

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

**Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la
Proyección Espacial del Sistema de Distribución Eléctrica en la
ciudad de Sucúa, Ecuador**

Luis Alberto Panjon Quinde

Richard Resl, Ph.D.(c), Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Magister en Sistemas de Información Geográfica

Quito, junio de 2015

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la
Proyección Espacial del Sistema de Distribución Eléctrica en la
ciudad de Sucúa, Ecuador**

Luis Alberto Panjon Quinde

Richard Resl, Ph.D.(c)
Director de Tesis

Karl Atzmanstorfer, MSc.
Miembro del Comité de Tesis

Richard Resl, Ph.D.(c)
**Director de la Maestría en Sistemas
de Información Geográfica**

Stella de la Torre, Ph.D.
**Decana del Colegio de Ciencias
Biológicas y Ambientales**

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.
Decano del Colegio de Postgrados

Quito, junio de 2015

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Luis Alberto Panjon Quinde

C. I.: 01013752556

Quito, junio de 2015

Dedicatoria

Para Sonia y Milena.

Gracias por llegar a complementar mi vida.

Resumen

La energía constituye uno de los recursos básicos para la subsistencia de la humanidad, su disponibilidad se da como un hecho para cualquier individuo, actualmente existen métodos diversos para la proyección de este recurso en los próximos años; sin embargo es necesario realizar un esfuerzo adicional para no considerar solamente la cantidad de potencial requerido, sino identificar la localización de estos recursos.

El sistema de información geográfica ha llegado a ser una herramienta muy importante de tecnología y metodología para la planificación y administración de sistemas de energía a nivel mundial, pues permite la visualización de los componentes actuales, sus características y comportamiento. En este sentido el presente trabajo investiga los valores agregados aplicando el Sistema de Información Geográfico en determinadas áreas donde presentan una alta demanda de energía y como resultado se obtiene las áreas que pueden ser provistas por la fuente.

En el Ecuador existen diferentes instituciones que participan en la provisión de energía eléctrica para realizar la proyección de demanda se aplican métodos estadísticos en base a registros históricos. El presente trabajo pretende dar un modelo que pueda ser utilizado por las instituciones y en un futuro poder utilizar un modelo único.

Abstract

Energy is one of the basic resources for the survival of humanity, their availability is given as a fact for any individual, currently there are several methods for the forecasting of this resource in the coming years; however is necessary to make a further efforts to consider not only the required quantity of potential supply, but to identify the location of these resources.

GIS has become a very important technology and methodology for the planning and administration of energy systems worldwide, as it allows for the display of the current components, their characteristics and behavior. In this sense, the present work investigates the aggregate values using the Geographic Information System in certain areas have a high demand for energy and as a result the areas that may be provided by the source is obtained

In Ecuador there are various institutions involved in the provision of electricity to realize the load forecasting applying statistical methods with historical records to accomplish their activity. This paper aims to provide a model based on GIS that can be used equally by all of the institutions and which should finally become the standard for one final integrated model.

Tabla de Contenido

Resumen.....	6
Abstract.....	7
Índice de Tablas	11
1. Introducción.....	12
1.1. Antecedentes	13
1.2. El problema	15
1.3. Hipótesis	17
1.4. Pregunta de Investigación.....	18
1.5. Objetivo General.....	19
1.6. Objetivo Específico.....	20
1.7. Significado del Estudio	20
1.8. Definición de términos	21
1.9. Presunciones.....	21
1.10. Supuestos.....	22
2. Marco Teórico	23
2.1. Literatura revisada.....	23
2.2. Tema 1 Proyección espacial de la Demanda (Spatial Electric Load Forecasting) (Willis, 1996).....	24
2.3. Tema 2 Potenciación de los servicios públicos de electricidad y gas con SIG (Meehan, Empowering Electric and Gas Utilities with GIS, 2007).....	41
2.4. Tema 3 Modelación de la Distribución Eléctrica con SIG (Modeling Electric Distribution with GIS) (Meehan, 2013)	50
2.5. Tema 4 SIG para la Distribución Eléctrica (GIS for Electric Distribution) (ESRI).....	56
3. Metodología	58
3.1. Flujo de la Investigación	60
3.2. Tabla de Asociación.....	61
3.3. Justificación de la metodología seleccionada.....	61
3.4. Herramientas de investigación utilizadas	62
3.5. Descripción de participantes para el caso de estudio	62
3.5.1. Número de Participantes.....	62
3.5.2. Fuentes y recolección de datos.....	63

4.	Análisis Preliminar	64
4.1.	Delimitación de zona para caso de estudio.....	64
4.2.	Recopilación de Datos.....	64
4.3.	Interoperabilidad	73
4.4.	Diagrama de Proceso de Proyección.....	78
4.5.	Primer Paso: Mapa de Uso de Suelo para el año base	79
4.6.	Segundo Paso: Proyección de Carga por Clases	85
4.6.1.	Curva de Carga Alim 2112.....	89
4.6.2.	Factor potencia por cliente	90
4.6.3.	Factor Densidad de Clientes.....	91
4.6.4.	Densidad de carga por área	92
4.6.5.	Proyección de carga	92
4.7.	Tercer Paso: Proyección Global del Crecimiento.....	95
4.7.1.	Proyección de crecimiento del número de clientes.....	95
4.7.2.	Proyección de crecimiento de área	97
4.8.	Cuarto Paso Calibración del Año Base.....	98
4.9.	Quinto Paso: Proyección Espacial de clientes.....	105
5.	Evaluación de Resultados.....	112
5.1.	Mapa de Uso de Suelo para año base.....	112
5.2.	Proyección de carga por clases	112
5.3.	Proyección Global de Crecimiento	113
5.4.	Calibración del año base.....	113
5.5.	Proyección espacial de clientes	113
5.6.	Evaluación	114
6.	Conclusiones y Recomendaciones.....	115
6.1.	Conclusiones.....	115
6.2.	Recomendaciones.....	116
	Bibliografía.....	117
	Anexos	119

Índice de Figuras

Figura 1 Área de concesión de la CENTROSUR.....	14
Figura 2 Ilustración grafica de la metodología de simulación.	26
Figura 3 Calibración de áreas de estudio.....	37
Figura 4 Errores en la delimitación del área de servicio de subestaciones	39
Figura 5 Ciclo de trabajo para empresas de servicios	43
Figura 6 Flujo de Proceso de Investigación	60
Figura 7 Modelo de distribución de redes eléctricas. Fuente: CENTROSUR, 2013.	66
Figura 8 Visualización de tabla de atributos de clientes	67
Figura 9 Información catastral y de planificación de la ciudad de Sucúa. Municipio de Sucúa 2013.....	71
Figura 10 Proceso de consulta Web INEC.....	72
Figura 11 Archivo AutoCad leído mediante módulo de interoperabilidad	74
Figura 12 Dedición de sistema de coordenadas de archivo AutoCad.....	74
Figura 13 Sistema de Coordenadas del sistema eléctrico del alimentador 2112	75
Figura 14 Información combinada CENTROSUR Y GAD Sucúa	77
Figura 15 Red o malla creada mediante herramienta Fishnet.....	79
Figura 16 Tabla de resultados de usos de suelo en las diferentes celdas.	80
Figura 17 Mapa de Clasificación de Uso de Suelo para caso de estudio.....	81
Figura 18 Diagrama de distribución de uso de suelo por tipo de clientes.....	82
Figura 19 Área de Servicio del Alimentador 2112.....	84
Figura 20 Áreas del Alimentador 2112 y Configuración.....	85
Figura 21 Demanda de Energía Anual.	86
Figura 22 Comportamiento de variación anual de energía a nivel nacional.	87
Figura 23 Energía Consumida por Cliente.	88
Figura 24 Curva de Carga Alimentador 2112.	89
Figura 25 Curvas de carga de los diferentes tipos de clientes.	90
Figura 26 Intersección de malla y tipo de clientes	99
Figura 27 Tabla resultado de proceso de intersección.	100
Figura 28 Edición de tabla para ingreso de área promedio y densidad de carga.....	100
Figura 29 Cálculo de demanda máxima.	101
Figura 30 Localización de tipos de clientes por celda	103
Figura 31 Densidad de carga por celda.....	104
Figura 32 Proyección para el año 2014.....	108
Figura 33 Proyección para el año 2015.....	109
Figura 34 Proyección para el año 2016.....	110

Índice de Tablas

Tabla 1 Tipos de clases y sus definiciones para el uso del suelo.....	30
Tabla 2 Asociación de Objetivos y Criterios de Investigación.....	61
Tabla 3 Número de Participantes de la Investigación	63
Tabla 4 Fuentes de la Investigación.....	63
Tabla 5 Descripción y Características de fuentes CENTROSUR.....	65
Tabla 6 Tabla de Clasificación Tarifaria y Codificación.....	67
Tabla 7 Clasificación y Cuantificación de usuarios del alimentador 2112.....	69
Tabla 8 Descripción y Características de fuente Municipio de Sucúa	70
Tabla 9 Resumen de Tipo de Cliente, Cantidad, Área Promedio y Área Total Ocupada.....	82
Tabla 10 Resumen de Áreas del Alimentador 2112	85
Tabla 11 Potencia Coincidente por Tipo de Usuario	91
Tabla 12 Densidad de clientes.....	91
Tabla 13 Densidad de carga del alimentador 2112.	92
Tabla 14 Crecimiento anual de potencia por tipo de tarifa. (Panjon & Cabrera, 2008, p. 62). 93	
Tabla 15 Reporte del INEC respecto a dotación de servicio eléctrico 2001.....	94
Tabla 16 Reporte del INEC respecto a dotación de servicio eléctrico 2010.....	94
Tabla 17 Proyección de Crecimiento de Densidad de Carga.	95
Tabla 18 Resumen estadístico de clientes por tipo de tarifa (Consejo Editorial de la CENTROSUR, 2010).....	96
Tabla 19 Crecimiento de Clientes por uso de energía (Panjon & Cabrera, 2008, p. 63).....	97
Tabla 20 Proyección de crecimiento de clientes del alimentador 2112.....	97
Tabla 21 Proyección de crecimiento de área por tipo de cliente.	98
Tabla 22 Datos para proyección de los años 2014, 2015 y 2016.	107

1. Introducción

La electricidad es un elemento clave en la vida actual de las personas, las contribuciones y mejoras a lo largo del tiempo nos han permitido a los humanos la habilidad para usar y controlar la energía eléctrica y usarla para nuestro beneficio, convirtiéndose en un servicio básico dentro de la sociedad .

La proyección de demanda eléctrica es muy importante pues permite identificar los requerimientos futuros y detectar las posibles falencias al momento de satisfacer la provisión de este suministro.

En la actualidad en el sector eléctrico del Ecuador el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) es el principal accionista de las empresas de distribución del Ecuador, creó el proyecto Sistema Integrado de Gestión de la Distribución Eléctrica (SIGDE), con la visión de tener un Modelo Único de Gestión para todas las empresa distribuidoras de energía eléctrica del Ecuador, sustentado en una arquitectura de interoperabilidad de sistemas, dispositivos, equipos, plataformas y lenguajes.

En base a las premisas expuestas se hace necesario dar un paso hacia adelante en el campo de la proyección de energía eléctrica, en donde el enfoque no sea solo ¿Cuánto?, sino complementado con ¿Cómo? y ¿Dónde?; es decir la proyección de demanda eléctrica indicando la cantidad requerida (Cuanto), donde se la va a requerir (Donde), y los factores que propician esta necesidad (Como).

Para poder responder a estas nuevas preguntas se requiere un modelo de proyección no solo matemático o estadístico sino un modelo espacial de proyección, para lo cual participa el Sistema de Información Geográfico (SIG) como un pilar fundamental en este nuevo marco, con el cual se pueda alcanzar las respuestas a las interrogantes de ¿Dónde? y ¿Cómo?.

1.1. Antecedentes

En el Ecuador el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable es el máximo organismo que emite las disposiciones de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica en el país.

El MEER creo el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), como organismo de regulación para regular, controlar y planificar los servicios de suministro de energía y alumbrado público en el Ecuador.

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. (CENTROSUR), tiene su área de concesión en las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago, esta empresa está encargada del proceso de distribución y comercialización de energía eléctrica y alumbrado público en estas provincias.

Como parte del proceso de mejoramiento tecnológico en la CENTROSUR se encuentra implementado el Sistema de Información Geográfica con el software ARCFM 9.3 de la empresa de software Environmental Systems Research Institute (ESRI).

En calidad de entidad reguladora del servicio eléctrico, CONELEC emite su plan de electrificación dentro del periodo 2012-2021, en la cual se indica el modo metodológico utilizado en el país para el proceso de proyección de energía eléctrica. (CONELEC)

De acuerdo a los datos censo de 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el Ecuador el 93.2% de las viviendas cuenta con servicio de electricidad, en la provincia de Morona Santiago se tiene una cobertura de 75.61% .

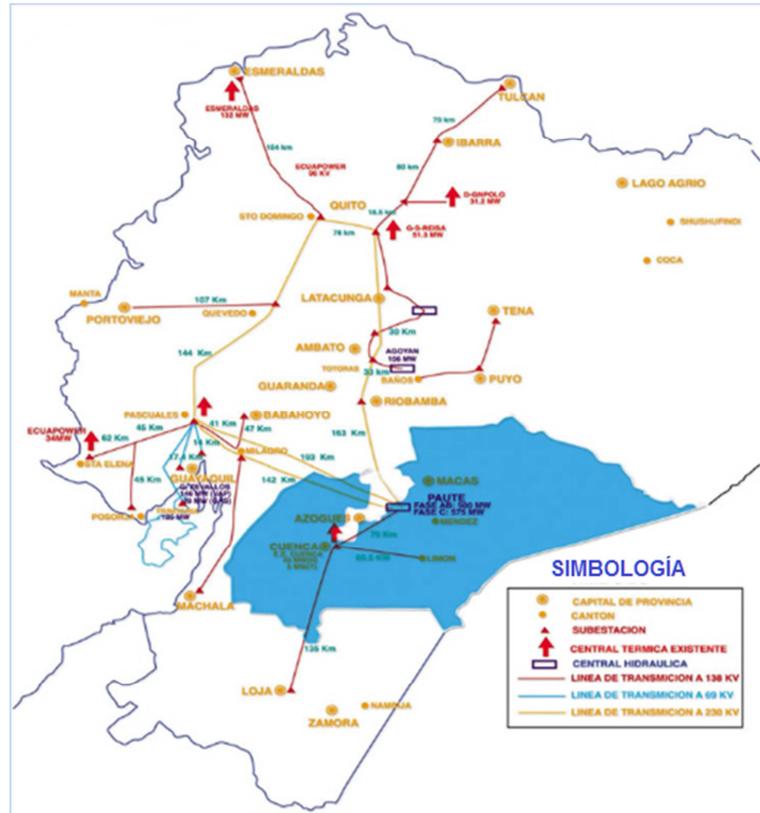


Figura 1 Área de concesión de la CENTROSUR

Fuente: CENTROSUR. (2013). *Área de Concesión* [Grafico Web]. Recuperado el 12 de Julio de 2013 de <http://www.centrosur.com.ec/?q=node/11>

El 19 de Octubre de 2010 fue promulgado el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), el cual fue promulgado en el Registro Oficial 303.

