mide por un fin de semana, es decir (Viernes, Sábado y Domingo).
- Para el índice del alumbrado público, factor de carga es 1 y factor de potencia 0.9, esto porque si estamos en saturación, se supone que todas las luminarias se encuentran encendidas. Se utilizan los factores de carga y de potencia del alumbrado público para todas las zonificaciones iguales, ya que la mayoría de las luminarias instaladas en toda la Isla son de igual potencia y tipo.
- Las cargas puntuales se toman a partir de 2 MVA.
- En las ordenanzas de los municipios Maneiro y García se establece que existirá el uso Residencial Comercial 3 (R3C), pero en la actualidad éste no se ha desarrollado, por lo tanto al momento de estudiar estos municipios se toma como índice, el correspondiente al del municipio Mariño, ya que en el municipio sí esta desarrollado este tipo de zonificación.
- En el municipio García existe el uso industrial (Representado más que todo por almacenes, depósitos y por pocas canteras), sin embargo, no se pudo



- calcular un índice para éste y se basó en lo que se instala en estas industrias, por lo tanto el índice del uso industrial es 300 kVA/HA.
- La mayoría de las ordenanzas de cada municipio establecen la existencia del uso oficial (UO), representado por centros educativos, religiosos, deportivos, y oficinas de carácter público, pero es difícil obtener un índice, debido que en una subcuadrícula no se encuentra solamente este uso, por lo tanto se decide que el índice para él sea de 45 kVA/HA, lo cual es aproximadamente lo que se instala en este tipo de uso.
  - En los municipios Gómez, Díaz, Tubores y Península de Macanao se trabaja con el Plan de Ordenamiento Territorial del Estado Nueva Esparta, debido que no poseen POUL.

### 3.3.2 Obtención de Índices (kVA/HA) y Área (HA)

✓ Se estudia el POUL de cada municipio y se reduce el número de zonificaciones, agrupando por tipo de uso y por densidad poblacional, debido que muchas zonificaciones son parecidas en cuanto a usos y densidad poblacional, por ejemplo en el municipio Mariño se encuentran las zonificaciones: ZV, P, ZV, ZIPE, ZVA, las cuales se agruparon en la zonificación zona sin carga (ZSC), ya que las zonas involucradas en esta no poseen cargas significativas. La ordenanza de zonificación contempla 26 zonificaciones y a través del análisis de estas se logra reducirlas a 9. Esto se puede apreciar en las tablas 3.1 y 3.2, donde se muestran las zonificaciones que posee el POUL del Municipio Mariño (Tabla 3.1) y las zonificaciones utilizadas para el estudio (Tabla 3.2). En el Anexo B se muestra el POUL del Municipio Mariño.



Tabla 3.1. Zonificaciones del POUL del Municipio Mariño

ZONA	USO
R-1	Vivienda Unifamiliar, Bifamiliar y Conjunto de Viviendas.
R-2, R-3	Vivienda Unifamiliar, Bifamiliar, Multifamiliar y Conjunto de Viviendas.
R-4,R-5, R-6	Vivienda Multifamiliar.
RCU	Reglamentación del Casco Urbano, Vivienda Multifamiliar con Comercio Local en Planta Baja.
CPL	Comercio de Puerto Libre.
CLE	Comercio de Localización Especial.
PI	Pequeñas Industrias, Almacenes y Depósitos.
I	Industrial.
ADR	Asistencial, Docente, Deportivo, Recreacional y Religioso.
SP	Servicio Público.
P	Parques, Plazas, Playas y Áreas de Carácter Público.
ZV	Zona Verde.
ZP	Zona de Protección
ZIPE	Zona de Interés Paisajístico y Ecológico.
RE	Reglamentación Especial, Desarrollos Especiales.
ZVA	Zona de Valor Ambiental.
ZAC	Zona de Arquitectura Controlada.
RE-U	Reglamentación Especial de Urbanizaciones.
ND-1	Nuevos Desarrollos con Densidad Baja de 125 hab./ha.
ND-2	Nuevos Desarrollos con Densidad Media de 250 hab./ha.
ND-3	Nuevos Desarrollos con Densidad Alta de 400 hab./ha.
RU	Reserva Urbana, Áreas en Estudio.

Tabla 3.2. Zonificaciones Utilizadas para el Estudio en el Municipio Mariño

ZONA	USO
Residencia 1 (R1)	Viviendas Unifamiliares, Bifamiliares y Conjunto de Viviendas hasta 220 hab/ha.
Residencial 2 (R2)	Viviendas Unifamiliares, Bifamiliares y Conjunto de Viviendas hasta 250 hab/ha.
Residencial Multifamiliar 2 (R2M)	Viviendas Multifamiliares hasta 250 hab/ha.



ZONA	USO
Residencial 3 (R3)	Viviendas Unifamiliares, Bifamiliares, Conjunto de Viviendas y Multifamiliares hasta 400 hab/ha.
Residencial Comercial 1 (R1C)	Viviendas Unifamiliares, Bifamiliares y Conjunto de Viviendas y Usos Comerciales hasta 220 hab/ha.
Residencial Comercial 2 (R2C)	Viviendas Unifamiliares, Bifamiliares y Conjunto de Viviendas y Usos Comerciales hasta 250 hab/ha.
Residencial Comercial 3 (R3C)	Viviendas Unifamiliares, Bifamiliares, Conjunto de Viviendas y Multifamiliares y Usos Comerciales hasta 400 hab/ha.
Uso Oficial (UO)	Áreas de Carácter Público, (Oficinas Públicas, Centros Educativos, Religiosos y Deportivos).
Zona Sin Carga (ZSC)	Parques, Plazas, Playas, Cementerios, Reservas Forestales - Animales, Debido a que no poseen Cargas Significativas.

✓ Del plano 1:5000 donde se insertan las distintas poligonales con cada uso de los municipios, se escogen subcuadrículas patrones (Este plano cuenta con 68 cuadrículas de 5000x5000 , cada una compuesta por 100 subcuadrículas de 500X500 , identificadas por letras y números) para las diferentes zonificaciones existentes en los POUL de cada municipio, esto se realiza basados en la experiencia y conocimiento del área en estudio. Por ejemplo en Mariño, se encuentran 9 tipos de zonificaciones, pero la zona sin carga no se toma en cuenta debido que posee carga insignificante, por lo tanto se seleccionan más de 8 subcuadrículas patrones a estudiar (Esto para cumplir con una de las premisas), sin embargo, existirán casos donde no sea posible estudiar más de una subcuadrícula por zonificación, debido que habrá zonificaciones que sólo se encuentren en una sola subcuadrícula. En la figura 3.1 se puede observar el plano del Municipio Mariño con las fotos georeferenciadas de las subcuadrículas patrones escogidas de acuerdo a las distintas zonificaciones presentes en este.

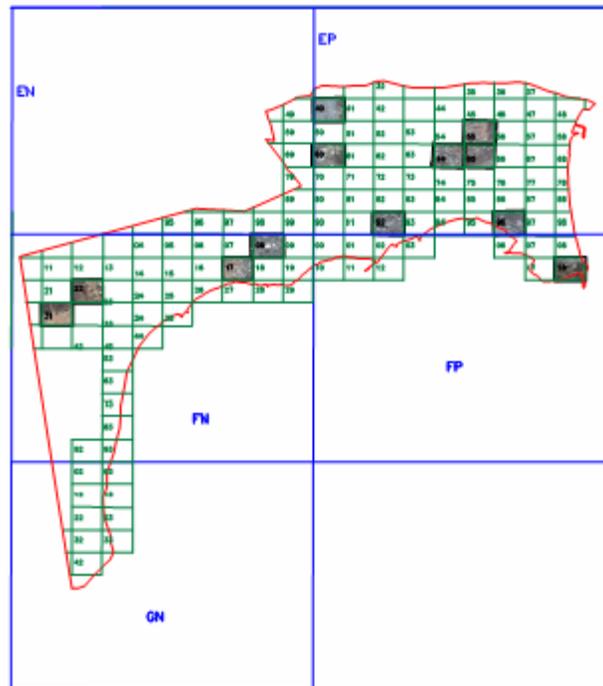


Figura 3.1. Subcuadrículas Patrones del Municipio Mariño.