1.2. El problema

La proyección de demanda es el proceso central e integral en la planificación y operación de una empresa de distribución eléctrica.

Para realizar la proyección de demanda de carga, existen en la actualidad múltiples opciones, métodos y variantes matemáticas, sobre los años los investigadores se han enfocado en métodos nuevos y más eficientes e incluso a la aplicación de métodos híbridos. (Alfares, 2002)

La proyección de demanda eléctrica es un elemento indispensable en el desarrollo de un país pues permite identificar las necesidades del recurso eléctrico que requieren la sociedad y se convierte en la principal fuente de información para una adecuada toma de decisiones al momento de analizar como satisfacer y evitar una posible carestía de este recurso.

La demanda de un sistema eléctrico es aleatoria, pues no es un proceso estacionario debido a que se encuentra conformado por una gran cantidad de elementos, el comportamiento de ella depende de varios factores como son: económicos, sociales, climáticos, etc.

Para el proceso de proyección de demanda las empresas distribuidoras de electricidad participan con la información histórica de cada una de ellas y así entonces se convierten en consultores del CONELEC.

En la actualidad la proyección de demanda eléctrica está basada en un modelo metodológico que considera solo un análisis histórico (Información estadística), la cual es procesada mediante modelos matemáticos regresivos y de correlación. (CONELEC, 2012)

En un modelo regresivo se establece la relación entre la variable dependiente (Demanda Eléctrica) y las variables independientes (Economía, tiempo, clima, etc.) A través de la determinación de un polinomio matemático el cual proporcionara la Magnitud de la Demanda Eléctrica en la proyección.

El análisis de las correlaciones entre las diferentes variables pueden ser incluso cuantificadas a través de métodos multivariantes o econométricos; sin embargo esta correlación no se puede considerar definitiva pues una de las variables en el uso de la energía son las personas quienes hacen uso de ello y conforman un fenómeno complejo de hábitos y costumbres.

Por lo antes expuesto en la actualidad no existe ningún modelo definido para el método de proyección único a nivel nacional en el Ecuador que pueda ser implementado en cada una de las empresas de distribución de energía del país.

Ante esta situación se hace necesario definir un modelo de proyección que pueda ser aplicado a nivel de todas las distribuidoras.

1.3. Hipótesis

En la actualidad la proyección de demanda requiere exactitud en la magnitud y localización geográfica de la demanda eléctrica sobre varios periodos.

La exactitud de la proyección proporciona un gran ahorro económico a las empresas de distribución eléctrica.

Actualmente la proyección de la energía eléctrica requerida para abastecer la demanda se basa en la información referente al consumo total facturado de las empresas eléctricas de distribución y los datos de pérdidas de energía a nivel de subestaciones.

Con la ayuda de los sistemas de información geográfica se puede alcanzar un modelo de proyección de demanda no solo en magnitud sino también en localización.

Al encontrarse el sector eléctrico del país en un proceso de sistemático de integración de tecnologías y procesos mediante el proyecto SIGDE, es necesario plantear un modelo de proyección espacial de demanda de energía eléctrica que pueda ser utilizada en todas las empresas distribuidoras y consecuentemente se afiance como una metodología a nivel nacional.

Un modelo matemático o estadístico sirve principalmente como un método de tendencia; sin embargo no presenta ninguna funcionalidad dinámica del proceso de crecimiento energético, pues esta se ve afectado por influencias, externas como lo son hábitos de consumo, cambio de salarios, nivel de vida, inflación, productividad, etc.

Ante este escenario se requiere de un modelo de proyección espacial el cual nos permita dar respuestas a las interrogantes de ¿Cuánto es la demanda eléctrica del año....? ¿Dónde se presentara este requerimiento? ¿Cómo y porque se presenta este requerimiento?

La planificación y el análisis mediante un SIG podría determinar la correcta localización de los sectores en donde se presentara un incremento de demanda de energía, consecuentemente determinara la adecuada ubicación de nuevas instalaciones y equipamiento para atender este nuevo requerimiento.

La alta tasa de disponibilidad de datos y el incremento de las velocidades de procesamiento de computadoras con la reducción de costos proveen una mejor exactitud en los procesos de proyección espacial de demanda. El sistema de información geográfica provee una excelente plataforma de base de datos la cual es útil para las diferentes técnicas de proyección de demanda espacial. (Mo-yuen & Hahn, 1997)

Con un modelo de guía de proyección espacial se puede definir una metodología general a ser aplicada por las empresas de distribución eléctrica en el país.

1.4. Pregunta de Investigación

¿Cómo los sistemas de información geográfica (SIG), pueden ayudar a generar un modelo de proyección de demanda espacial de las Empresas de Distribución Eléctrica en el Ecuador y hasta qué punto es posible su aplicación como un modelo único?

La proyección espacial de la demanda eléctrica es un método híbrido en donde se combina una proyección de la magnitud y por otro lado la localización del espacio en donde se desarrollara.

Para lograr este objetivo es necesario comprender los lineamientos de la proyección espacial y la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y sus diferentes herramientas para el análisis de datos y generación de resultados deseados.

En base a un caso de estudio se pretende generar un modelo de proyección que sirva de base para la aplicación para las Empresas de Distribución Eléctrica del Ecuador.

1.5. Objetivo General

Anteriormente los inadecuados manejos de datos y su dificultad para almacenarlos se consideró un inconveniente; sin embargo en la actualidad se dispone de mejores herramientas de software y medios más robustos de almacenamiento, por lo cual se puede contar con una suficiente base de datos y herramientas de software más sólidas para su análisis.

En este punto el Sistema de Información Geográfico (SIG), es una herramienta importante la cual nos permite realizar un a análisis actual de la infraestructura eléctrica pero más aún nos permite dar un vistazo a lo que habrá en el futuro, de este modo la proyección no se convierte en dato cuantitativo sino en una proyección visual.

Para definir este tipo de proyección se debe usar una metodología que utilice la proyección eléctrica basada en el uso de suelo y los datos geográficos que puedan inferir en su proyección.

En base a lo anterior se puede establecer un modelo de proyección espacial mediante el uso del Sistema de Información Geográfica.

1.6. Objetivo Específico

- El objetivo de este trabajo es el de generar un modelo de proyección espacial de demanda de energía eléctrica utilizando el sistema de información geográfica.
- Indicar la relación que existe entre los sistemas eléctricos de potencia y los sistemas de información geográfica para generar resultados, respecto a la proyección de demanda eléctrica.
- Crear y analiza un caso de estudio y sus posibles implicaciones y retos para convertirse en un modelo a nivel institucional, regional y nacional.
- Establecer las ventajas e inconvenientes en la implementación del método de proyección espacial al utilizar el SIG.
- Generar la base para un modelo de aplicación en forma generalizada.

1.7. Significado del Estudio

El estudio propuesto pretender crear un modelo de proyección espacial de demanda de energía eléctrica con base en el sistema de información geográfica y así presentar la sinergia de los sistemas de información geográfica más allá de la operación y control de los sistemas eléctricos.

Su aplicación a nivel de la CENTROSUR puede promover su uso a nivel regional y llegar a establecerse como una modelo para su uso a nivel nacional.

1.8. Definición de términos

MEER.-	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.
CONELLEC.-	Consejo Nacional de Electricidad.
CENTROSUR.-	Empresa Eléctrica Regional entro Sur C.A.
SIGDE.- Eléctrica.	Sistema Integrado de Gestión de la Distribución Eléctrica.
SIG.-	Sistema de Información Geográfico.
COOTAD.- Autonomía y Descentralización.	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.
Voltio.- la tensión eléctrica.	Es la unidad derivada del sistema internacional para la tensión eléctrica.
Baja Tensión.- tensión entre 0-240 Voltios.	Las redes eléctricas que están sometidas a una tensión entre 0-240 Voltios.
Media Tensión.-	Las redes eléctricas que están sometidas a una tensión entre 13800 y 22000 Voltios.
Transformador de Distribución.-	Es el elemento de conversión entre las redes de media tensión y baja tensión este realiza el cambio de 13800-2200 voltios a 120-240 voltios.
Alimentador Primario.-	Es el tendido de red en media tensión encargado de suministrar el servicio de energía hacia los diferentes transformadores de distribución.
Subestación.-	Infraestructura operativa, encargada del manejo y supervisión de alimentadores primarios

1.9. Presunciones

- Se presume la disponibilidad de información respecto a uso de suelo y ordenamiento territorial en formatos digitales.

- En el Ecuador las instituciones públicas no han implementado aun un sistema de información geográfico para su trabajo cotidiano (Municipios, Juntas Parroquiales, Prefecturas, etc.).
- Los datos de estadísticas pueden ser solicitadas al INEC y este podrá reportar la información solicitada en un plazo de diez (10) días vía correo electrónico y consultas web.
- Las empresas distribuidoras de energía eléctrica tienen y en otros casos se encuentran implementado el GIS a nivel institucional.
- Los municipios disponen de la información digital referente a las nuevas edificaciones que se encuentran en los niveles de anteproyectos.
- El municipio dispone de las ordenanzas cuantificadas respecto al uso de suelo para sus áreas de jurisdicción.

1.10. Supuestos

- La información proporcionada por los Gobiernos Municipales, Entidades oficiales y demás regímenes del estado, se encuentran en un solo tipo de coordenadas.
- Los proveedores y usuarios de la información poseen conocimientos respecto a los sistemas de Información Geográfica.
- Las estadísticas proporcionadas por el INEC tiene un alto grado de certeza.

2. Marco Teórico

2.1. Literatura revisada

Dado que el presente trabajo contempla la conjunción de varias ciencias como lo son: electricidad, estadística, sistemas de información geográfica y planificación, se tomara en consideración la literatura referente al proceso de proyección de demanda eléctrica en base a un método de análisis de uso de suelo, esto debido a la necesidad de establecer un punto de partida para demostrar la interacción entre la proyección de la demanda eléctrica en función del suelo donde habita cada usuario.

Seguidamente se revisa la literatura referente a la potenciación de los servicios de electricidad y gas, ya que estos temas permiten enfocar los beneficios que pueden obtener al utilizar los sistemas de información geográfica.

Finalmente se revisara la modelación de los sistemas de distribución eléctrica y la aplicación de los sistemas de información geográfica, con el fin de comprender las bases de la interacción entre las ciencias eléctricas y geográficas aplicadas a una red de repartición de energía.

Con este marco teórico se establecerá las bases teóricas para responder la ayuda que proporciona los sistemas de información geográfica en los sistemas de distribución de energía eléctrica en el Ecuador.

2.2. Tema 1 Proyección espacial de la Demanda (Spatial Electric Load Forecasting) (Willis, 1996)

El título “Spatial Electric Load Forecasting”, corresponde al autor H. Lee Willis del editorial MARCEL DEKKER INC publicado en: New York 1996, en referencia al autor Lee Willis tiene más 35 años de experiencia en planificación de los sistemas de transmisión y distribución eléctrica, se ha desempeñado como consultor, investigador y ha supervisado la planificación y puesta en marcha de más de 400 proyectos para empresa de servicios de energía a lo largo de varias naciones, a continuación se presenta el resumen de su obra

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA MEDIANTE SIMULACIÓN DEL USO DE SUELO

- **Introducción**

La metodología de proyección por simulación tiende a reproducir, o modelar el proceso de crecimiento de la carga, con el fin de proyectar donde, cuando y como se desarrollará la demanda de energía, así como identificar alguna de las razones detrás de ese crecimiento.

Una de las cualidades relevantes de la simulación es que trabaja bien cuando es aplicada a una alta resolución espacial, requiriendo más datos y convirtiéndose en un proceso laborioso. A su vez dichos datos son voluminosos, difíciles de obtener, y más complicado aún de verificarlos y mantenerlos.

La simulación trata de modelar las causas de crecimiento de la carga, existen dos causas para dicho crecimiento, estas son:

- Cambio en el número de clientes que compran energía eléctrica.
- Cambio en la cantidad de energía consumida por cada cliente.

La metodología pretende duplicar este proceso, de manera separada pero coordinando cada modelo.

El proceso de modelado del número de clientes es realizado sobre una base espacial, trazando donde, que tipos y cuantos clientes están localizados dentro de cierta área.

El análisis per cápita no considera la localización, solo la variación en el uso de la energía como función del tipo de cliente, el uso final, el día, semana y año.

En ambos modelos la clasificación de tipo de clientes, residencial, comercial e industrial y sus respectivas subclases cumplen un rol importante, ya que esto permite una adecuada coordinación.

En resumen el desarrollo de la metodología se fundamenta en dos proyecciones: una que pronostica donde los futuros clientes estarán y otra que indica la cantidad de energía que estos consumirán, la combinación de estas producirá el donde, qué y cuándo se localizara la futura carga.

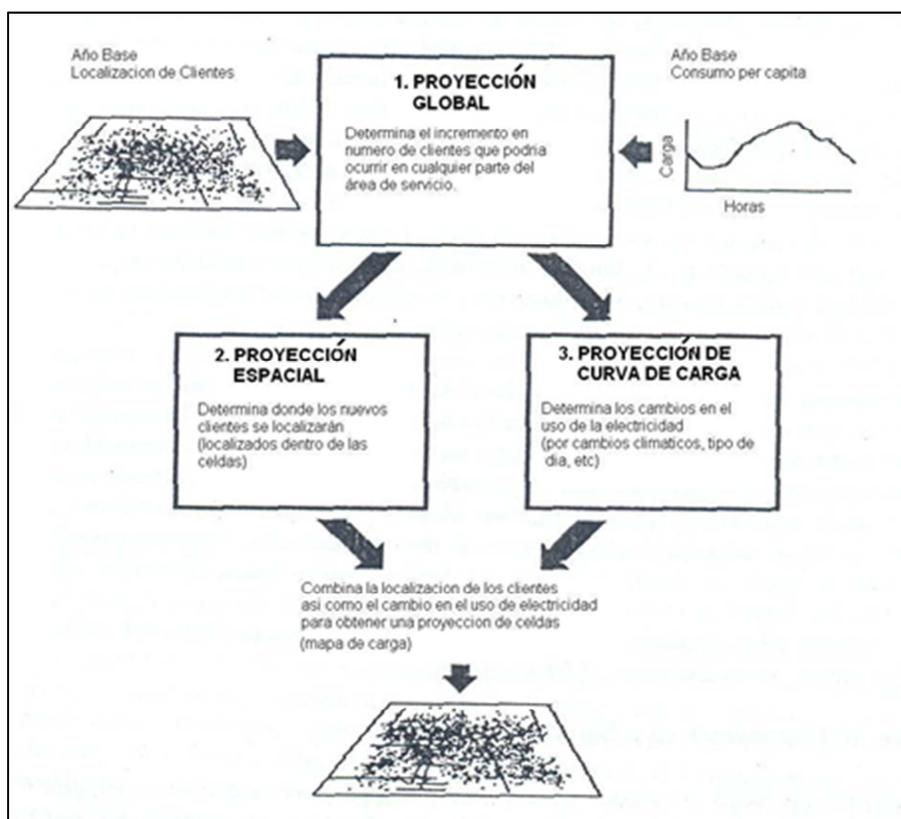


Figura 2 Ilustración grafica de la metodología de simulación.

Fuente: (Panjon & Cabrera, 2008, p. 30). *Proyección de la demanda de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur mediante el Método de Simulación de uso de suelo. (Tesis de Grado, Universidad de Cuenca, Cuenca Ecuador)*

- **Estructura del método de simulación**

Existe una gran cantidad de programas computacionales diseñados para este propósito, estos varían desde una simple aproximación hasta complejos métodos numéricos. Sin embargo, existen algunos pasos que generalmente son los mismos, que se citan a continuación.

- **Módulo de proyección espacial**

Conteo global de usuarios.- Este es un dato de entrada de todo método de simulación, esta información se obtiene de la base de datos que toda empresa lleva de sus clientes.

Interacción de clases.- El desarrollo de los diferentes usos de suelo está íntimamente relacionado con respecto a su magnitud y localización, existe un gran conjunto de modelos para determinar la interacción económica, regional y demográfica del uso del suelo, por ejemplo, uno de estos es el llamado método de Lowry, el cual representa todo el desarrollo del suelo como consecuencia directa del fenómeno llamado industria básica, el cual se resume en la siguiente idea “si una ciudad está creciendo, todas sus partes crecerán de una manera interrelacionada al menos parcialmente predecible, de forma que todo está alrededor de la industria básica local”.

Localización de la tendencia en el uso del suelo.- Por último la proyección espacial debe asignar el desarrollo que tendrá el suelo y su uso específico. La aproximación exacta de donde se ubicaran nuevos usuarios de cada clase ha sido manejada con una amplia variedad de métodos desde una simple proyección en base al conocimiento de los planificadores, hasta especializados métodos computacionales que proyectan el uso del suelo y su localización de manera automática.

- **Módulo de Proyección temporal (Consumo per cápita)**

Proyección de la demanda por cliente.- Se realiza la proyección del pico del cliente residencial, comercial, industrial, etc. así como su contribución al pico de la demanda total ya que estos pueden ocurrir en diferentes tiempos.

Futuros cambios en el interés del mercado.- Electrodomésticos de mayor eficiencia, nuevos modelos, etc. Deben ser incluidos en las proyecciones año a año. Esto puede realizarse analizando el uso final de la energía dentro del proceso de simulación mismo.

- **Detalle del método de simulación**

La presente sección muestra una vista detallada de los diferentes pasos que se realizan en la aplicación de la metodología, para un mejor entendimiento, se describirá un desarrollo manual de los procesos del método de simulación, cabe mencionar que un desarrollo manual en la realidad es impráctico debido al volumen de datos que se deben manejar, por lo tanto es impensable su aplicación sin algún grado de computarización con el fin de acelerar el proceso.

- **Pasos para la proyección**

Se debe tener en consideración que una simple categorización en clases tales como residencial, comercial e industrial son insuficientes para hacer distinciones en el crecimiento de la carga eléctrica debido al nivel de exactitud que se necesita.

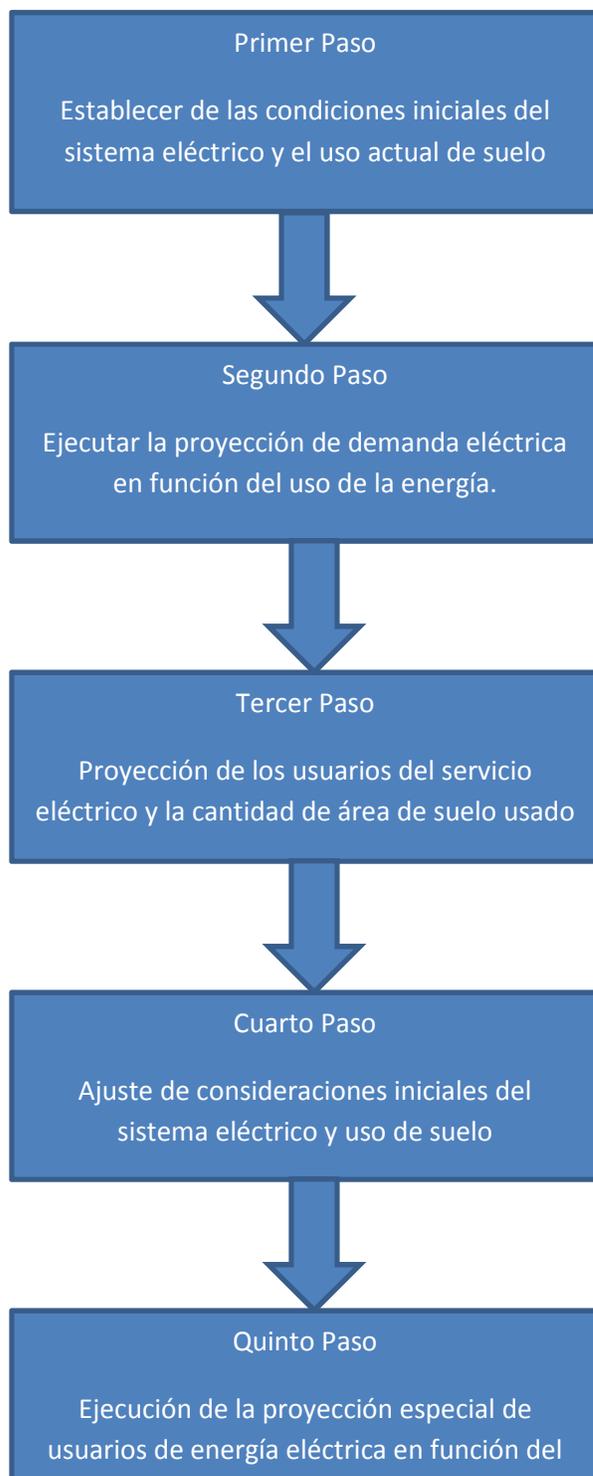
“Una clase es cualquier subgrupo de clientes cuya distinción como subgrupo ayuda a identificar el comportamiento de la carga de manera que mejora la efectividad de la proyección.”

Por lo tanto la selección de la cantidad y tipos de clases que se usará es de vital importancia para una correcta aplicación, logrando así una mayor semejanza con la realidad, a continuación listamos una clasificación que es comúnmente usada y recomendada.

Tabla 1 Tipos de clases y sus definiciones para el uso del suelo.

Clases	Definición
Residencial	
Agricultura	Granjas, casas de campo
Rural	Casas ubicadas en áreas suburbanas o suburbios
Familiar simple-baja densidad	Casas para una sola familia ubicada sobre grandes lotes de terreno.
Familiar simple-normal	Casas para una familia de densidad promedio
Familiar simple-alta densidad	Casas dentro de la ciudad y casas ubicadas en filas
Multifamiliar	Departamentos, edificios para hogares
Comercial	
Negocios pequeños	Tiendas, almacenes pequeños
Negocios grandes	Shoppings malls, grandes almacenes
Oficinas	Edificios de servicios profesionales, cámaras de comercio, colegio de ingenieros, etc.
Rascacielos	Grandes construcciones
Oficinas municipales y centros educativos	Municipios, escuelas, colegios, etc.
Industria	
Industria pequeña	Fabricas pequeñas
Almacenamiento al aire libre	Grandes espacios para descarga y almacenamiento, puertos, muelles, etc.
Depósitos	Depósitos, grandes bodegas
Industria media	Fabricas medias
Industria grande	Grandes fábricas, zonas industriales
Empresas municipales	Plantas de tratamiento, departamento de alcantarillado, etc.
Vacantes	
Zonas Protegidas	Reservas de vida salvaje, bosques protegidos, etc.
Zonas restringidas	Espacios militares, área de pruebas, etc.
Zonas publicas	Parqueaderos, espacios verdes
Zonas privadas	Pequeños aeropuertos, campos de golf, pistas de carrera
Zonas de inundamiento	Grandes espacios planos vulnerables a inunda miento
Provisionales	Áreas desarrollables con problemas de terreno
Sin-restricción	Espacios en los que no se conoce las causas para que no se haya desarrollado.

Esquema de pasos para la proyección:



- **Primer paso: Mapa del uso del suelo para el año base**

Para poder proyectar donde se ubicaran los futuros clientes, se debe establecer donde se encuentran los actuales usuarios, con este objetivo debemos primero producir un mapa de pequeñas áreas con sus respectivos usos del suelo, este trabajo es realmente simple pero laborioso.

Dicho mapa debe cumplir con ciertas características que se enuncian a continuación:

- Debe estar a escala, la cual debe tener una relación conveniente para su análisis y debe dar las facilidades para poder marcar sobre este.
- Debe ser claro y fácil de leer
- La región de estudio debe estar cubierta completamente por este mapa.
- Debe presentar autopistas, carreteros, rieles ferroviarios, etc. Dentro y fuera del área de servicio permitiendo así la observación de los futuros asentamientos de nuevos clientes.
- Debe mostrar la ubicación de las diferentes subestaciones del sistema.

A continuación se procede a cuadricular el mapa, enumerando luego todas las columnas y filas de dicha cuadrícula, con esto se logra la localización exacta de cada lugar dentro del mapa.

Se realiza luego la respectiva codificación de cada una de las subclases, para esto se asigna colores diferentes que identificaran cada uso del suelo.

Para localizar cada clase de uso de suelo que existe dentro del mapa se tiene que recurrir a varias fuentes de información, tales como:

Nuestro propio conocimiento.- es una fuente confiable para definir usos del suelo de zonas que se pueden observar a simple vista y de lugares que conocemos en detalle su actividad.

Un conjunto de fotografías aéreas.- se debe conseguir un grupo de fotografías que muestren toda el área de estudio con el fin de identificar la localización de cualquier área particular, para esto se puede servir de la base de datos del instituto geográfico militar, otro medio sería conseguir imágenes satelitales.

Mapas de zonificación.- El departamento municipal de planificación desarrolla un mapa que asigna las diferentes actividades que se pueden realizar dentro de su área de concesión. Así este define donde se pueden o no ubicar las fábricas, los lotes residenciales, y los grandes centros comerciales.

Se debe definir exactamente que espacios de terreno serán designados como de uso residencial, comercial o industrial, para esto es necesario establecer algunas reglas.

En áreas residenciales, las calles o callejones que se encuentren alrededor de un lote deberán ser considerados como uso de suelo residencial.

Jardines que se encuentren en los alrededores de departamentos, oficinas, aceras y patios se considera un uso de suelo igual al del lugar que está anexo. Lo mismo sucede con lotes de parqueo de oficinas, departamentos, centros comerciales, etc.

Áreas que se encuentren al aire libre, y que se encuentren ocupadas por escombros de autos, cañerías, etc. Deben ser considerados como zonas restringidas sin carga e

identificadas como tales, y la poca carga que posea por ejemplo iluminación debe formar parte de la fábrica, oficina, etc.

Teniendo todos aspectos en cuenta se procede a colorear el mapa localizando cada celda o cuadratura en las fotos aéreas, mapas de zonificación, etc. A fin de identificar el uso de suelo que corresponde.

Al terminar este proceso es necesario hacer un inventario del uso de suelo de cada clase que se tiene así como determinar el área que ocupan los mismos.

- **Segundo paso: proyección de carga por clases**

El objetivo de este paso es determinar los KVA/m² o KVA/Km², es decir la carga por área para cada uso del suelo y realizar una proyección sobre el periodo de estudio.

Para cumplir con el objetivo este paso se descompone en tres partes, cada una de las cuales se detalla a continuación:

Pico de carga para cada clase de cliente. Como es común en muchas empresas, estas solo miden la energía vendida y no la carga pico, para lo cual será necesario hacer una estimación. Para negocios grandes así como para grandes industrias los datos de demanda medidos pueden ser utilizados para hacer una valoración de su carga pico. En el caso de las clases residencial, negocios pequeños y pequeña industria se puede hacer uso de varias fuentes de información como son:

- Conocimiento propio.
- Datos de manejo de carga de los transformadores (transformer load management [TLM] data).
- Datos de carga de los alimentadores, estos últimos poseen datos exactos de carga así como el número de clientes hacia abajo desde estos puntos.

Con el fin de aprovechar todas las fuentes se puede realizar un promedio ponderado de función del grado de confianza de cada una de las fuentes.

Conversión a carga por área. Hacer este cambio no inserta ningún error en la proyección, porque en alguna parte de la proyección del departamento de planificación se debe realizar una conversión de área del suelo a número de clientes y/o viceversa. Toda proyección de carga en el área de distribución contiene implícita o explícitamente un factor de densidad Clientes/Área. Para realizar esto determinamos el número de clientes por clase y el área total de cada clase, de esta manera obtenemos el número de clientes por área. Luego es necesario determinar los KVA/clientes, esto se puede obtener del departamento de comercialización pero será necesario fragmentarlos para cada subclase del área residencial, comercial e industrial, basados en estadísticas de la ciudad así como datos de zonas y licencias de construcción. De esta manera entonces tenemos:

$$\text{KVA/Clientes} * \text{Clientes/Área} = \text{KVA/Área}$$

Proyección de carga por área en el futuro. En este punto es necesario que el departamento de planificación posea una proyección de demanda basada en el método de uso final, a fin de conocer el porcentaje de crecimiento por cliente de cada

una de las clases de consumidores. Se debe recalcar que este paso es una potencial fuente de error debido a la incertidumbre implícita en las proyecciones.