✓ Se comprueba que la subcuadrícula patrón corresponde al uso que se le asigna, mediante la ecuación 3.1.

$$\frac{HAB}{HA} = \left( \frac{Usuarios \times Media Habitacional}{Área Total Construida en la Subc.P.} \right) \quad (EC. 3.1)$$

Donde:

Usuarios = Cantidad de usuarios en la subcuadrícula patrón. Se obtiene a través de una consulta al SGD.

Área Total Construida en la Subcuadrícula Patrón = Se realiza la medición del área total construida en la subcuadrícula, es necesario utilizar fotos tomadas en Google Earth de las subcuadrículas para llevarlas a Autocad y medir allí.

Media Habitacional = 5,5 HAB/HA, este dato es proporcionado por el INE.



El procedimiento del cálculo se explica con la subcuadrícula patrón EP92 de uso R3C ubicada en Mariño.

Sus Datos son:

Usuarios = 1304

Área Total Construida = 25 HA

Sustituyendo en la ecuación 3.1, se obtiene:

$$\frac{HAB}{HA} = \left( \frac{1304 \times 5,5}{25} \right) = 28$$

La subcuadrícula EP 92 sí corresponde al uso R3C, porque la densidad poblacional que posee en la actualidad está dentro de los que establece la ordenanza para este tipo de zonificación (400 HAB/HA). En este caso el área total construida de la subcuadrícula es la misma que el área total de una subcuadrícula, debido que la zona escogida aquí (Calle Igualdad, Centro de Porlamar) está totalmente construida, esto se puede apreciar en la figura 3.2.



Figura 3.2. Subcuadrícula Patrón EP92 Tipo R3C

✓ Para cada subcuadrícula patrón se calculan índices: uno para el uso y otro para el alumbrado público. El índice del uso se obtiene a través de la ecuación 3.2

$$Índice_{uso} = \left[ \left( \frac{CE_i}{A_i \times FPG_i \times FFP_i \times 8760} \right) \times 1 \right] \quad (EC. 3.2)$$

Donde:

$i$  = Indica cada una de las zonificaciones definidas. Para el caso de Mariño,  $i = 1 = R1$ ,  $i = 2 = R2$ ,  $i = 3 = R2M$ ,  $i = 4 = R3$ ,  $i = 5 = R1C$ ,  $i = 6 = R2C$ ,  $i = 7 = R3C$ ,  $i = 8 = UO$ ,  $i = 9 = ZSC$ .

= Consumo anual de energía de los usuarios existentes en la zonificación  $i$  (MWH).

= Área ocupada por las construcciones existentes en la zonificación  $i$  (HA).



= Factor de carga de la zonificación i.

= Factor de potencia de la zonificación i.

8760 = Son las horas que tiene un año (365 días)

1000 = Para llevar de MVA/HA a kVA/HA

El índice para la subcuadrícula EP92 se obtiene de la siguiente manera:

- Se Utiliza la data anual (año 2.007) de la energía consumida por los usuarios en esa subcuadrícula patrón, es decir el  $CE_{R3C} = 16569,83$  .

- Las subcuadrículas patrones se deben georeferenciar en Google Earth para medir las parcelas de las construcciones existentes en cada una de ellas y obtener un promedio de estas, es decir se mide una muestra de 15 construcciones existentes en la subcuadrícula patrón referida a cada uso de los diferentes municipios y se obtiene un promedio del área que ocuparán las construcciones en cada subcuadrícula patrón con ese uso, entonces

$$A_{R3C} = 20,8$$

- Los factores de carga y de potencia para la subcuadrícula patrón del uso R3C, se obtienen consultando las unidades de transformación asociadas a ella y buscando mediciones realizadas en esas unidades de transformación, si existen mediciones, estas se depuran, debido que puede existir información errónea producto de alguna falla del instrumento al momento de la medición, de lo contrario se instalan equipos en alguna de sus unidades de transformación. Una de las mediciones analizadas fue la correspondiente al uso R3C, en la cual se puede apreciar el comportamiento de la carga combinada residencial – comercial durante un fin de semana, destacando viernes y sábado la comercial, entre las horas 9 am y 12 pm y luego de 2 pm a 7 pm que es el horario en el cual están abiertos la mayor parte de los comercios existentes allí y el domingo destaca la residencial, sin embargo, se



observa una pequeña alza debido que algunos locales permanecen con el aire acondicionado encendido. Esto se observa en la figura 3.3.



Figura 3.3. Gráfica de las Potencias Promedio y Total de la Subcuadrícula EP92 – uso R3C

Los factores de carga y de potencia para el municipio Mariño se pueden apreciar en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Factores de Carga y de Potencia del Municipio Mariño

USO	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE CARGA
R1	0,90	0,74
R2	0,97	0,73
R2M	0,92	0,64
R3	0,91	0,72
R1C	0,85	0,77
R2C	0,98	0,74
R3C	0,98	0,37

Sustituyendo los valores correspondientes al uso R3C en la ecuación 3.2, se obtiene:



$$\text{Índice}_{R3C} = \left( \frac{16569,83}{20,88 \times 0,37 \times 0,98 \times 8760} \times 1000 \right) = 249,8$$

El índice del alumbrado público se obtiene a través de la ecuación 3.3.

$$\text{Índice}_{AP} = \left[ \left( \frac{CL_i}{A_i \times FC_i \times FPI \times \dots} \right) \right] \quad (\text{Ec.3.3})$$

Donde:

= Capacidad de las luminarias instaladas en la zonificación i. (W)

= Área ocupada por la vialidad existente en la zonificación i. (HA)

= Factor de carga del alumbrado público de la zonificación i.

= Factor de potencia del alumbrado público de la zonificación i.

Para el uso R3C de Mariño, se tiene:

= 23260 W, se obtiene de consultas realizadas al SGD.

= 4,34 HA, se obtiene de la foto de la subcuadrícula tomada en Google

Earth y trasladada a Autocad.

Se sustituyen los valores en la ecuación 3.3.

$$\text{Índice}_{AP} = \left[ \left( \frac{23260}{4,34 \times 1 \times 0,9 \times 1000} \right) \right] = 5,95 \frac{KVA}{HA}$$

✓ Se obtienen las cargas puntuales para cada uno de los municipios, las existentes y las futuras, estas deben ser escogidas de acuerdo a las premisas. Las correspondientes al municipio Mariño se pueden apreciar en la tabla 3.4.



Tabla 3.4. Cargas Puntuales del Municipio Mariño

MUNICIPIO	CMT	MVA	S/E	CIRCUITO
MARIÑO	H. HILTON S Y C	3,52	PAMPATAR	5
	H. MARINA BAY	2,25	PAMPATAR	10
	H.ESPARTA SUITES	4,2525	PAMPATAR	10
	H. HILTON	4,5	PAMPATAR	13
	JUMBO	7,25	MORROPO	1
	H.INTERNAT. RESORT	2,499	MORROPO	3
	H. CONCORDE	5,152	MORROPO	7
	H. BELLA VISTA	3,75	PORLAMAR	3
	H.COROCORO RESORT	2,997	PORLAMAR	6
	HOSPITAL	3,95	PORLAMAR	10
	CIUDAD TRAKI	2	CONEJEROS	2
	SIGO	5,497	CONEJEROS	2
	H. PORLAMAR SUITES	2,00	MORROPO	1
	H. LA PERLA	2	PORLAMAR	6
	ESTACIÓN DE BOMBEO LA AUYAMA	2	LOS ROBLES	6

✓ La variable urbana se consigue midiendo el área ocupada por las poligonales dadas por cada uno de los POUL de cada municipio, esto se realiza en Autocad y se obtiene el área en pero se lleva a HA.

✓ Los escenarios generados consisten; el primero en mantener la variable urbana al 100% de su desarrollo utilizando los índices promedios en poligonales con usos combinados e índices máximos en poligonales con usos únicos, el segundo en utilizar los índices máximos en poligonales con usos combinados y únicos con la variable urbana al 100%, el tercero con índices promedios en poligonales con usos combinados e índices máximos en poligonales con usos únicos con variable urbana al 80% y por último el cuarto con índices máximos en poligonales con usos combinados y únicos con variable urbana al 60%, de esta manera se obtiene un rango hasta dónde puede llegar la demanda de saturación. Cuando se refiere a poligonales con usos combinados, son aquellas áreas que permiten el desarrollo de más de un uso, estas son establecidas por cada POUL de cada municipio. Entonces, para obtener los índices de uso para estas poligonales, se toman los índices de cada uso involucrado en la poligonal con usos combinados y se halla el máximo o el promedio según sea el



caso. No todos los POUL de los municipios poseen esta característica, sólo lo tienen los municipios Mariño, Maneiro, García y Arismendi. En aquellos municipios que no contengan poligonales con usos combinados se generan los cuatro escenarios, pero el valor de saturación del escenario 1 y 2 será el mismo. En las tablas 3.5 y 3.6 se puede apreciar los índices promedios en poligonales con usos combinados y máximos en poligonales con usos combinados respectivamente para el Municipio Mariño.

Tabla 3.5. Índices Promedios en Poligonales con Usos Combinados del Municipio Mariño

POLIGONAL	ÍNDICE USO (kVA/HA)	ÍNDICE A.P. (kVA/HA)	% VIALI/ÁREA CONST.
R1	80,38	5,78	8,91
R2	94,98	3,01	12,57
R2M	98,75	4,85	7,56
R3	120,46	6,67	6,66
R1C	138,55	5,72	25,85
R2C	58,73	4,94	17,07
R3C	249,83	5,95	17,36
UO	45	6	5
R1C - R2C	98,64	5,33	21,46
R2C - R3C	154,28	5,44	17,22
R1C - R3C	194,19	5,84	21,61

Tabla 3.6. Índices Máximos en Poligonales con Usos Combinados del Municipio Mariño

POLIGONAL	ÍNDICE USO (kVA/HA)	ÍNDICE A.P. (kVA/HA)	% VIALI/ÁREA CONST.
R1	80,38	5,78	8,91
R2	94,98	3,01	12,57
R2M	98,75	4,85	7,56
R3	120,46	6,67	6,66
R1C	138,55	5,72	25,85
R2C	58,73	4,94	17,07
R3C	249,83	5,95	17,36
UO	45	6	5
R1C - R2C	138,55	5,72	25,85
R2C - R3C	249,83	5,95	17,36
R1C - R3C	249,83	5,95	17,36



✓ Una vez que se obtienen los índices tanto para el uso como para el alumbrado público y la variable urbana de las distintas zonificaciones existentes en el municipio se procede a calcular la demanda de saturación por municipio, utilizando los índices y la variable urbana según sea el escenario, mediante la ecuación 3.4.

$$DS_K = \left[ \left( \frac{\sum_{i=1}^N (I_{uso} \times A_{uso}) + \sum_{i=1}^N (I_{A.P} \times A_{A.P})}{1000} \right) + \right] \quad (\text{Ec.3.4})$$

Donde:

Indica cada una de las áreas definidas, es decir K = 1 = Municipio Mariño, K = 2 = Municipio Maneiro, K = 3 = Municipio García, K = 4 = Municipio Arismendi, K = 5 = Municipio Antolín del Campo, K = 6 = Municipio Marcano, K = 7 = Municipio Díaz, K = 8 = Municipio Gómez, K = 9 = Municipio Tubores, K = 10 = Municipio Península de Macanao.

**I** Demanda de Saturación estimada para el área “K” (MVA).

$\sum_{i=1}^N (I_{uso} \times A_u)$  Sumatoria de la multiplicación entre el Índice del Uso y el Área del Uso desde la zonificación  $i = 1 \dots i = N$ . (kVA/HA).

$\sum_{i=1}^N (I_{A.P} \times A_f)$  Sumatoria de la multiplicación entre el Índice del Alumbrado Público y el Área del Alumbrado Público desde la zonificación  $i = 1 \dots i = N$ . (kVA/HA).

**10** Para llevar de kVA a MVA.

**1** Cargas Puntuales en la Microárea K. (MVA).



En el caso del municipio Mariño su demanda de saturación por zonificación se puede apreciar en las tablas 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10 según el escenario generado.

Tabla 3.7. Demanda de Saturación en el Escenario 1 para cada una de las Zonificaciones Existentes en el Municipio Mariño

<b>POLIGONAL</b>	<b>DEMANDA DE SATURACIÓN (MVA)</b>
R1	11,89
R1C	35,03
R2M	2,43
R2C	57,84
R3	2,57
R3C	112,97
UO	5,40
R1C - R2C	1,16
R2 - R2C	7,04
R2 - R1C	155,72
<b>TOTAL</b>	<b>392,05</b>
<b>DS ( MVA/ )</b>	<b>10,05</b>
<b>DS( MVA/HA)</b>	<b>0,12</b>
<b>(kVA/ )</b>	<b>10052,58</b>
<b>(kVA/HA)</b>	<b>122,59</b>

Tabla 3.8. Demanda de Saturación en el Escenario 2 para cada una de las Zonificaciones Existentes en el Municipio Mariño

<b>POLIGONAL</b>	<b>DEMANDA DE SATURACIÓN (MVA)</b>
R1	11,89
R1C	35,03
R2M	2,43
R2C	57,84
R3	2,57
R3C	112,97
UO	5,40
R1C - R2C	1,54
R2 - R2C	11,35
R2 - R1C	209,80
<b>TOTAL</b>	<b>450,83</b>
<b>DS( MVA/ )</b>	<b>11,56</b>
<b>DS (MVA/HA)</b>	<b>0,14</b>



POLIGONAL	DEMANDA DE SATURACIÓN (MVA)
(kVA/ )	11559,73
(kVA/HA)	140,97

Tabla 3.9. Demanda de Saturación en el Escenario 3 para cada una de las Zonificaciones Existentes en el Municipio Mariño

POLIGONAL	DEMANDA DE SATURACIÓN (MVA)
R1	9,51
R1C	28,42
R2M	1,93
R2C	51,53
R3	2,05
R3C	94,26
UO	4,64
R1C - R2C	0,94
R2 - R2C	4,76
R2 -R1C	124,39
TOTAL	322,42
DS (MVA/ )	8,27
DS (MVA/HA)	0,10
(kVA/ )	8267,21
(kVA/HA)	100,82

Tabla 3.10. Demanda de Saturación en el Escenario 4 para cada una de las Zonificaciones Existentes en el Municipio Mariño

POLIGONAL	DEMANDA DE SATURACIÓN (MVA)
R1	7,13
R1C	21,82
R2M	1,45
R2C	45,21
R3	1,54
R3C	75,54
UO	4,82
R1C - R2C	0,92
R2 - R2C	6,84



POLIGONAL	DEMANDA DE SATURACIÓN (MVA)
R2 -R1C	127,21
<b>TOTAL</b>	<b>292,49</b>
<b>DS (MVA/ )</b>	<b>7,50</b>
<b>DS ( MVA/HA)</b>	<b>0,09</b>
<b>(kVA/ )</b>	<b>7499,62</b>
<b>(kVA/HA)</b>	<b>91,46</b>

El procedimiento explicado anteriormente se realiza para cada uno de los municipios que conforman a la Isla de Margarita, los resultados del resto de los municipios se pueden observar en lo anexos.

### 3.3.3 Resultados de la Determinación de la Demanda de Saturación

Una vez realizados los cálculos correspondientes se procede a mostrar los resultados de la Demanda de Saturación de la Isla de Margarita en las tablas 3.11, 3.12, 3.13 y 3.14 según el escenario planteado.

Tabla 3.11. Demanda de Saturación de la Isla de Margarita por Municipio según el Escenario 1; (Índices Promedios en Poligonales con Usos Combinados / Índices Máximos en Poligonales con Usos Únicos) con Variable Urbana al 100%

MUNICIPIO	ÁREA (HA)	ÁREA A DESARROLLAR (HA)	DEMANDA ACTUAL (MVA)	DEMANDA DE SATURACIÓN (MVA)
Mariño *	3199,43	2711,76	150,11	392,05
Maneiro *	3042,31	3000,00	60,88	456,05
García *	7511,00	3513,84	27,72	189,19
Arismendi *	5221,52	2720,32	30,52	64,72
Antolín del Campo	6148,68	2032,04	36,33	173,61
Marcano	3219,53	1008,07	16,89	49,38
Díaz	13919,76	8957,05	30,66	368,67
Gómez	8144,08	4640,61	24,27	192,72
Tubores	15859,75	9696,44	15,6	145,72
Península de Macanao	28592,33	10254,51	7,87	219,60

\* Municipios con poligonales de usos combinados.