- **Tercer paso: Proyección global del crecimiento de clientes**

En este paso el propósito es calcular el número de clientes que se incrementarán o reducirán para cada una de las clases a través del periodo de estudio. Para el año base este dato se puede obtener del departamento de comercialización en el cual debe existir una lista de clientes por clases para el área de servicio y la proyección de estos para los años venideros.

- Conversión de la proyección de clientes a área

Usando el factor de densidad obtenido en el paso anterior y la tabla de proyección de clientes obtenemos la cantidad futura de área para cada clase de consumidor. Esto se logra dividiendo el número de clientes de cada clase para el factor de densidad, este proceso se repite análogamente para cada año que se desea proyectar.

(# De clientes para año)/ (Factor de densidad ((#clientes)/área))=área futura por clase

- Revisión de la carga calculada para el sistema futuro

Lo que se hace es combinar el pico de carga por unidad de área con el total de uso de suelo proyectado para obtener el pico de carga del sistema en el futuro, este resultado lo comparamos con otras proyecciones realizadas por el respectivo departamento de planificación. Para esto se multiplica el área futura para cada clase

por los KVA/área para obtener el total de carga por clase, luego se suma los totales de cada clase para obtener la carga total del sistema para cada año.

Del resultado de esta comparación se deberían obtener pequeñas diferencias, esto significa que los pasos anteriores están correctamente realizados.

- **Cuarto paso: Calibración del año base**

Se realiza convirtiendo la carga por área a carga por subestación. Esto se logra identificando que celdas pertenecen a cada subestación, luego de obtener el total de carga de cada celda se los suma y se obtiene el total de carga para cada subestación en el año base, estos resultados se los compara con los picos reales medidos en cada subestación.

Por ejemplo si tuviéramos una celda de 10 mil metros cuadrados de los cuales el 50% de espacio está ocupado por usuarios de clase comercial, el 40% por clientes de tipo residencial y el 10% es una zona vacante, se realizaría del siguiente modo:

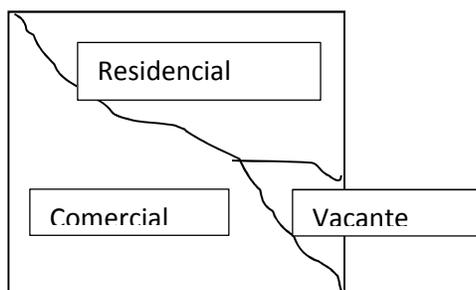


Figura 3 Calibración de áreas de estudio

Fuente: **(Panjon & Cabrera, 2008, p. 39)**. Proyección de la demanda de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur mediante el Método de Simulación de uso de suelo. (Tesis de Grado, Universidad de Cuenca, Cuenca Ecuador).

50% (comercial) 5000 m² x Factor de densidad comercial (KVA/m²) = KVA

40% (residencial) 4000 m² x Factor de densidad residencial (KVA/m²) = KVA

50% (vacante) 1000 m² x Factor de densidad vacante (KVA/m²) = KVA

(Carga total de la celda KVA)

Si los valores de carga pico calculados no se asemejan a los reales medidos en cada subestación se debe ajustar los valores de densidad de carga y/o usos de suelo para el modelo del año base y re calcular nuevamente el mapa de carga, repitiendo este proceso hasta que el error entre valores calculados y medidos sea menor al deseado.

Cabe mencionar que si esto no se realiza correctamente hasta tener un mínimo error las proyecciones obtenidas partiendo de este año base no tendrían la adecuada precisión.

Los mayores errores se presentan en las subestaciones con pequeñas áreas de servicio, esto se debe a que los límites de servicio de cada subestación no coinciden con los límites de cada celda, este problema se puede resolver incrementando la resolución espacial del modelo, esto resulta en un incremento de trabajo ya que se tendrá un mayor número de celdas.

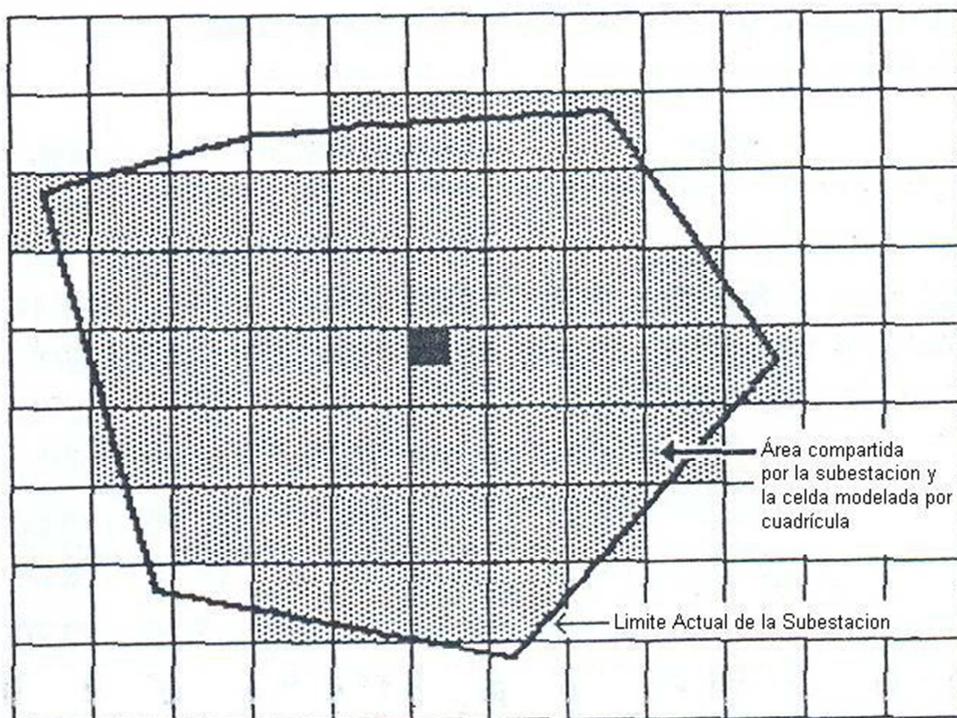


Figura 4 Errores en la delimitación del área de servicio de subestaciones

Fuente: (Panjon & Cabrera, 2008, p. 40). *Proyección de la demanda de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur mediante el Método de Simulación de uso de suelo. (Tesis de Grado, Universidad de Cuenca, Cuenca Ecuador).*

Con alguna destreza en las calibraciones es ciertamente posible igualar los picos de carga calculados con los picos de carga medidos.

- **Quinto paso: Proyección espacial de clientes**

El objetivo de este paso es crear un conjunto de mapas coloreados, similares a los del año base, estos se deben realizar progresivamente moviéndose hacia el futuro, por ejemplo para los años 2, 4, 8,12, 20, etc. En una serie de interacciones construyendo uno a partir del otro.

Antes de empezar es necesario una exhaustiva revisión de información relacionada con las expectativas de crecimiento dentro del área de estudio, para esto podemos ayudarnos de diferentes fuentes como: periódicos, revistas, memos, y cualquier otro artículo relacionado con el tema.

También pueden ser útiles las estadísticas de los permisos de construcción que pueden ser obtenidos del respectivo departamento municipal y más útil aún puede llegar a ser los datos de constructoras sobre nuevas lotizaciones y el tiempo en que las mismas estarán listas. Con toda esta información se procede a localizar cada clase de suelo sobre el mapa.

En primer lugar será necesario añadir las zonas vacantes que se sabe o se cree que serán añadidas con el fin de reducir la cantidad de suelo que tienen la posibilidad de desarrollarse en los siguientes pasos.

El crecimiento mayor se dará en las afueras de la ciudad o suburbios, ya que las áreas vacantes serán llenadas con nuevas construcciones como urbanizaciones, edificios, centros comerciales, etc. Este paso podría resultar más eficiente si se utiliza métodos matemáticos.

Además existen ciertas zonas en donde habrá un re desarrollo, es decir habrá mejoras o cambios en estos sitios, por ejemplo: cuando ciertas casas viejas son destruidas con el fin de construir parqueaderos, o en el caso de que varias casas sean destruidas con el fin de construir casas con un valor monetario mayor.

Una vez coloreado el nuevo mapa se procede a la calibración del mismo, este proceso se indicó anteriormente, la única diferencia es que se utilizaran otros valores de densidad de carga, los cuales se obtuvieron en el cuarto pasó.

Este proceso se repite de la misma manera para todos los años seleccionados del periodo de estudio, cabe recalcar que cuanto más se avance hacia el futuro se tendrá menos información del desarrollo que se dará en el área de estudio.

2.3. Tema 2 Potenciación de los servicios públicos de electricidad y gas con SIG (Meehan, Empowering Electric and Gas Utilities with GIS, 2007)

El título Empowering Electric and Gas Utilities with GIS, corresponde al autor Bill Meehan del editorial ESRI Press, publicado en New York 2007, en referencia al autor Bill Meehan es el director de soluciones para empresas de servicios en la compañía Environmental Systems Research Institute (ESRI), se desempeña como consultor experto para temas de asesoramiento para implantación de sistemas de información geográfico (SIG) en empresas de gas, agua, electricidad, etc., a continuación se presenta el resumen de su obra.

- **Potenciación de los servicios públicos de electricidad y gas con SIG**

El Sistema de Información Geográfica provee más información que el que se puede apreciar en un mapa estático y ayuda a descubrir nuevas cosas a partir de la

información espacial las cuales son fundamentales al momento de la toma de decisiones.

Los procesos de los servicios públicos incluyen: la construcción, operación y mantenimiento de redes, servicio al cliente, administración de sistemas y redes. La implantación del SIG en las empresas de servicios públicos provee una plataforma de información espacial de todos los elementos de su sistema.

La importancia cada vez mayor de la planificación de recursos empresariales permite considerar al SIG una herramienta clave para el proceso de integración de información de la compañía, la ciudad o incluso un país.

- **Gestión del ciclo de vida de los servicios públicos:
Planificación, Diseño, Ingeniería con SIG**

Dentro de una empresa existe un ciclo de vida o proceso para su trabajo, estos son:

- Planificación
 - Ingeniería y Gestión de activos
- Inspección o Reconocimiento
- Diseño
- Construcción
 - Operación
- Demanda o Proyección de Carga.

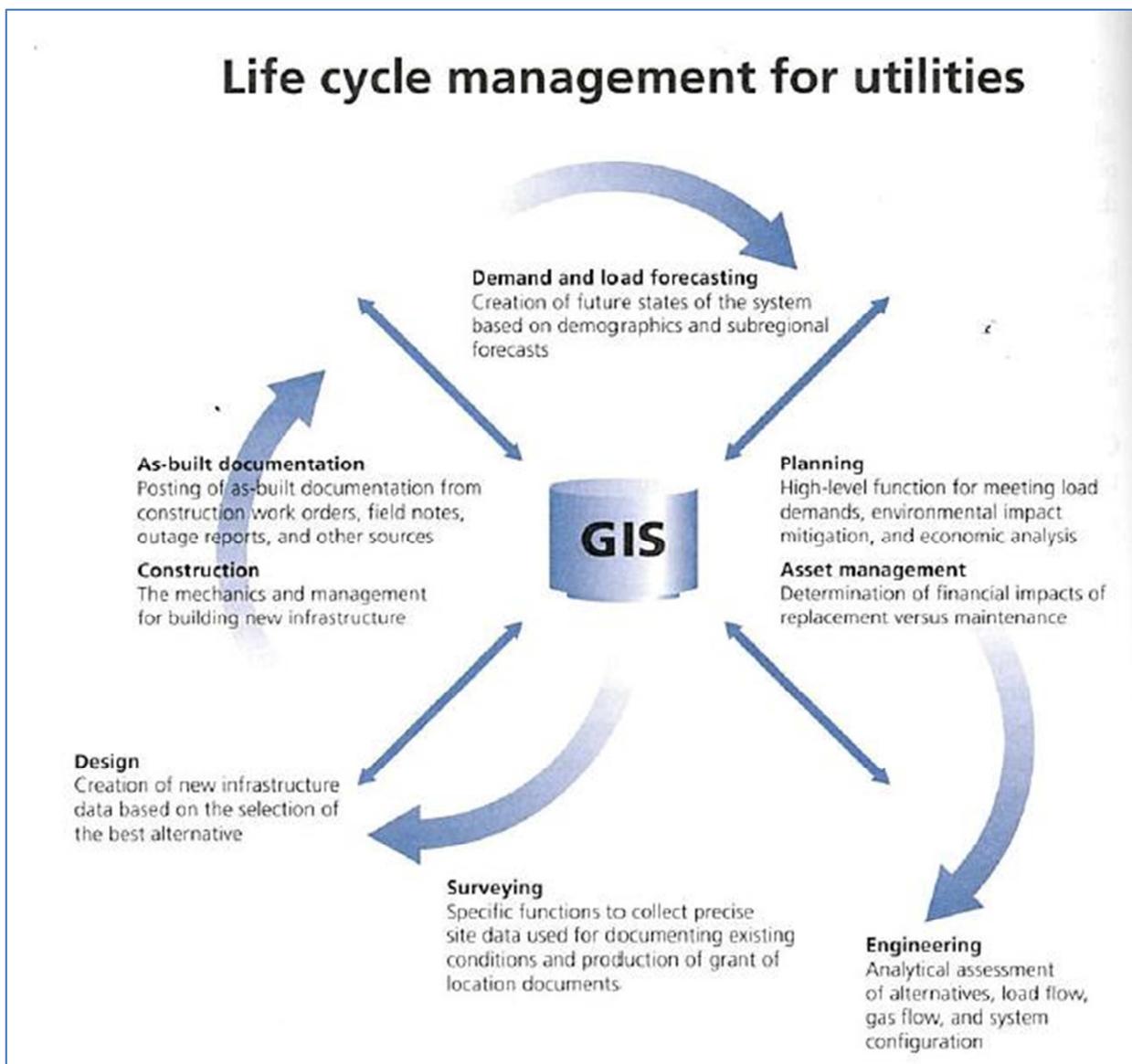


Figura 5 Ciclo de trabajo para empresas de servicios

Fuente: (Meehan, Empowering Electric and Gas Utilities with GIS, 2007, p. 20).