<b>TOTAL</b>	<b>94858,39</b>	<b>48534,64</b>	<b>400,85</b>	<b>2251,71</b>
--------------	-----------------	-----------------	---------------	----------------

Tabla 3.12. Demanda de Saturación de la Isla de Margarita por Municipio según el Escenario 2; (Índices Máximos en Poligonales con Usos Combinados y Únicos) con Variable Urbana al 100%

<b>MUNICIPIO</b>	<b>ÁREA (HA)</b>	<b>ÁREA A DESARROLLAR (HA)</b>	<b>DEMANDA ACTUAL (MVA)</b>	<b>DEMANDA DE SATURACIÓN (MVA)</b>
Mariño *	3199,43	2711,76	150,11	450,83
Maneiro *	3042,31	3000,00	60,88	665,75
García *	7511,00	3513,84	27,72	226,23
Arismendi *	5221,52	2720,32	30,52	65,78
Antolín del Campo	6148,68	2032,04	36,33	173,61
Marcano	3219,53	1008,07	16,89	49,38
Díaz	13919,76	8957,05	30,66	368,67
Gómez	8144,08	4640,61	24,27	192,72
Tubores	15859,75	9696,44	15,6	145,72
Península de Macanao	28592,33	10254,51	7,87	219,60
<b>TOTAL</b>	<b>94858,39</b>	<b>48534,64</b>	<b>400,85</b>	<b>2558,29</b>

Tabla 3.13. Demanda de Saturación de la Isla de Margarita por Municipio según el Escenario 3; (Índices Promedios en Poligonales con Usos Combinados / Índices Máximos en Poligonales con Usos Únicos) con Variable Urbana al 80%

<b>MUNICIPIO</b>	<b>ÁREA (HA)</b>	<b>ÁREA A DESARROLLAR (HA)</b>	<b>DEMANDA ACTUAL (MVA)</b>	<b>DEMANDA DE SATURACIÓN (MVA)</b>
Mariño *	3199,43	2711,76	150,11	322,42
Maneiro *	3042,31	3000,00	60,88	376,38
García *	7511,00	3513,84	27,72	159,66
Arismendi *	5221,52	2720,32	30,52	52,18
Antolín del Campo	6148,68	2032,04	36,33	139,82
Marcano	3219,53	1008,07	16,89	39,96
Díaz	13919,76	8957,05	30,66	296,74

\* Municipios con poligonales de usos combinados.



Gómez	8144,08	4640,61	24,27	156,56
Tubores	15859,75	9696,44	15,6	117,59
Península de Macanao	28592,33	10254,51	7,87	175,68
<b>TOTAL</b>	<b>94858,39</b>	<b>48534,64</b>	<b>400,85</b>	<b>1836,99</b>

Tabla 3.14. Demanda de Saturación de la Isla de Margarita por Municipio según el Escenario 4; (Índices Máximos en Poligonales con Usos Combinados y Únicos) con Variable Urbana al 60%

MUNICIPIO	ÁREA (HA)	ÁREA A DESARROLLAR (HA)	DEMANDA ACTUAL (MVA)	DEMANDA DE SATURACIÓN (MVA)
Mariño *	3199,43	2711,76	150,11	292,49
Maneiro *	3042,31	3000,00	60,88	420,47
García *	7511,00	3513,84	27,72	151,25
Arisмени * *	5221,52	2720,32	30,52	40,27
Antolín del Campo	6148,68	2032,04	36,33	106,03
Marcano	3219,53	1008,07	16,89	30,55
Díaz	13919,76	8957,05	30,66	224,8
Gómez	8144,08	4640,61	24,27	120,39
Tubores	15859,75	9696,44	15,6	89,46
Península de Macanao	28592,33	10254,51	7,87	131,76
<b>TOTAL</b>	<b>94858,39</b>	<b>48534,64</b>	<b>400,85</b>	<b>1607,47</b>

### 3.3.4 Obtención de la Demanda Actual

Con el objeto de establecer una comparación qué tanto se encuentran alejados cada uno de los municipios que conforman la Isla de Margarita de su demanda de saturación, se procede a calcular la demanda actual de cada uno de ellos.

La demanda actual por municipio se encuentra a través de la demanda máxima por alimentador. Esta demanda actual será la no coincidente, debido que la demanda máxima de cada uno de los alimentadores ocurre en horas distintas. Sin embargo, hay alimentadores en los cuales su demanda máxima puede coincidir con la de otros alimentadores, pero existirán alimentadores que obtengan su demanda máxima en

\* Municipios con poligonales de usos combinados.



horas diurnas y otros en horas nocturnas, para éste caso se aplica un factor de corrección de 0,85 a las demandas máximas ocurridas en horas diurnas. Para obtenerla se procede a consultar en el SGD la capacidad (kVA) instalada en cada alimentador por municipio, luego se obtiene de la data del mes de Agosto 2.008 (Se toma la de éste mes, debido que es cuando la Isla se encuentra en plena temporada vacacional) del SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) la demanda máxima (Amperios) por alimentador, se lleva a MVA, se halla un factor de utilización (FU) entre la demanda máxima y la capacidad instalada en ese alimentador. Por ejemplo, para el alimentador 1 de la S/E Aricagua;

Su demanda máxima en Agosto 2.008 a las 20:08 fue de 70,50 A

Al llevarlo a kVA, se tiene:

$$kVA = 70,50 \text{ Amp} \times 13,8 \text{ KV} \times \sqrt{3} = 1653,93$$

Su potencia instalada es de 4197,50 kVA

Entonces EL FU para el alimentador 1 de la S/E Aricagua se obtiene a través de la ecuación 3.5.

$$FU = \frac{D_{\text{máx.}}}{C} \quad (\text{EC.3.5})$$

Donde:

$D_{\text{máx.}}$  = Demanda Máxima del alimentador (kVA)

Cap. Insta = Capacidad Instalada del alimentador en el municipio donde supe energía eléctrica (kVA).

Sustituyendo en la ecuación 3.5, se tiene:



$$FU = \frac{1653,93}{4197,50} = 0,39$$

Una vez obtenido el FU, se procede a la búsqueda de la demanda actual para cada uno de los alimentadores por municipio, (En este caso Municipio Antolín del Campo), a través de la ecuación 3.6.

$$Dact. = FU \times Ca_i \quad (EC. 3.6)$$

Donde:

Dact. = Demanda Actual para el alimentador 1 de la S/E Aricagua (MVA)

Sustituyendo en la ecuación 3.6; se obtiene:

$$Dact. = 0,39 \times 4197,50 = 1653,9:$$

Esto se realiza para los alimentadores de cada una de las S/E existentes en la Isla, es decir, en el Municipio Antolín del Campo están involucrados otros alimentadores, para obtener la demanda máxima actual de este municipio, se debe realizar lo anterior a cada uno de los alimentadores que suplen de energía eléctrica al municipio, y la demanda máxima actual será la sumatoria de las demandas máximas de cada uno de los alimentadores (Una vez aplicado todo lo anterior explicado) involucrados en el municipio. Esto se puede apreciar en el anexo O. La comparación de la demanda actual no coincidente contra la demanda de saturación se puede apreciar en el anexo O.

### 3.3.5 Análisis de la Demanda

En este estudio se obtienen valores de la demanda de saturación de la Isla de Margarita en una banda dada por cuatro (4) escenarios generados, siendo el valor más



adecuado para planificar el desarrollo del Sistema Eléctrico en su máxima expansión, el correspondiente al escenario 3 (1836,99 MVA), debido a que en este escenario se trabaja con índices promedios en aquellas poligonales con usos combinados e índices máximos en poligonales con usos únicos, con la variable urbana al 80%, este escenario es muy realista, ya que las construcciones realizadas en las zonificaciones ocupan el 80% de esta.

La demanda máxima registrada en la Isla ha sido de 311,2 MW, si lo llevamos a MVA con la ayuda del factor de potencia del Sistema registrado el mismo día que la demanda máxima;  $FP=0,9$ , da como resultado 345,78 MVA. La demanda de saturación según el escenario escogido para planificar es de 1836,99 MVA (Escenario 3). La diferencia entre la demanda de saturación y la demanda máxima registrada da como resultado lo que crecerá la demanda (Demanda Máxima Futura), esto se puede apreciar en la ecuación 3.7.

$$\textit{Demanda Máxima Futura} = DS \quad (\text{EC.3.7})$$

Donde:

DA= Demanda Actual

Sustituyendo en la ecuación 3.7, se tiene:

$$\textit{Demanda Máxima Futura} = 1836,99 - 345,78 = 1491,21 \text{ MVA}$$

Para satisfacer la demanda de saturación se debe contar con una capacidad de generación según la ecuación 3.8.

$$\textit{Generación en Saturación} \quad (\text{EC.3.8})$$

Sustituyendo en la ecuación 3.8:



$$\text{Generación en Saturación} = \frac{1836,99}{0,9} = 2041,1 \quad (\text{EC.3.8})$$

Actualmente, la generación de la Isla es de 356,162 MW, al igual que la demanda máxima registrada, si se lleva a MVA, se tiene 395,74 MVA. La diferencia entre la generación en saturación y la generación actual, da como resultado la generación a instalar. Esto se aprecia en la ecuación 3.9.

$$\text{Generación a Instalar} = GS \quad (\text{EC.3.9})$$

Donde:

GS = Generación en Saturación (MVA)

GA = Generación Actual (MVA)

Sustituyendo valores:

$$\text{Generación a Instalar} = 2041,1 - 395,74 = 1645,36 \quad (\text{EC.3.3.5.3})$$

### 3.3.6 Planificación de Distribución de los Municipios Antolín del Campo y Díaz

Se realiza una planificación a groso modo de distribución de estos Municipios. Primero Antolín del Campo, porque su población goza de un bajo perfil de Tensión, segundo Díaz debido que presenta un crecimiento urbanístico acelerado en los últimos años.



### 3.3.6.1 Premisas

- Para conocer las ubicaciones de las nuevas subestaciones se expande en forma radial la demanda de saturación de acuerdo al valor de saturación del escenario 3.
- Construir circuitos de 13,8 kV con conductor 336,4 MCM ACSR con capacidad térmica  $\approx 530$  amperios.
- Construir circuitos de 34,5 kV con conductor 397 MCM ACSR con capacidad térmica  $\approx 600$  amperios.
- En 13,8 kV se permitirá el 2/3 de la capacidad térmica (350 amperios).
- En 13,8 kV:
  - Condiciones Normales:  $\Delta v = 4\%$
  - Condiciones de Contingencia:  $\Delta v = 7\%$
- En 34,5 kV:
  - Condiciones Normales:  $\Delta v = 5\%$
  - Condiciones de Contingencia:  $\Delta v = 10\%$

### 3.3.6.2 Metodología Utilizada para la Planificación

- ✓ La capacidad a instalar en cada circuito se halla a través de la ecuación 3.10

$$\textit{Capacidad a Instalar en cada Circuito} \quad (\text{EC.3.10})$$



Donde:

$2/3 \text{ CT.} = 2/3 \text{ Capacidad Térmica (MVA)} = 8,2 \text{ MVA}$

FU= Factor de Utilización

Sustituyendo valores, se tiene:

$$\text{Capacidad a Instalar en cada Circuito} = \frac{82}{0,9} = 9$$

- ✓ Los circuitos requeridos en cada Municipio para suplir su demanda de saturación, se obtienen a través de la ecuación 3.11

$$\text{Circuitos Requeridos} = \frac{DS}{CC} \quad (\text{EC. 3.11})$$

Donde:

DS = Demanda de Saturación (MVA)

CCCond. = Capacidad del Conductor (MVA)

Un ejemplo de este cálculo se puede realizar con el Municipio Antolín del Campo. Su demanda de saturación para el escenario 3 es de 139,82 MVA, la capacidad del conductor es 8,2 MVA. Sustituyendo valores se tiene:

$$\text{Circuitos Requeridos} = \frac{139,82}{8,2}$$

- ✓ La longitud de los nuevos alimentadores se obtienen mediante las ecuaciones 3.12 y 3.13, estableciendo 3 casos para escoger la más adecuada.

$$\Delta v = \left( \sum_i^n kVA_i \times L_i \right) \quad (\text{EC. 3.12})$$



Donde:

$\Delta v$ = Caída de Tensión de la Línea (%)

kVA= Potencia Transportada en cada tramo del Circuito, se obtiene del SGD

L= Longitud en cada tramo del Circuito (km), se obtiene del SGD

K= Constante, se obtiene a través de la ecuación 3.13

$$K = \left( \frac{r \cos \phi + j}{10 Kv} \right) \quad (\text{EC. 3.13})$$

Donde:

r= Resistencia a 50 °C ( $\Omega$ /millas), se obtiene a través del anexo S

X= Reactancia a 50 °C ( $\Omega$ /millas), se obtiene a través del anexo S

kVo= 13,8 (kV) Voltaje de Fuente

$\cos \phi = 0,9$

$\sin \phi = 0,44$

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.13, se obtiene:

$$K = \left( \frac{(0,3018 \times 0,9) + (0,312 \times 0,44)}{10 \times 13,8^2} \right) = 2,15 \times 10^{-4}$$

Los tres casos establecidos son:

- Primer Caso; se distribuye la potencia cada 20% de la longitud del circuito, esto se observa en la figura 3.4.

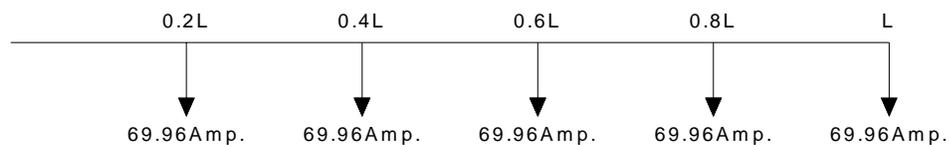




Figura 3.4. Primer Caso para el Cálculo de la Longitud de los Alimentadores

- Segundo Caso; se distribuye un 40% de la potencia en la mitad del circuito y el 60% al final del circuito, se puede apreciar en la figura 3.5

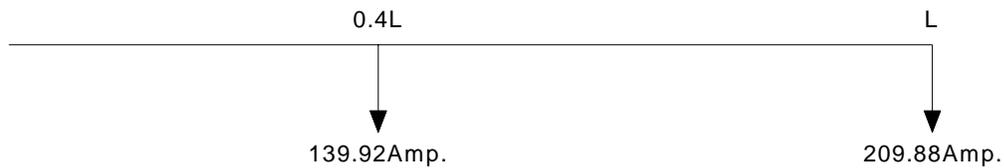


Figura 3.5. Segundo Caso para el Cálculo de la Longitud de los Alimentadores

- Tercer Caso; se distribuye la potencia al 33% de la longitud del circuito, esto se puede observar en la figura 3.6.



Figura 3.6 Tercer Caso para el Cálculo de la Longitud de los Alimentadores

Los resultados a estos cálculos se pueden apreciar en la tabla 3.15.

Tabla 3.15. Longitud de los Alimentadores

CASOS	LONGITUD (km)
1	5,26
2	4
3	4,74
PROMEDIO	5



Para la planificación de los Municipios se toma el promedio de los tres casos.

- ✓ La capacidad total a instalar se calcula dejando un factor de utilización de 0,9, esto debido a que no se conoce en qué escenario puede estar la demanda de saturación (Aunque se esté planificando como si estuviera en el escenario 3), por ejemplo, la capacidad total que se debe instalar en el Municipio Antolín del Campo se obtiene con la ayuda de la ecuación 3.14.

$$\text{Capacidad Total a Instalar} \quad (\text{EC. 3.14})$$

Sustituyendo en la ecuación 3.14, se tiene

$$\text{Capacidad Total a Instalar} = \frac{139,82}{0,9} = 155,36 \text{ MVA}$$

La capacidad que falta por instalar se obtiene a través de la ecuación 3.15, consultando en el SGD la capacidad instalada de los alimentadores en cada una de las poligonales que conforman a cada Municipio.

$$\text{Capacidad que falta por Instalar} = \text{CTI} \quad (\text{EC. 3.15})$$

Donde:

CTI = Capacidad Total a Instalar (MVA)

CI = Capacidad Instalada (MVA)

En la tabla 3.16, se puede observar la capacidad instalada (MVA) y la demanda potencial (MVA) en las distintas Poligonales que conforman al Municipio Antolín del Campo.