- **Demanda o Proyección de Carga**

Las empresas de servicio realizan la proyección uniforme de crecimiento de demanda o carga para su área de servicio, normalmente conocido como proyección de carga

Sin embargo se deben considerar que el crecimiento de carga es mayor donde el suelo o zonificación permite desarrollos y es más lenta para áreas consolidadas. Por lo expuesto es más deseable considerar áreas más pequeñas o sub regionales para la proyección puesto que permite un mejor análisis del crecimiento y la capacidad de la infraestructura.

El sistema de información geográfica permite consolidar los datos que existen de diversas fuentes ampliamente disponibles y de esta manera realizar proyecciones sub regionales, permitiendo un método simple y económico.

Así por ejemplo es posible consolidar datos de usos actuales de suelo, proyecciones de crecimiento poblacional y elaborar un bosquejo del corredor de crecimiento y sobreponer a la ubicación de redes y realizar las proyecciones de carga o demanda para el corto, mediano o largo plazo.

- **Planificación**

El primer objetivo de un proceso de planificación para una empresa de servicios públicos es la determinar los equipos que excederán su capacidad basado en las proyecciones de carga, de esta planificación se puede determinar los

transformadores, re conectadores, líneas de distribución, etc., que exceden su capacidad en el año X de proyección, debiendo identificar su ubicación espacial y creando una marcación para su identificación.

El segundo objetivo de la planificación es determinar la mejor manera de disminuir el equipamiento que se encuentra sobrecargado, esto se puede lograr por medio de re configuración de las redes o la actualización o modernización de equipos existentes. Es en este punto donde el SIG nos permite visualizar los diferentes escenarios de cada variación y observar el comportamiento del sistema.

Al utilizar el SIG se puede tener varias versiones de las modificaciones propuestas, teniendo de base los datos de la configuración inicial de la red sin necesidad de crear escenarios apartados uno del otro. Este proceso constituye una automatización del proceso de análisis, lo cual permite una precisión del trabajo y disminución de tiempo en la obtención de resultados.

Existen cuatro elementos importantes para la planificación de una empresa de servicios públicos:

- Un inventario de los elementos actuales de la red con sus respectivas capacidades o tolerancias.
- Una proyección de demanda o carga en los diferentes periodos de corto, mediano y largo plazo.
- Una herramienta de análisis de red cuyos resultados se puedan insertarse y desplegarse en el SIG.

- Un medio automatizado para estimación de costos basado sobre el nuevo equipamiento añadido a la red, cuyos datos de análisis deben basarse en lo contenido en el SIG.

- **Gestión de activos**

La gestión de activos es la tarea de administrar y tomar las mejores decisiones respecto a la reparación o reemplazo de equipamiento con sus concernientes riesgos, para realizar una administración efectiva se debe realizar lo siguiente:

- Tener un inventario confiable de los activos de la empresa.
- Conocer el ambiente y donde se encuentran ubicados los activos.
- Conocer la condición y estado de los activos.
- Decidir las acciones necesarias para la optimización de costos y confiabilidad de los equipos. Frecuentemente esta es una decisión de mantenimiento o reemplazo del activo.

El SIG es la herramienta adecuada para monitorear y visualizar los activos de la empresa, además se puede observar el medio dentro del cual se encuentran los activos esto es cerca de construcciones, áreas protegidas, así como las condiciones en las que se encuentran.

- **Ingeniería**

Las empresas de servicio público crean proyectos desde:

- La planificación de proyectos en base a la proyección de demanda o carga en relación a la capacidad del sistema actual.
- La gestión de activos en función del ciclo de vida de sus activos.
- El incremento de nuevos clientes conectados al sistema.
- Confiabilidad del sistema, por ejemplo el incremento de proyectos que no hayan sido proyectados.
- El suceso de desastres naturales y sus repercusiones.

El uso del SIG permite realizar un mejor trabajo de ingeniería pues permite la coordinación y colaboración de las labores de gestión de activos, proyección de demanda o carga y planificación del sistema.

- **Topografía y derechos de uso de suelo**

En muchas situaciones se requiere planificar la ubicación de postes, torres o equipamiento dentro de áreas públicas o incluso privadas, para este efecto la labor de la topografía es identificar el lugar y sus condiciones, a través del muestreo de un topógrafo se puede preparar los bosquejos para aprobación por parte de las autoridades competentes como por ejemplo los municipios.

El SIG permite procesar y evaluar las mediciones y límites obtenidas en campo, convirtiendo en una ventaja al momento de elaborar las peticiones para autorización ya que permite la coalición con la información de los activos que la empresa de servicios pretende implementar dentro del territorio de un Municipio.

- **Diseño**

Una vez que se han determinado los proyectos de ingeniería, los derechos de uso de suelo y se ha garantizado la franja de servidumbre es necesario crear los diseños correspondientes.

Al usar el SIG para la realización de diseños, este puede ser conciliado directamente sobre la base de datos de la red, donde permite una mayor coordinación así por ejemplo el jefe de grupo puede confirmar la disponibilidad física para la ubicación de postes, torres, etc.

El uso de SIG puede permitir la posibilidad de diseño en campo e incluso la planificación de los recursos empresariales para optimización de criterios al momento del boceto.

- **Construcción**

Idealmente el trabajo realizado por el planificador y el diseñador debería describir exactamente las labores a realizar y los equipos a instalar durante la construcción de un proyecto; sin embargo se presentan variaciones en campo al momento de realizar la construcción de un diseño.

Por medio de implementación del SIG y las tecnologías móviles se puede mejorar el proceso ya que el Jefe de Grupo puede enviar la información de las variaciones encontradas en campo y de esta manera el diseñador puede considerar las nuevas opciones para la construcción.

Al ejecutar esta coordinación se crea paralelamente el debido reporte de cómo queda construido en realidad el proyecto y con lo cual se ahorra tiempo importante.

- **Documentación en línea**

El trabajo coordinado del Jefe de grupo y el diseñador permite crear la información de cómo se construye el diseño y crea su respectivo archivo, además permite ahorrar tiempo al no tener que crear planos en otras plataformas o ingresando notas de campo por otros medios.

DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

- **Mejoramiento de sistemas y reducción de costos**

El sistema de distribución eléctrica es un sistema ubicuo por lo que el SIG es una herramienta indispensable.

El SIG es la herramienta ideal para el modelamiento de un sistema de distribución postes, torres, circuitos de distribución y su establecimiento respecto a vías, autopistas, aeropuertos, etc., así también sirve como herramienta de proyección pues nos permite identificar y planificar la ubicación de una nueva subestación y considerar las restricciones de uso de suelo o propietarios que puedan presentarse para su implantación.

El cliente o usuario es la razón de ser de la empresa de servicio eléctrico, por lo que la identificación de su conexión con la red de la empresa de servicios es fundamental

a fin de identificar los activos que requieren mantenimiento o cambio ya sea por su condición operacional o debido a que se encuentran al límite de su capacidad.

La modelación de alimentadores se puede considerar sencilla pues consta de postes y sus respectivas estructuras; sin embargo son estos los que se encuentran propensos a danos como son choques, caída de árboles, etc., por lo cual el manejo de atención ante estas contingencias se pueden modelar con SIG a fin de identificar el proceso de restauración más óptimo con el fin de reducir los tiempos de interrupción al usuario.

El proceso de manejo de limpieza de vegetación de las redes eléctricas, se puede considerar como un elemento importante pues hay que considerar las variables respecto a la ubicación de los diferentes terrenos y el tipo de vegetación que crece en ellas y crear un adecuado manejo para ser consistente con el proceso de garantizar un servicio confiable pero respetando las consideraciones ambientales sobre las que se encuentra instalado los equipos y activos de la empresa de servicio eléctrico. Es así que el SIG es la herramienta para articular la información respecto a la red eléctrica y los tipos de vegetación del terreno, desde lo cual se puede elaborar un plan de poda en base al tipo de vegetación y tiempo de crecimiento de las diferentes especies vegetales.

2.4. Tema 3 Modelación de la Distribución Eléctrica con SIG

(Modeling Electric Distribution with GIS) (Meehan, 2013)

El título “Modeling Electric Distribution with GIS”, corresponde al autor Bill Meehan del editorial ESRI Press, publicado en New York 2013, en referencia al autor Bill

Mehan es el director de soluciones para empresas de servicios en la compañía Environmental Systems Research Institute (ESRI), se desempeña como consultor experto para temas de asesoramiento para implantación de sistemas de información geográfico (SIG) en empresas de gas, agua, electricidad, etc., a continuación se presenta el resumen de su obra

- **Capacidades del SIG para la Distribución Eléctrica**

El uso del SIG permite realizar ciertas capacidades adicionales para el manejo y administración del sistema de distribución, de los cuales se destacan:

1. Manejo de datos. Este involucra el manejo de activos como lo son: re conectadores, postes, ductos, vehículos, medidores inteligentes, etc., en los cuales se tiene como denominador común su ubicación y para lo cual el SIG nos sirve como administrador de la información referida de estas múltiples fuentes, generando una base de datos única y accesible en los casos que se requieran.
2. Análisis. Cuando se requiere direccionar un problema o es necesario trazar un patrón para una trayectoria y solucionar un problema respecto a las redes de distribución, es ahí cuando SIG cumple su función de análisis basado en la relación de los activos de las redes de distribución y su entorno geográfico.
3. Movilidad. El SIG es la herramienta que permite la coordinación de la información obtenida en campo y la información que reposa en la empresa de servicio eléctrico.

4. Conocimiento. Los requerimientos de visualización e información de los activos de la empresa y los componentes que la forman se encuentran disponibles de forma instantánea.

- **Análisis Espacial**

El análisis espacial es el hilo conductor desde la formación del problema hasta su resolución.

El desarrollo de análisis espacial involucra el proceso de formación de una pregunta, entendimiento de los datos, elección de un método de análisis y una vez establecido el procesamiento de los datos y finalmente el manejo de los resultados obtenidos. Para el análisis espacial se pueden establecer métodos como por ejemplo la auto correlación.

- Auto Correlación espacial. Es un método de análisis espacial basado en que las entidades que se encuentran más cerca entre si son más iguales que las entidades que se encuentran separadas. Un caso de aplicación podría ser el consumo de energía por sectores.

- **Modelamiento del sistema de distribución**

Existen varias consideraciones al respecto del modelamiento de un sistema de distribución de energía eléctrica; sin embargo si consideramos una separación en función del nivel de tensión que se maneja podemos tener lo siguiente:

- Sistema de Generación. Comprende las unidades de conversión de energía desde sus fuentes primarias como lo son las hidráulicas, térmicas, eólicas, gas, etc.
- Sistema de Transmisión. Comprende el proceso de transporte de energía desde las unidades de conversión hasta las ciudades donde se requiere este servicio. En el caso del Ecuador existe un anillo de interconexión para la transmisión de energía eléctrica a 230 KV.
- Subestaciones. Son los puntos de conversión de energía eléctrica a través de transformadores de potencia con el fin de reducir su valor nominal. En el caso de la CENTROSUR se encuentra la subestación Cuenca la cual reduce la tensión desde 230 KV a 69KV.
- Sistema de Sub transmisión. Constituye el proceso de transmisión local dentro un área poblado con el fin de garantizar su adecuada distribución dentro de su zona de concesión. La CENTROSUR posee un anillo de interconexión a 69 KV para servir a 23 subestaciones.
- Subestaciones de distribución. Son los puntos donde se encuentran los transformadores que reducen el nivel de tensión para el proceso de distribución hacia el cliente. En el caso de la CENTROSUR se reducen los niveles desde 69KV a 22KV.
- Alimentadores. Constituyen las redes para el proceso de distribución hacia los clientes en los diferentes sectores y áreas de la zona de servicio.
- Transformador de Distribución. Constituyen los elementos que se encuentran distribuidos a lo largo de los alimentadores y cuya función es la reducir el nivel

de tensión para la conexión final hacia los usuarios. En la CENTROSUR la reducción de tensión es desde 22KV hacia 220V.

- Red de baja Tensión. Constituyen las redes que son alimentadas desde los transformadores hasta los postes que coloca la empresa de servicio para la conexión del cliente.
- Acometidas. Constituye la conexión final hacia el cliente en donde como punto final se encuentra el equipo de medición, desde el cual el cliente hace uso de la energía.

El proceso de modelamiento implica hacer uso de las entidades como son punto, línea o polígono para la representación de cada uno de los elementos que constituyen el sistema de distribución eléctrica.

• **Alineación: Mapas Base y Datos**

El mapa base o plano base es el componente fundamental del SIG para el Sistema de Distribución Eléctrica, pues provee el trazado e información de construcciones, estructuras y sus cliente, calles, etc.

La información de un plano base no se encuentra normalmente de manera libre por lo cual son necesarios convenios de cooperación los cuales deben afianzar esfuerzos hacia una solución como lo son el uso de Nubes de Información para uso compartido de datos, planos, etc.

Dentro de convenio de uso de datos se debe considerar la actualización de información pues es tan relevante para el usuario principal como para el agente con

cual se comparte a fin de mantener de última mano las modificaciones o actualizaciones de los mapas.

Existen varios datos de tipo no eléctrico con los cuales una compañía de servicio eléctrico debería contar:

- Información de mapa base. Esta es administrada y controlada por los las municipalidades locales. Existen ciertos aspectos de alta relevancia en estas fuentes: como son las direcciones y su codificación, parcelaciones y su numeración, Limites políticos.
- Empresas de Servicio. Esta información puede ser de empresas de servicio de agua potable, telecomunicaciones, alcantarillado, etc. Estos datos son administrados por empresa u organizaciones externas a la empresa de servicio eléctrico.
- Datos no eléctricos. Esta información es administrada y controlada por la misma empresa de servicio eléctrico sin embargo no está relacionada con temas eléctricos, así por ejemplo tenemos: derechos de vía, vegetación, fuentes peligrosas como bodegas de desperdicios que maneje la empresa de servicio, etc.
- Datos Externos. La información como imágenes satelitales, modelos de elevación, fotos, archivos CAD, etc. Estos datos son de gran utilidad ante atención de emergencias como son inundaciones, incendios, etc.

La consideración respecto a estos grupos es que todos deben usar el mismo sistema de coordenadas, con el fin de ser congruentes al momento de usar las diversas fuentes.

El principal beneficio al realizar la unión de datos es el enriquecimiento de conocimiento con que se cuenta al momento de realizar la sobre posición del sistema eléctrico de distribución.

La falta de información puede provocar consideraciones falsas o consideraciones erradas de la realidad dentro de la zona de investigación.

2.5. Tema 4 SIG para la Distribución Eléctrica (GIS for Electric Distribution) (ESRI)

- **Manejo de Datos**

Las empresas de servicio eléctrico pueden usar SIG como la herramienta para la administración e identificación sobre los mapas de los circuitos aéreos y subterráneos, permitiendo la conexión con la información de los clientes, monitoreo de órdenes de trabajo, administración de vegetación, y la acción ante salidas del sistema.

- **Planificación y Análisis**

La identificación de las vulnerabilidades que provocan las salidas del sistema eléctrico puede ser valorada a través de las herramientas de análisis espacial, lo cual

ayuda en la determinación de la ubicación de la nueva infraestructura necesaria para el sistema eléctrico.

- **Automatización y Conocimiento**

SIG permite la coordinación adecuada de despacho de los grupos así como la administración de los equipos remotos de actuación y medición.

El conocimiento de las zonas donde existen salidas del sistema puede ser observado en GIS y esto provocara el ordenamiento de esfuerzos para remediación así como la debida justificación respecto a la descarga de recursos económicos.

Al momento las regulaciones que se establecen en el Ecuador, respecto a la calidad de servicio promueven una atención óptima y oportuna por lo cual es indispensable la correcta dirección de los recursos económicos para su reducción o mitigación.

3. Metodología

Existen 3 criterios para seleccionar el método de investigación para un estudio (Creswell, 2002), estos son:

1. El problema de investigación.
2. La experiencia personal del investigador.
3. La audiencia.

Al considerar estos criterios para el presente estudio podemos iniciar con las siguientes consideraciones:

- La presente investigación se refiere a la determinación de la demanda de energía eléctrica y su localización espacial (geográfica) y determinar la factibilidad de tener un modelo único de proyección en el Ecuador.
- El investigador funge en calidad de Administrador de la empresa de distribución eléctrica, una compañía de servicios de electricidad desde el año 2008. Dada las labores a cumplir se pone de manifiesto la participación de diferentes procesos tanto tecnológicos como administrativos.
- La audiencia está enfocada a profesionales de ingeniería y profesionales de Estadística.

Con el fin de direccionar adecuadamente el método de investigación es necesario considerar la pregunta de investigación sobre la cual se busca orientar el resultado del estudio. En base a esto se cita la pregunta de investigación a fin realizar la selección y justificación respectiva.

¿Cómo los sistemas de información geográfica (SIG), pueden ayudar a generar un modelo de proyección de demanda espacial de las Empresas de Distribución Eléctrica en el Ecuador y hasta qué punto es posible su aplicación como un modelo único?

Dado que la pregunta de investigación enmarca los temas del Sistema de Información Geográfica y Proyección de Demanda, el método de investigación a ser utilizado es el método Cuantitativo.

3.1. Flujo de la Investigación

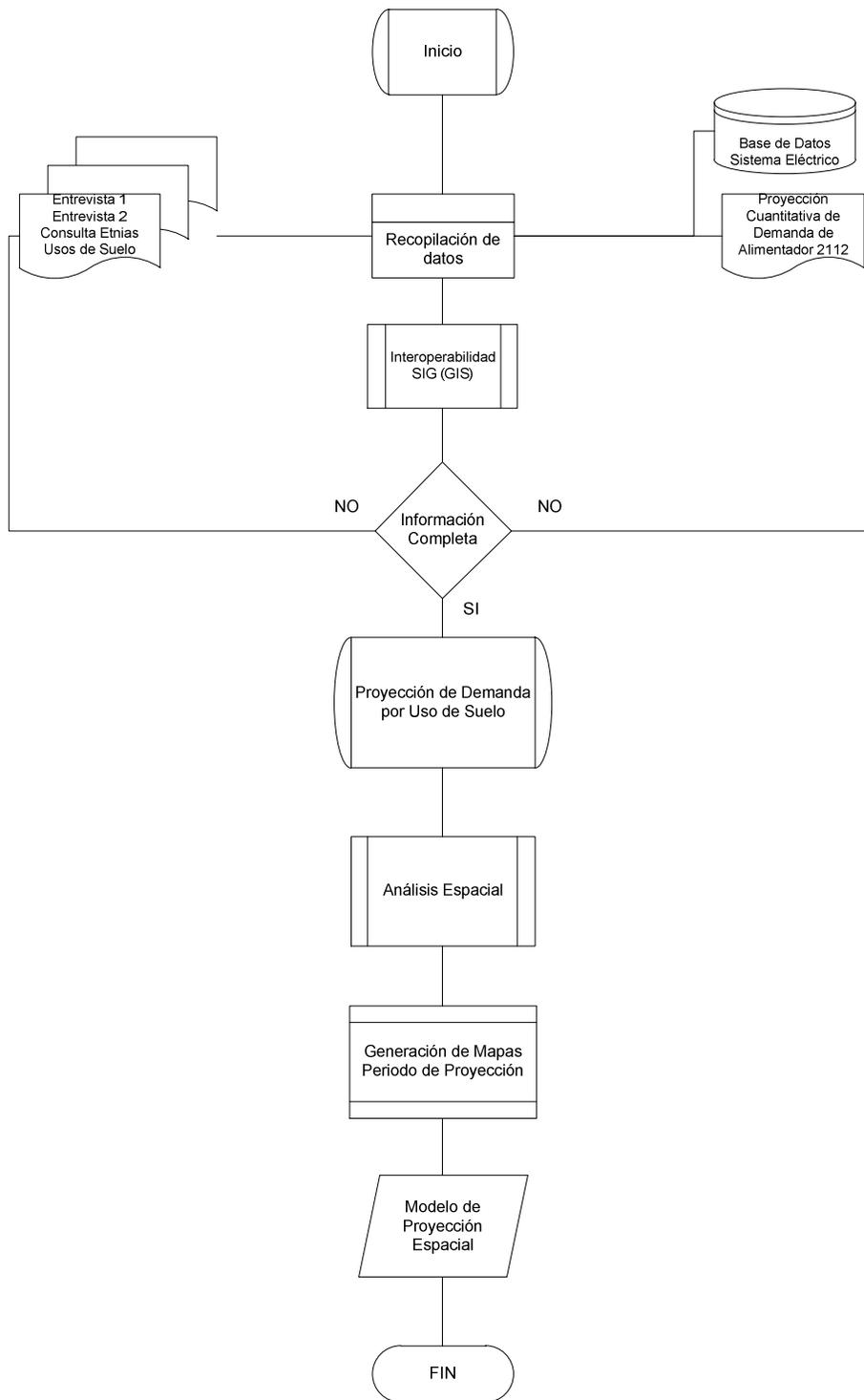


Figura 6 Flujo de Proceso de Investigación

3.2. Tabla de Asociación

Tabla 2 Asociación de Objetivos y Criterios de Investigación

Objetivos Específicos	Criterio de Investigación
Generación de un modelo de proyección espacial. Relación de SIG y los Sistemas Eléctricos de Potencia.	Investigación Cuantitativa, en calidad de resultado numérico del proceso de investigación. Criterio Cuantitativo dentro del proceso de análisis espacial.
Evaluación de ventajas y desventajas.	Evaluación Cuantitativa dentro del proceso de proyección de demanda por uso de suelo y evaluación numérica de resultado.
Modelo Generalizado para el Ecuador.	Investigación Cuantitativa, evaluado mediante tasas y mediciones de energía.

3.3. Justificación de la metodología seleccionada

Para responder a la pregunta de investigación se requiere de un proceso exploratorio (Borrego, Douglas, & Amelink, 2009) en el cual se inicia con la fase cuantitativa referente a clasificación de los usuarios, el uso de energía y determinación de zonas de crecimiento.

Una vez obtenida esta información se plantea el análisis cuantitativo a fin de determinar el crecimiento de demanda e identificar su ubicación, en esta fase se considera un análisis de muestra (caso de aplicación) del alimentador 2112 que provee de energía al cantón Sucúa en Morona Santiago.

Dado que el objetivo es determinar un instrumento (modelo) estandarizado en base a una muestra, para lo cual es necesaria la consideración de datos cuantitativos (cantidad de usuarios, tasas de crecimiento, demanda de energía, el método de investigación Cuantitativo es el que mejor se adapta a fin de responder la pregunta de investigación.

3.4. Herramientas de investigación utilizadas

Con el fin de poder analizar la estabilización de un modelo de proyección de demanda se realizará:

- **Consultas.** Con el fin de obtener la información referente a estadísticas de población y etnias en la zona de estudio.
- **Adquisición de Ordenanzas.** Con el fin de determinar las zonas de crecimiento en el cantón se obtendrá los criterios generales proporcionados por los reglamentos y ordenanzas quienes pueden identificar el desarrollo local previsto.
- **Generación.** Caso de estudio para la proyección de demanda de energía mediante el método de simulación de uso de suelo y la utilización del sistema de información geográfico.

3.5. Descripción de participantes para el caso de estudio

3.5.1. Número de Participantes

A continuación se enumera la cantidad de elementos y participantes para el estudio.

Tabla 3 Número de Participantes de la Investigación

Cantidad	Participante o Elemento	Descripción
1	Alimentador	Para el caso de estudio se tomara el alimentador 2112.
1	Gobierno Municipal del cantón Sucúa (GAD Sucúa)	Por intermedio de los reglamentos y ordenanzas desarrolladas se identifica las zonas de crecimiento.
1	Instituto Nacional de estadísticas y censos	Entidad que provee datos estadísticos mediante consultas web
1	Empresa eléctrica regional centro sur C.A.	Empresa de distribución de energía eléctrica en base a la cual se realizara el caso de estudio dentro de su área de concesión.

3.5.2. Fuentes y recolección de datos

Las instituciones a participar son:

Tabla 4 Fuentes de la Investigación

Institución	Información a obtener	Medio para obtener información
Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.	Datos de alimentador 2112, extensión, número de clientes, tipo de clientes, etc.	Base de datos del Sistema de Información Geográfica.
Gobierno Municipal del cantón Sucúa	Usos de suelo, corredores de crecimiento,	Reglamentos, Ordenanzas y Consultas
Instituto Nacional de Estadísticas y Censos	Crecimiento poblacional, Conformación étnica en el cantón Sucúa.	Consultas web

4. Análisis Preliminar

En base a la delimitación de la metodología a utilizar, se inicia el análisis del caso de estudio con sus respectivos procesos y particularidades.

4.1. Delimitación de zona para caso de estudio

Para el caso de estudio se ha seleccionado el alimentador 2112, el cual provee de energía a las parroquias de Santa Marianita, Asunción y Sucúa, pertenecientes al cantón Sucúa de provincia de Morona Santiago, esta tiene como punto de partida a la subestación 21 en la parroquia de Rio Blanco del cantón Morona.

Dada la amplitud de este alimentador al cubrir las zonas Urbanas y Rurales de las áreas que se encuentran en proceso de crecimiento, permite reflejar un análisis de potencial incremento y descarta una posible saturación de zonas.

4.2. Recopilación de Datos

A continuación se enuncia las diferentes fuentes de información y sus correspondientes aportes con sus principales características.

- Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. (CENTROSUR)

La CENTROSUR en calidad de distribuidor de energía cuenta con el sistema de información geográfico (SIG), el cual puede ser consultado desde el portal web de la empresa, a través de su departamento (SIGADE), se pudo obtener la base de datos del sistema SIG referente a los diferentes componentes del alimentador 2112.

Tabla 5 Descripción y Características de fuentes CENTROSUR

Descripción	Características
Base de datos del alimentador eléctrico 2112	Geodatabase con elementos como postes, redes, transformadores Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 17S
Clasificación de clientes	Información contenida dentro de los atributos de puntos de carga (clientes), Geodatabase

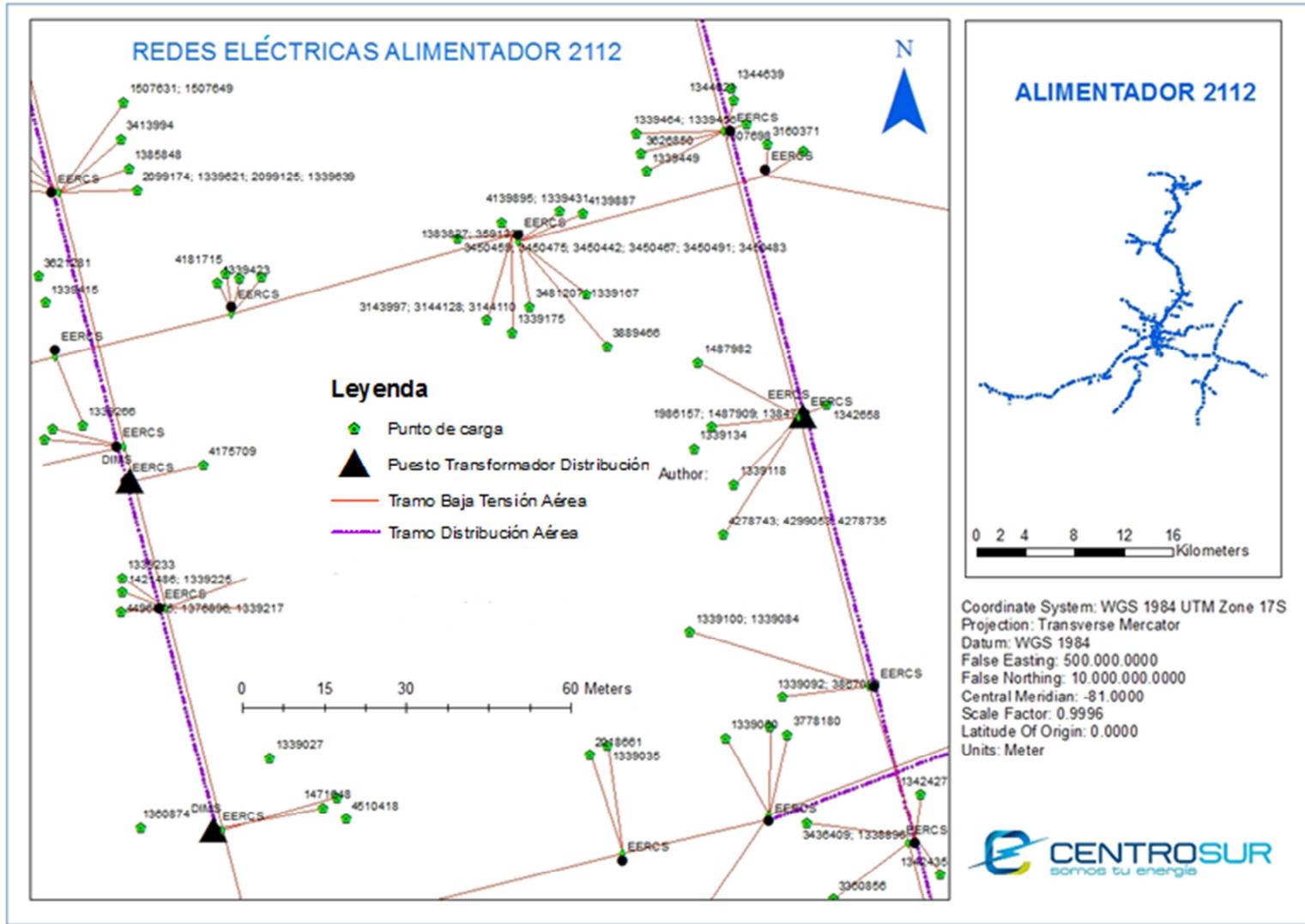


Figura 7 Modelo de distribución de redes eléctricas. Fuente: CENTROSUR, 2013.