Tabla 3.16. Capacidad Instalada (MVA) y Demanda Potencial (MVA) en las distintas Poligonales que conforman al Municipio Antolín del Campo.

POLIGONAL	DEMANDA SATURACIÓN (MVA)	CAPACIDAD DE CADA ALIMENTADOR (MVA)									CAPACIDAD INSTALADA POLIGONAL (MVA)	DEMANDA POTENCIAL (MVA)
		ARICAGUA					ASUNCIÓN					
		1	2	4	5	6	7	8	9			
U1	2,13			0,21		1,33					1,54	0,59
U2	3,32				1,01	1,86					2,87	0,45
U3	2,70					0,78					0,78	1,92
U4	5,59	0,24	6,03	0,77	0,58	0,82					8,44	-2,85
U5	6,17	2,74					2,22		0,98		5,94	0,24
U6	4,10						1,40		0,48		1,87	2,22
U7	1,80						0,63		0,20		0,83	0,98
R1	37,42						1,93		1,99		3,92	33,50
R2	1,65						0,18				0,18	1,47
R3	2,67	0,11				0,06					0,17	2,50
R4	14,03					0,96					0,96	13,07
TR1	23,17			3,82	14,75	6,90					25,47	-2,29
TR2	6,36					0,19					0,19	6,17
TR3	19,28	0,12	0,21					0,48	9,56		10,37	8,91
TRB1	2,97					0,10					0,10	2,87
TRB2	4,94	0,88			0,75	2,30					3,92	1,02
TRB3	1,52					0,03					0,03	1,49
<b>TOTAL</b>	<b>139,82</b>					<b>15,32</b>					<b>67,57</b>	<b>72,25</b>

Un ejemplo de la ecuación 3.15, se aplica en el Municipio Antolín del Campo, sustituyendo los valores, se tiene:

$$\text{Capacidad que falta por Instalar} = 155,36 - 67,57 = 87,79$$

Los cálculos realizados anteriormente se realizan para cada uno de los Municipios en estudio. Los resultados de estos se pueden apreciar en los anexos S y T.



### 3.3.6.3 Planificación del Municipio Antolín del Campo

En este Municipio está ubicada la S/E Aricagua, sin embargo, no da abasto para suplir su demanda y se ofrece una mala calidad del servicio eléctrico. Para ello se estudia si ésta se encuentra en una ubicación apropiada. Se toma el plano del Municipio, se identifica la ubicación de la S/E Aricagua y se divide horizontalmente en dos (2) partes a nivel de donde se encuentre la S/E, luego se calcula la demanda de saturación que hay de ambas partes, si están equilibradas significa que la ubicación de Aricagua es óptima, en este caso se encuentra en una ubicación óptima; frente la entrada del Sector Tirano. Esto se puede apreciar en la figura 3.7.

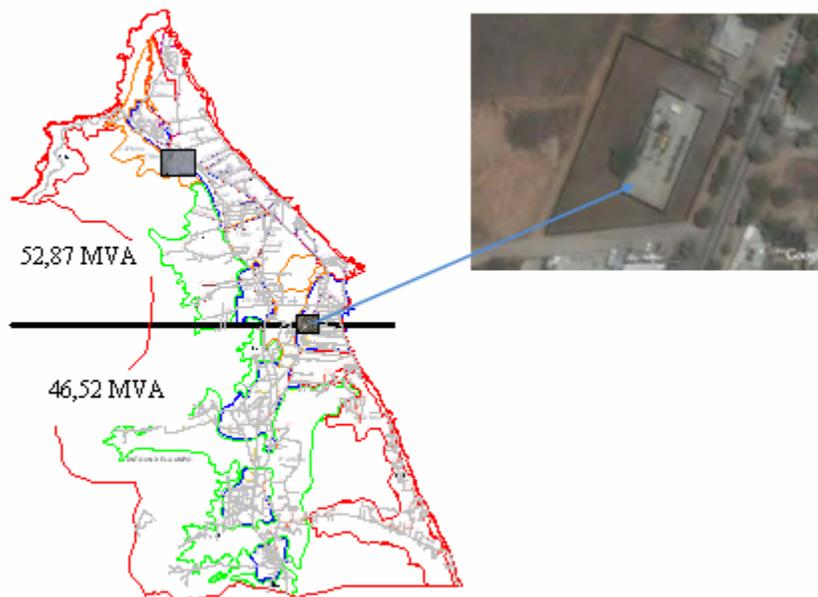


Figura 3.7. Ubicación Óptima de la S/E Aricagua

Para comprobar que la población de Manzanillo, Puerto Real y Hotel Portofino gozan de un bajo perfil de tensión se procede a calcular la caída de tensión del troncal principal del circuito 6 de la S/E Aricagua (Este es el que supe de electricidad a las



poblaciones anteriormente mencionadas). Esta se obtiene a través de las ecuaciones 3.12 y 3.13.

Los kVA y la longitud del circuito 6 de Aricagua, se encuentran a través de una consulta al SGD, estos se pueden observar en la tabla 3.17.

Tabla 3.17. kVA Instalados en las distintas Poligonales por donde pasa el Circuito 6 de la S/E Aricagua y Longitud del mismo en cada Poligonal

POLIGONAL	CAPACIDAD INSTALADA (kVA)	LONGITUD (km)
U1	1325	1,35
U2	1861	1,5969
U3	782,5	1,08
U4	821	0,69655
TR1	6897,5	0,634
TRB2	2295	1,0451

Sustituyendo valores en la ecuación 3.12, se tiene:

$$\Delta v = \{(1325 \times 1,4) + (1861 \times 3) + (782,5 \times 4) + (821 \times 5) + (6897,5 \times 5) + (2295 \times 6)\} \times 2,2 \times 10^{-4} = 14 \%$$

La caída de tensión en condiciones normales es de 14 %, por tal razón esta zona es afectada considerablemente, sin embargo, por ser una población de habitantes con poder adquisitivo alto, esto permite mantenerse con sus propias máquinas generadoras.

Debido al bajo perfil de tensión que gozan los habitantes de las poblaciones mencionadas anteriormente y que la S/E Aricagua no podrá suplir la demanda de saturación ubicada en dichas poblaciones, se debe construir una nueva S/E de 34,5 kV en las cercanías del sector Manzanillo a 7,5 Km de la S/E Aricagua. La planificación de distribución del Municipio Antolín del Campo quedaría con dos S/E; una de 110 MVA y otra de 60 MVA, el resto de la demanda de saturación lo supliría la S/E La

Asunción, ubicada en el Municipio Arismendi, el cual limita con el Municipio Antolín del Campo.

En la figura 3.8, se puede apreciar la planificación de distribución para el Municipio Antolín del Campo.

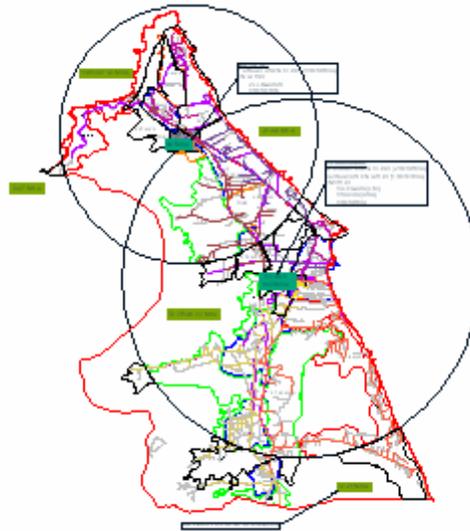


Figura 3.8. Planificación del Municipio Antolín del Campo

#### 3.3.6.4 Planificación del Municipio Díaz

En este Municipio se ubica la S/E Aeropuerto, debido a su demanda de saturación se necesitarán construcciones de nuevas S/E. Para conocer las capacidades y ubicación de éstas, se expande en forma radial la demanda de saturación del Municipio, es decir se divide el plano en cuatro (4) partes iguales, cuidando que las 4 partes estén lo más equilibradas posibles en cuanto a demanda de saturación, el punto medio será la ubicación óptima para la S/E de mayor capacidad, en éste caso es de 150 MVA, resultando como ubicación óptima sector La Lagunita, El Espinal,



quedando a 1,5 km de distancia de la S/E Aeropuerto, a parte de ésta S/E, se necesitarán de tres de 50 MVA, de las tres S/E, una suplirá 10 MVA al Municipio García. De esta manera se puede apreciar en la figura 3.9 la ubicación óptima para la nueva S/E de mayor capacidad en el Municipio Díaz, y en la figura 3.10, se observa la planificación de distribución del Municipio Díaz.

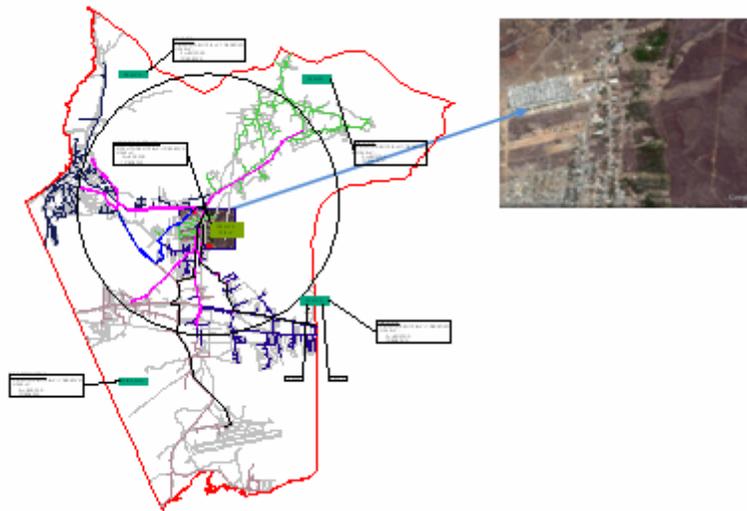


Figura 3.10. Ubicación Óptima para la Nueva S/E de Mayor Capacidad en el Municipio Díaz



## CONCLUSIONES

♣ A través del presente estudio se logró obtener la demanda de energía eléctrica máxima necesaria en la Isla de Margarita del Estado Nueva Esparta a futuro, utilizando el método de uso de la tierra y expansión en forma radial de la demanda de saturación.

♣ Se detectó que bajo los esquemas de diseño actual, no se podrá suplir la demanda exigida a futuro, dado que los mismos introducen limitaciones en cuanto a la capacidad de distribución de la energía.

♣ Se generaron cuatro (4) escenarios, de los cuales el que resultó con mayor factibilidad para la realización de los estudios de planificación de las nuevas subestaciones fue el 3 (Demanda de Saturación 1836,99 MVA), debido que es más probable que en un terreno con zonificación “X” se destine el 80% para construcciones, seguido del 4 (Demanda de Saturación 1607,47 MVA), mientras que los más optimistas desde el punto de vista económico son; en primer lugar el 2 (Demanda de Saturación 2558,29 MVA), seguido del 1 (Demanda de Saturación 2251,71 MVA), estos escenarios son de probabilidad menor, ya que no es muy común que se construya el 100% de la parcela.

♣ El municipio con mayor probabilidad de desarrollo es Maneiro, por lo que se apreció que los alimentadores de la S/E Pampatar ubicada en el Municipio Maneiro que suplen actualmente parte de la demanda del Municipio Mariño deben orientarse a mediano plazo hacia Maneiro, para ello se hace necesario modificar la S/E Morropo de 34,5kV a 115kV para absorber las cargas liberadas en Mariño por la S/E Pampatar y asegurar la conexión de las nuevas cargas potenciales en su área de influencia.



♣ La demanda de la Isla crecerá 1491,21 MVA, lo cual indica que para satisfacerla es necesario que la generación crezca 1645,36 MVA.

♣ Como se dijo antes, el Municipio de mayor probabilidad de desarrollo es Maneiro, mientras el de menor es Marcano.

♣ Se confirmó que la S/E proyectada por CADAPE en Boca de Río en 115 kV es adecuada, debido al potencial de desarrollo que tiene el municipio Península de Macanao de acuerdo a su POUL.

♣ Se observó la necesidad de construir una S/E nueva en las cercanías del Hotel Bella Vista, con la finalidad de suplir las cargas del Municipio Mariño que actualmente se encuentran conectadas a la S/E Luisa Cáceres de Arismendi (LCA), de esta manera la carga liberada de LCA se puede reorientar para suplir la demanda del Municipio García, el cual está más cercano a esta S/E.

♣ Se confirmó la necesidad de construir una nueva S/E en el Espinal en los niveles 115/34,5/13,8 kV para cumplir con la normativa con relación al servicio prestado a los clientes (Caída de tensión), previendo su ubicación en el área próxima a la población de Los Villarroeles, Cerromar o La Lagunita para asegurar que esté cercana al centro de carga, de acuerdo a la distribución espacial de la demanda. La S/E El Espinal deberá estar suplida por la S/E Luisa Cáceres de Arismendi y por Los Millanes en 115 kV, El Espinal a su vez alimentará a la S/E Boca de Río en 115 kV.

♣ La S/E Aeropuerto debe alimentarse desde la S/E El Espinal, debido a que la distancia entre éstas es más corta que desde la S/E LCA.



♣ A fin de suplir la demanda a futuro en el Municipio Díaz, será necesario la construcción de tres subestaciones en 34,5 kV de 50 MVA, contando cada una con seis circuitos en 13,8 kV (Incluida una reserva) y en 34,5 kV dos llegadas y una reserva.

♣ Se comprobó que el sistema eléctrico que alimenta la población de Manzanillo tiene un bajo perfil de tensión, ya que la caída de tensión es alrededor de 14%, lo que demuestra la necesidad de construir una subestación en las cercanías de esta población.

♣ Se observó la necesidad de ampliar la S/E Aricagua en 115kV, para alimentar a una nueva S/E de distribución en 34,5 kV en las cercanías de la población de Manzanillo a fin de mejorar el perfil de tensión asociado a estos sectores, como lo son; Manzanillo, Puerto Real, Hotel Portofino. La S/E Aricagua debe contar con 14 circuitos en 13,8 kV (Incluidas dos reservas), 4 en 34,5 kV y una llegada, una salida y una reserva en 115 kV.

♣ Se comprobó que la S/E Aricagua se encuentra en una ubicación óptima; frente la entrada del Sector Tirano.

♣ La S/E El Espinal deberá tener 17 circuitos (Incluida una reserva) en 13,8 kV, 10 circuitos (Incluidas dos reservas) en 34,5 kV y dos llegadas, una salida y una reserva en 115 kV.



## RECOMENDACIONES

♣ Acordar con los entes gubernamentales la elaboración y actualización de los POUL (En aquellos municipios que aún no lo posean).

♣ Adquirir las fotos a escala: 1/60000 en el Instituto Geográfico Simón Bolívar (Antigua Cartografía Nacional), para minimizar el margen de error al momento de medir las parcelas de las construcciones actuales.

♣ Actualizar este estudio cada cinco (5) años para mejoras en el sistema eléctrico de la Isla.

♣ Contratar un Estudio de Predicción de Demanda a Largo Plazo, que permitirá conocer en qué tiempo deben crecer las fuentes de energía eléctrica.

♣ Establecer reuniones con todos los organismos tanto públicos como privados que se encuentran elaborando proyectos para suplir la demanda, con la finalidad de definir las fuentes primarias de energía eléctrica (Nuevo cable submarino 230 kV, Unidades de Generación, entre otras).

♣ Realizar estudios de distribución para conocer los cambios en cuanto a circuitos nuevos, salida a nivel de subestaciones, entre otros.

♣ La longitud de los alimentadores en 13,8 kV con conductor 4/0 Arvidal (Conductor existente) debe ser de 5 km, transportando 6 MVA (253,33 A.), mientras que al utilizar el conductor ACSR 336,4 MCM, la longitud deber ser la misma, pero transportando 8,2 MVA (349,8 A.), con ambos se cumple la norma de caída de tensión  $\Delta v = 4\%$ .