En lo referente a la clasificación de los tipos de usuarios para el análisis, se procede a realizarla clasificación en base a los atributos de los puntos de carga (clientes), que se encuentra dentro de la geodatabase proporcionada por CENTROSUR.

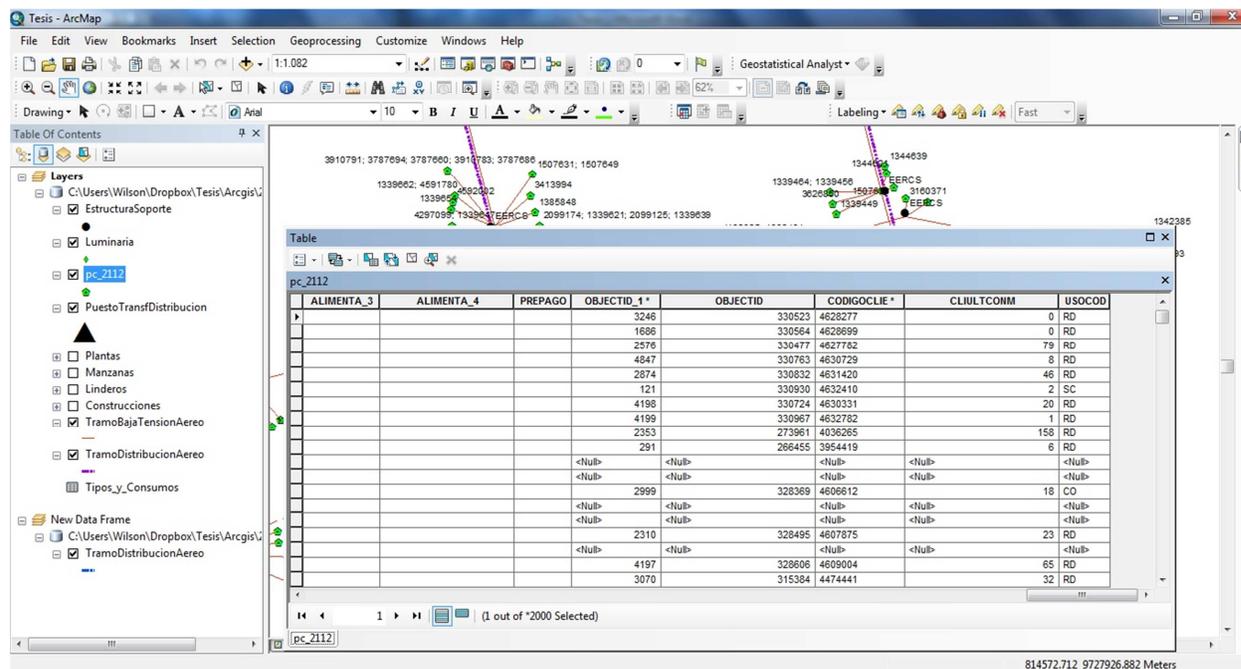


Figura 8 Visualización de tabla de atributos de clientes

Para el proceso de clasificación es necesario conocer la codificación, clave y categoría que tiene la CENTROSUR para el proceso de comercialización con sus clientes:

Tabla 6 Tabla de Clasificación Tarifaria y Codificación

TARIFAS PARA CLIENTES			
CLAVE	NIVEL DE TENSIÓN	DE CATEGORÍA	CENTRO SUR
AB	Baja	General	ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO. BAJA TENSIÓN CON DEMANDA
AD	Media	General	ASISTENCIA SOCIAL MEDIA TENSIÓN
AH	Media	General	ASISTENCIA SOCIAL CON DEMANDA HORARIA

AP	Baja	A. Público	ALUMBRADO PUBLICO
AS	Baja	General	ASISTENCIA SOCIAL
AU	Baja	General	AUTO CONSUMO
BA	Media	General	BOMBEO DE AGUA
BD	Media	General	BENEFICIO PÚBLICO MEDIA TENSIÓN
BH	Media	General	BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA
BP	Baja	General	BENEFICIO PÚBLICO
CB	Baja	General	COMERCIAL BAJA TENSIÓN CON DEMANDA
CD	Media	General	COMERCIAL MEDIA TENSIÓN
CH	Media	General	COMERCIAL CON DEMANDA HORARIA
CK	Media	General	CULTO RELIGIOSO MEDIA TENSIÓN
CO	Baja	General	COMERCIAL
CR	Baja	General	CULTO RELIGIOSO
DC	Baja	General	SERVICIO EVENTUAL COMERCIAL CON DEMANDA
DH	Media	General	AUTOCONSUMO HORARIO
DI	Baja	General	SERVICIO EVENTUAL INDUSTRIAL CON DEMANDA
EC	Baja	General	SERVICIO EVENTUAL COMERCIAL SIN DEMANDA
ED	Media	General	ESCENARIO DEPORTIVO MEDIA TENSIÓN
EH	Media	General	ESCENARIO DEPORTIVO CON DEMANDA HORARIA
EI	Baja	General	SERVICIO EVENTUAL INDUSTRIAL SIN DEMANDA
ES	Baja	General	ESCENARIO DEPORTIVO
HH	Baja	General	INDUSTRIAL CON MEDICIÓN HORARIA
IA	Baja	General	INDUSTRIAL ARTESANAL
IB	Baja	General	INDUSTRIAL BAJA TENSIÓN CON DEMANDA
ID	Media	General	INDUSTRIAL MEDIA TENSIÓN
IH	Media	General	INDUSTRIAL CON MEDICIÓN HORARIA
LD	Media	General	LOCALES DEPORTIVOS CON DEMANDA
LX	Baja	General	LOCAL DEPORTIVO SIN DEMANDA
MB	Baja	General	ENTIDADES OFICIALES BAJA TENSIÓN CON DEMANDA
MD	Media	General	ENTIDADES MUNICIPALES MEDIA TENSIÓN
MH	Media	General	ENTIDADES MUNICIPALES CON DEMANDA HORARIA
MU	Baja	General	ENTIDADES MUNICIPALES
OD	Media	General	ENTIDADES OFICIALES MEDIA TENSIÓN
OF	Baja	General	ENTIDADES OFICIALES
OH	Media	General	ENTIDADES OFICIALES CON DEMANDA HORARIA

RD	Baja	Residencial	RESIDENCIAL O DOMESTICO
RE	Baja	Residencial	TARIFA DE REBAJA PARA JUBILADOS DE LA EMPRESA
RT	Baja	Residencial	RESIDENCIAL O DOMESTICO TEMPORAL
TA	Baja	General	ASISTENCIA SOCIAL ANCIANOS
TE	Baja	Residencial	RESIDENCIAL TERCERA EDAD
UH	Media	General	CULTO RELIGIOSO CON DEMANDA HORARIA
VC	Baja	General	RENOVACIÓN EVENTUAL COMERCIAL SIN DEMANDA
VI	Baja	General	RENOVACIÓN EVENTUAL INDUSTRIAL SIN DEMANDA
WC	Baja	General	RENOVACIÓN EVENTUAL COMERCIAL CON DEMANDA
WH	Media	General	BOMBEO DE AGUA CON DEMANDA HORARIA
WI	Baja	General	RENOVACIÓN EVENTUAL INDUSTRIAL CON DEMANDA

Con lo cual se determina el siguiente cuadro de identificación de tipo de usuario y cantidad que existe en el alimentador 2112, en el cual no se ha considerado su nivel de tensión, puesto que esta variable identifica el tipo de conexión más no el uso final de la energía.

Tabla 7 Clasificación y Cuantificación de usuarios del alimentador 2112

CANTIDAD	TIPO
3537	RESIDENCIAL
8	ASISTENCIA SOCIAL
1	AUTO CONSUMO
1	BOMBEO DE AGUA
38	BENEFICIO PÚBLICO
197	COMERCIAL
21	CULTO RELIGIOSO
67	INDUSTRIAL
24	ENTIDADES OFICIALES
530	NULOS
4424	TOTAL

- Gobierno Municipal del Cantón Sucúa.

En calidad de ente regulador del uso de suelo en el cantón Sucúa, la Municipalidad establece las ordenanzas relativas a uso de suelo, así como el catastro de las actuales divisiones parcelarias existentes en el cantón.

Tabla 8 Descripción y Características de fuente Municipio de Sucúa

Descripción	Características
Ordenanza de Uso de Suelo	Ordenanza de Uso de Suelo, inscrito en el Registro Oficial N 303 del 20 de junio del 2012, contiene planos impresos y delimitación de áreas mínimas de división y zonas especiales.
Plano Catastral del cantón Sucúa	Archivo en formato AutoCAD contiene layers de manzanas, linderos, claves. Sistema de Coordenadas PSAD56 UTM Zone 17S

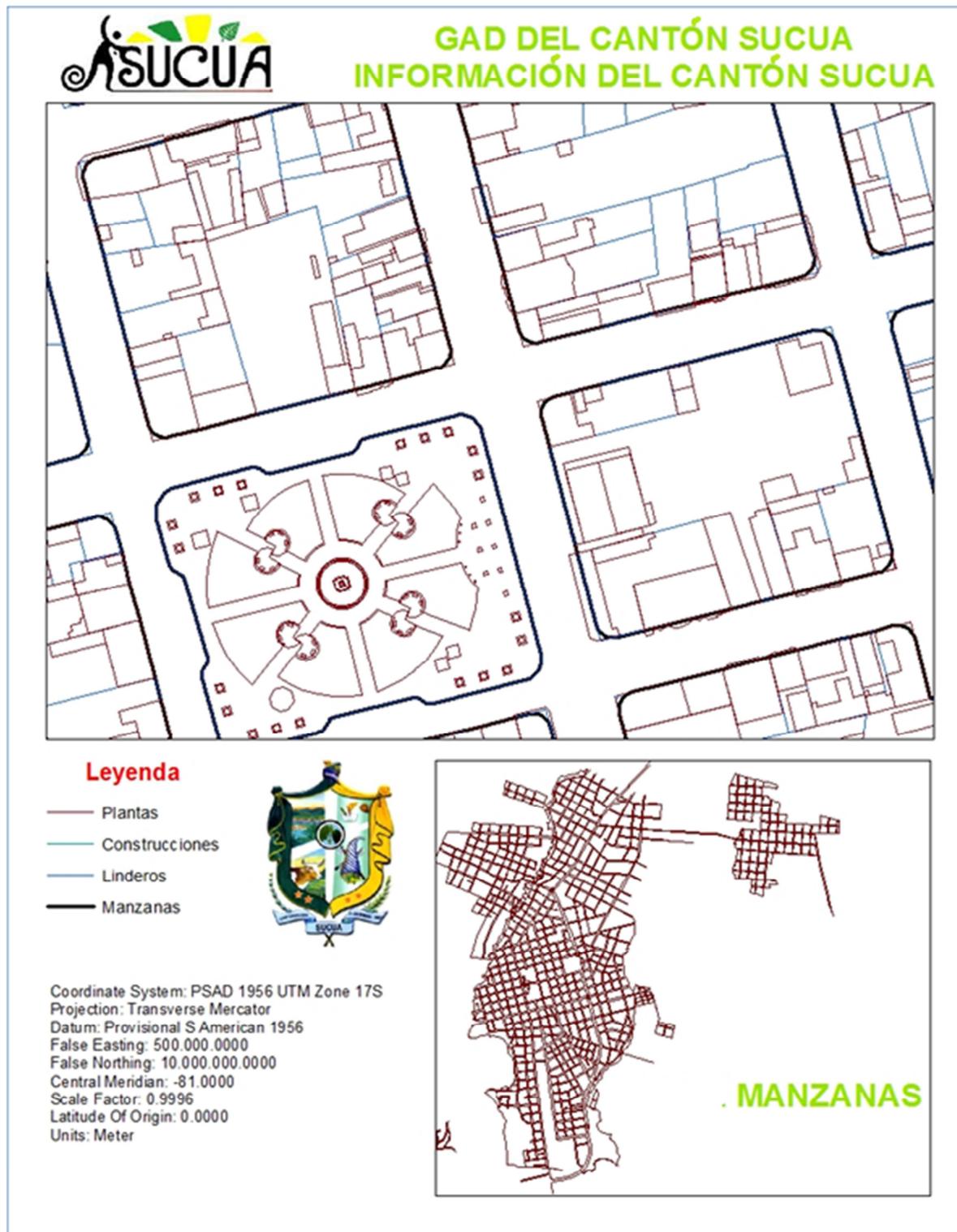


Figura 9 Información catastral y de planificación de la ciudad de Sucúa. Municipio de Sucúa

2013.

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

En calidad de ente encargado del proceso estadístico en el Ecuador, el INEC proporciona datos referentes a consultas particulares como por ejemplo:

- Procedencia de Energía Eléctrica según el tipo de viviendas en el cantón Sucúa.
- Procedencia de Energía Eléctrica según tipo de vivienda en el año 2001.

Las particularidades de la consulta se pueden lograr gracias a las consultas web a través de la página en internet.