## BIBLIOGRAFÍA

1. “La Empresa”, Intranet de SENECA, disponible en <http://www.senecamargarita.com> . (2.008).
2. Mota L., **“Planificación a Corto y Mediano Plazo de los Sistemas a 13,8 kV y 34,5 kV entre los Municipios Montes y Mejías del Estado Sucre”**, Tesis de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, UDO, Barcelona, Venezuela (2.005).
3. Peñaloza A. y González A., **“Estudio de la Predicción de la Demanda de Carga Eléctrica de las Ciudades de Caripe y Temblador”**, Tesis de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, UDO, Barcelona, Venezuela (1.986).
4. **“Estudio de Planificación de Distribución, Predicción de Demanda, Ciudades: Porlamar y Pampatar”**, CADAPE, Tomo II, Isla de Margarita, Venezuela (1.989).
5. Ortiz J., **“Pronósticos de Demanda de Potencia y Energía Eléctrica a nivel de 11 kV de las Subestaciones Tigre II y Tigre III de la Zona Sur del Estado Anzoátegui, Período 2.001 – 2.015”**, Tesis de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, UDO, Barcelona, Venezuela (2.002).
6. Moya E., **“La Demanda Residencial de Energía Eléctrica en la Comunidad Autónoma de Andalucía: Un Análisis Cuantitativo”**. Universidad de Sevilla, Sevilla, España. Disponible en: <http://www.cervantesvirtual.com> (2.008).



7. Villalobos E., **“Pronósticos de Demanda Eléctrica: Comparación de Técnicas y una Metodología de Combinación”**, Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, UCV, Caracas, Venezuela (1.998).
8. Makridakis S., y Wheelwright S., **“Métodos de Pronósticos”**, Editorial Limusa, DF, México (2.007).
9. Corredor J., **“La Planificación Estratégica Perspectiva para la Planificación en Venezuela”**, Va dell Hermanos Editores, Tercera Edición, Caracas, Venezuela (1.993).
10. Penissi O., **“Canalizaciones Eléctricas Residenciales”**, Caracas, Venezuela (2.006).
11. Mazzacan L. y Bartolomeo D., **“Metodología para realizar Estudios de Predicción de Demanda a Largo Plazo”**, La Electricidad de Caracas, Caracas, Venezuela (1.994).
12. Decreto N°. 1699 (Mediante el cual se dictan las normas para la ordenación del Territorio del Estado Nueva Esparta). (1.987, Agosto 12). **Gaceta Oficial de la República de Venezuela**, N°. 3.999, 1.997.
13. Decreto N°. 483 (Plan de ordenación del Territorio del Estado Nueva Esparta). **Gaceta Oficial del Estado Nueva Esparta**, N°. Extraordinario, 1.997.
14. Ordenanza de Zonificación del Municipio Mariño. **Gaceta Municipal del Distrito Mariño**. Edición Extraordinaria Agosto 1.978.



15. Ordenanza de Zonificación del Municipio Maneiro. **Gaceta Municipal del Distrito Maneiro**, Edición Extraordinaria N° 17. Diciembre 1.977.
16. Ordenanza de Zonificación del Municipio Arismendi. **Gaceta Municipal del Municipio Arismendi**, Edición Extraordinaria. Abril 1.997.
17. Resolución por la cual se establecen las tarifas que aplicará la empresa SENECA a los consumos de Energía Eléctrica que se originen a partir del 1° de Enero de 1.999. **Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela**, **36.612**, Diciembre 30, 1.998.
18. Moreno V., “**Estudio de saturación de las áreas 19 y 20 de la Electricidad de Caracas**”, Caracas, Venezuela (1.993).
19. Yáber A., “**Estudio de saturación del sistema de distribución sector Los Caracas – Chirimena**”, Caracas, Venezuela (1.993).
20. Moreno V., “**Estudio de planificación a largo plazo de la red de distribución del Noroeste de Caracas**”, Caracas, Venezuela (1.992).
21. Morey W., “**Planificación y Diseño del Sistema de Distribución Eléctrica de la Isla de Guaraguao del Estado Anzoátegui**”, Tesis de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, UDO, Barcelona Venezuela (2.000).
22. Paredes F. y Baltazar H., “**Estudio de Planificación y Demanda Eléctrica del Sistema de Transmisión del Área Norte de Anzoátegui**”, Tesis de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, UDO, Barcelona, Venezuela (1.995).



23. Ferreira A. y Martínez A., **“Planificación en Sistemas de Distribución Eléctrica”**, Caracas, **Venezuela** (2.002).
24. Martínez J., **“Expansión del sistema de distribución de CALEY”**, Caracas, Venezuela (1.994).
25. Marín J., **“Ampliación de la Subestación Cumaná III de 115/13,8 kV de la Empresa CADAFE, Región I Sucre”**, Tesis de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, UDO, Barcelona, Venezuela (2.008).

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	ESTUDIO DE LA DEMANDA DE SATURACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA ISLA DE MARGARITA – ESTADO NUEVA ESPARTA.
---------------	--

**AUTOR (ES):**

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
González R., Ayleen J.	<b>CVLAC: 17.112.217</b> <b>E MAIL:</b> <a href="mailto:ayleengonzalezrodriguez@gmail.com">ayleengonzalezrodriguez@gmail.com</a>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>

**PALABRAS O FRASES CLAVES:**

Demanda de Saturación

---

Predicción de Demanda a Largo Plazo

---

Demanda Eléctrica Futura

---

Modelos Causales

---

Usos de la Tierra

---

Índices kVA/HA

---

Magnitud y Ubicación de la Potencia

---

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>ÀREA</b>	<b>SUBÀREA</b>
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Eléctrica

**RESUMEN (ABSTRACT):**

El sistema eléctrico en la Isla de Margarita presenta deficiencias en cuanto a su capacidad y calidad de servicio, producto del acelerado crecimiento de la demanda, el deterioro de las fuentes actuales de generación y la dependencia del cable submarino. El estudio de la demanda de saturación de energía eléctrica representa una solución, ya que a través de este se determina como será el esquema del sistema de transmisión y distribución en su máxima expansión y orienta los estudios de corto y mediano plazo. La correcta planificación del sistema de transmisión y distribución depende de la estimación de la demanda eléctrica futura, de su ubicación espacial y del tiempo en que se producirá, con suficiente detalle para evaluar diferentes opciones de capacidad, ubicación y configuración. El estudio de saturación se basa en la modelación de usos de la tierra. Primordialmente estos estudios requieren de una comprensión de la dinámica urbana propia de cada área y una correcta interpretación de los usos de la tierra en términos de demanda eléctrica. El objetivo principal de esta investigación es estudiar la demanda de saturación de la Isla de Margarita – Estado Nueva Esparta, con la finalidad de conocer la magnitud y ubicación de la potencia para una mejor planificación del sistema de transmisión y distribución, garantizando que opere en óptimas condiciones a lo largo de su vida útil.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL</b>				
Adrián, Alcides	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS X</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>	<b>9.305.692</b>			
	<b>E_MAIL</b>	<b>alcides.adrian@laedc.com.ve</b>			
	<b>E_MAIL</b>				
Parra, Hernán	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU X</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>	<b>4.362.464</b>			
	<b>E_MAIL</b>	<b>hernanparra@cantv.net</b>			
	<b>E_MAIL</b>				
Santiago, Escalante	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU X</b>
	<b>CVLAC:</b>	<b>3.198.012</b>			
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
Suárez, Luis	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU x</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

<b>2009</b>	<b>7</b>	<b>30</b>
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
TESIS. Demanda de Saturación.doc	Application/pdf
POUL MARIÑO	Application/pdf
POUL MANEIRO	Application/pdf
POUL GARCÍA	Application/pdf
POUL ARISMENDI	Application/pdf
POUL ANTOLÍN	Application/pdf
POUL MARCANO	Application/pdf
POUL DÍAZ	Application/pdf
POUL GÓMEZ	Application/pdf
POUL TUBORES	Application/pdf
POUL MACANAO	Application/pdf
SISTEMA ELÉCTRICO	Application/pdf
ANEXO O	Application/pdf

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H  
I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u  
v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

**ALCANCE**

**ESPACIAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TEMPORAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Ingeniero Electricista

---

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pregrado

---

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento de Electricidad

---

---

**INSTITUCIÓN:**

Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui

---

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****DERECHOS**

De acuerdo con el Artículo 44 del Reglamento de Trabajos de Grados:

---

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual participará al Consejo Universitario”.

---

---

Ayleen González  
**AUTOR**

---

Hernán Parra  
**TUTOR**

---

Santiago Escalante  
**JURADO**

---

Luis Suárez  
**JURADO**

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS:**

---

Verena Mercado