The screenshot displays the 'SISTEMA DE TICKETS INEC' interface. At the top left is the INEC logo. The navigation bar includes 'Inicio', 'Ticket Nuevo', 'Mis Tickets', and 'Salir'. The main content area shows 'Ticket #6975' with user details: Cédula: 0103752556, Provincia: Morona Santiago, Nombre: Luis Panjon, and Email: lpanjon@centrosur.com.ec. Below this is the 'Historial del Ticket' section, which contains the following text: 'Se requiere la tasa de crecimiento del canton Sucua y los datos de viviendas con servicio electrico del canton de acuerdo a los dos ultimos censos'. A highlighted orange box indicates the 'Tema Solicitado: Tasa de Crecimiento y Viviendas con servicio eléctrico'. The message continues with a greeting from INEC, a reference to a link for more information, a clarifying note about official data, and a closing statement. At the bottom, there is a download link for 'Ticket_ID_6975_Luz_Electrica_Cant_Sucua.xlsx (24.6 kb)' and a 'Ticket cerrado' status bar.

Figura 10 Proceso de consulta Web INEC.

4.3. Interoperabilidad

Como se ha indicado los archivos que se pueden obtener de las diversas fuentes, no necesariamente se encuentran en un formato exclusivo aún mas no conservan un mismo sistema de coordenadas, ante eso se hace necesario el uso de un módulo de interoperabilidad el cual nos permite el proceso de lectura y procesamiento de los diferentes archivos con sus diferentes formatos.

Este módulo debe tener las siguientes capacidades:

- Posibilidad de lectura de diferentes formatos.
- Traslado de datos con herramientas de conversión.
- Transformación de datos.

Interoperabilidad para caso de Estudio

A través de esta herramienta se realiza la lectura de los archivos en formato .dwg de AutoCad proporcionados por el Gobierno Municipal del Cantón Sucúa, en el cual podemos establecer el sistema de coordenadas indicado por esta entidad.

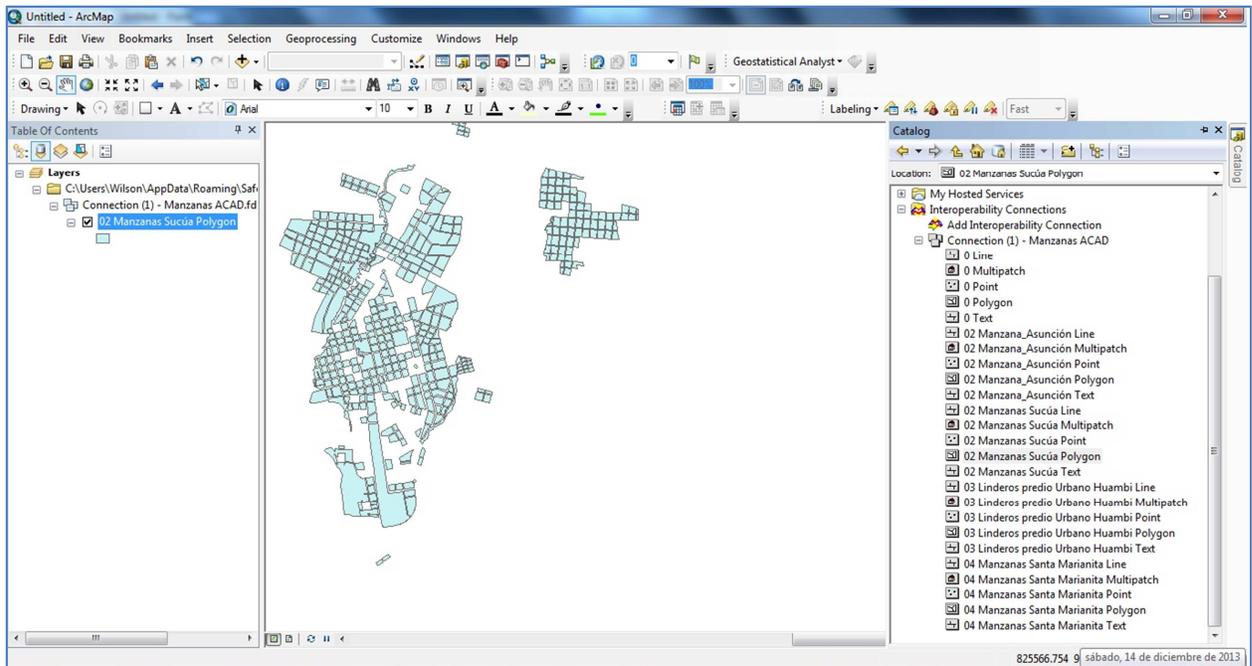


Figura 11 Archivo AutoCad leído mediante módulo de interoperabilidad

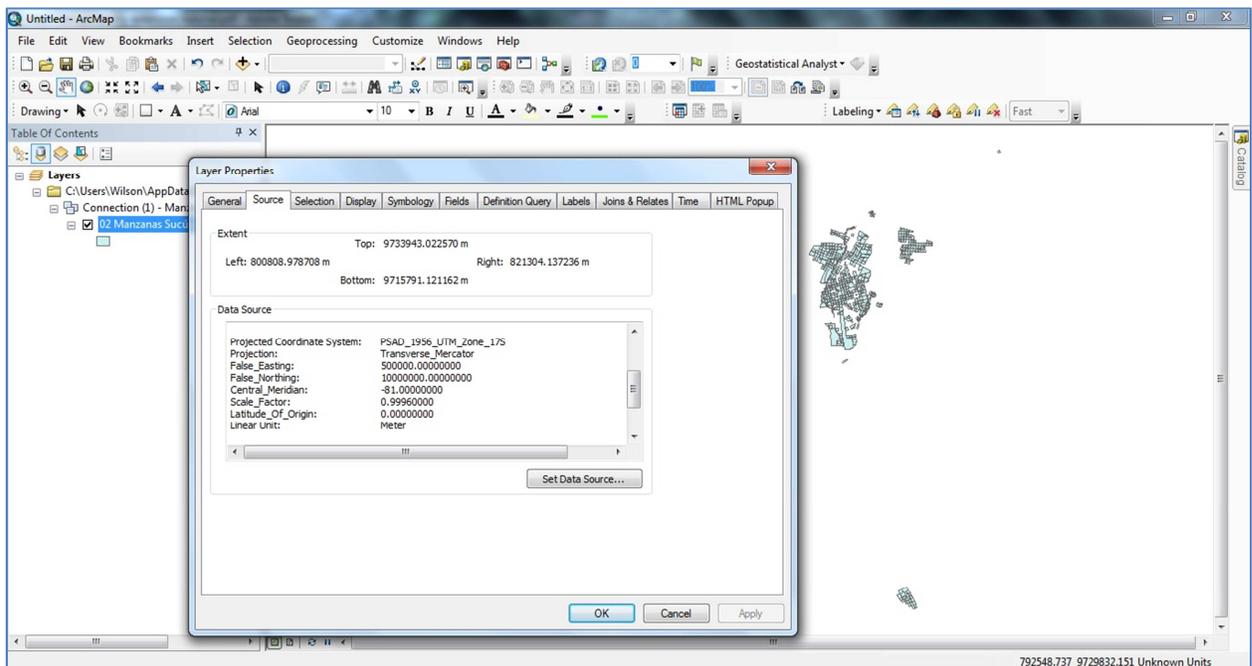


Figura 12 Dedición de sistema de coordenadas de archivo AutoCad.

Se debe considerar que la Herramienta de Interoperabilidad nos permite la lectura de archivos que contienen diferentes formatos y en especial diferentes sistemas de coordenadas. Es en este momento que es útil el proceso de conversión para establecer un sistema único de coordenadas que se manejaran en el proyecto.

Definición de sistema de coordenadas para caso de Estudio

Con el fin de hacer uso de la información que se dispone de mejor manera en el caso de estudio, esto es, la información del sistema eléctrico del alimentador 2112, se usara su sistema de coordenadas como referencial para el proceso de conversión de formatos y coordenadas de las otras fuentes de datos.

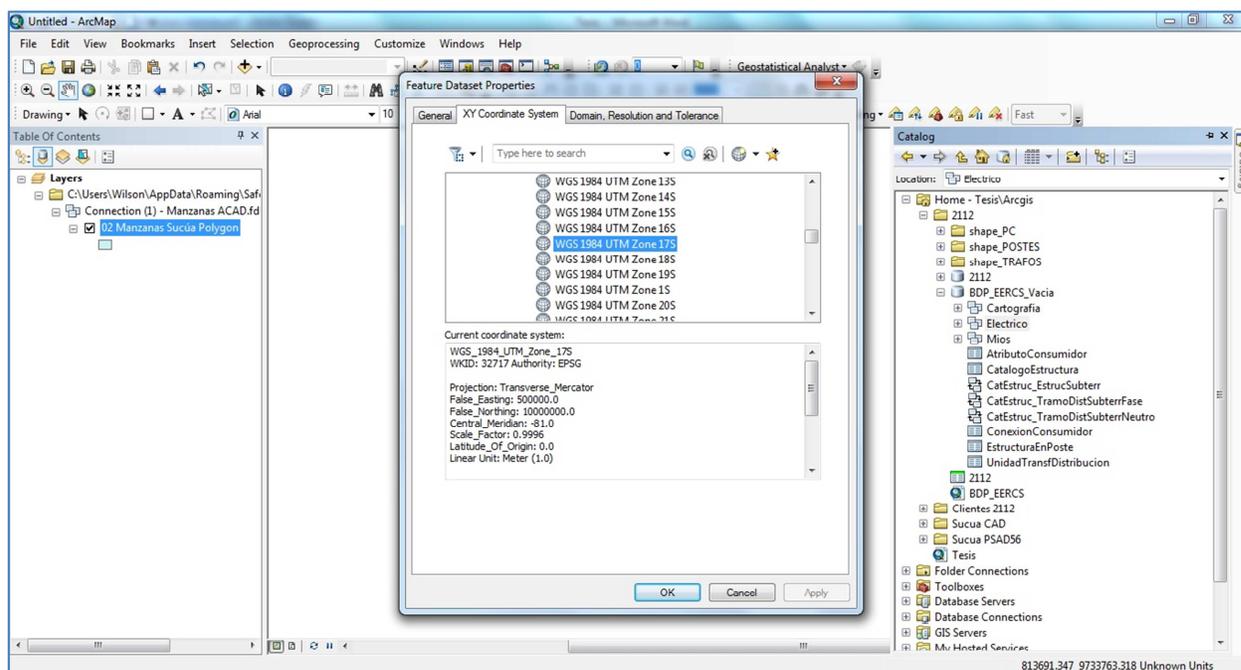


Figura 13 Sistema de Coordenadas del sistema eléctrico del alimentador 2112

Así entonces el sistema de coordenadas a usar será el Sistema Proyectado UTM WGS 1984 Zona 17S.

Lectura de Archivos (CAD) y conversión de sistema de coordenadas

En los párrafos anteriores se denoto el proceso de lectura de los archivos de las diversas fuentes, una vez definido el sistema de coordenadas a utilizar, es necesario ejecutar el proceso de conversión para que esta información se encuentre en los formatos adecuados de trabajo y en el sistema de coordenadas que se ha establecido.

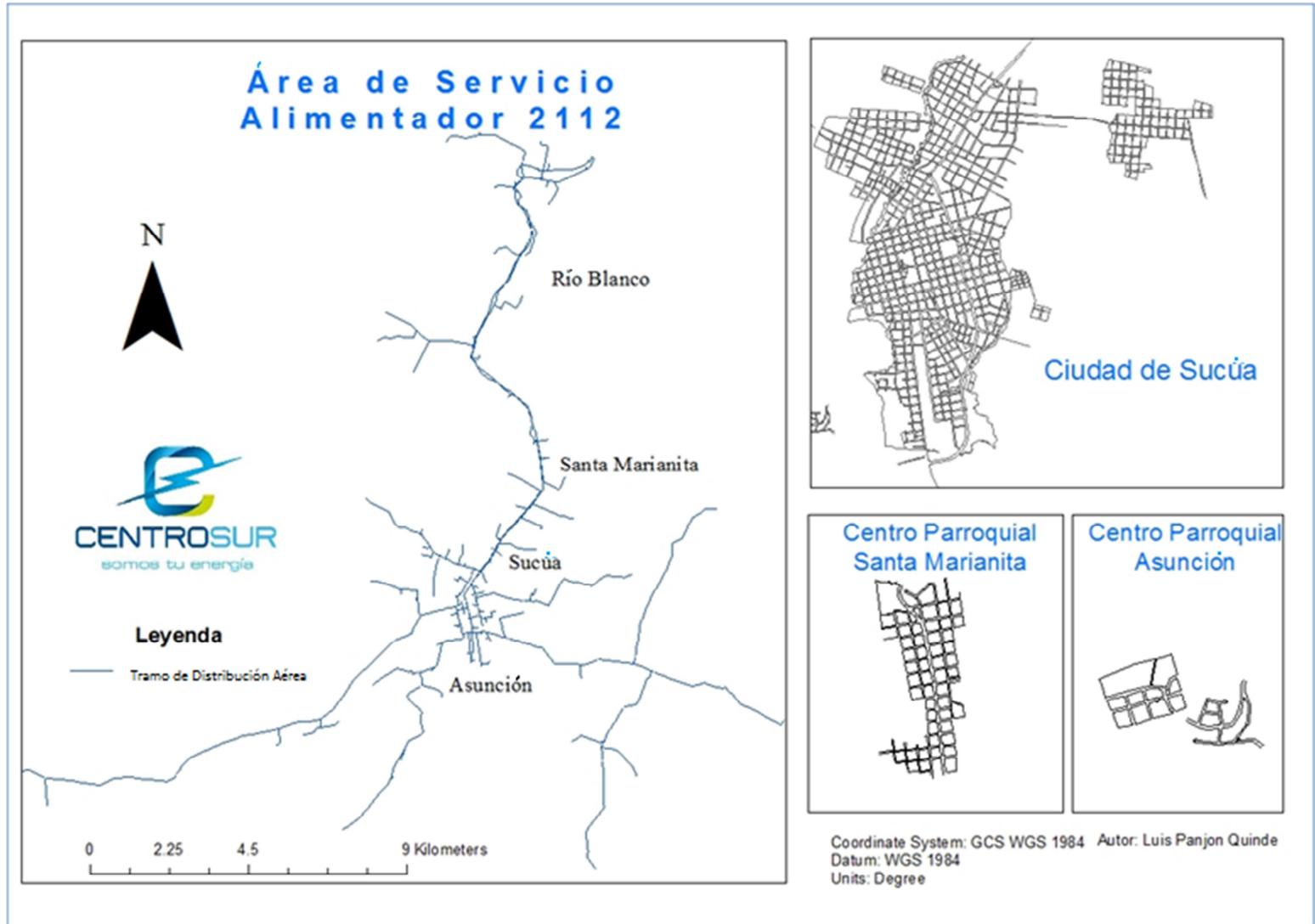
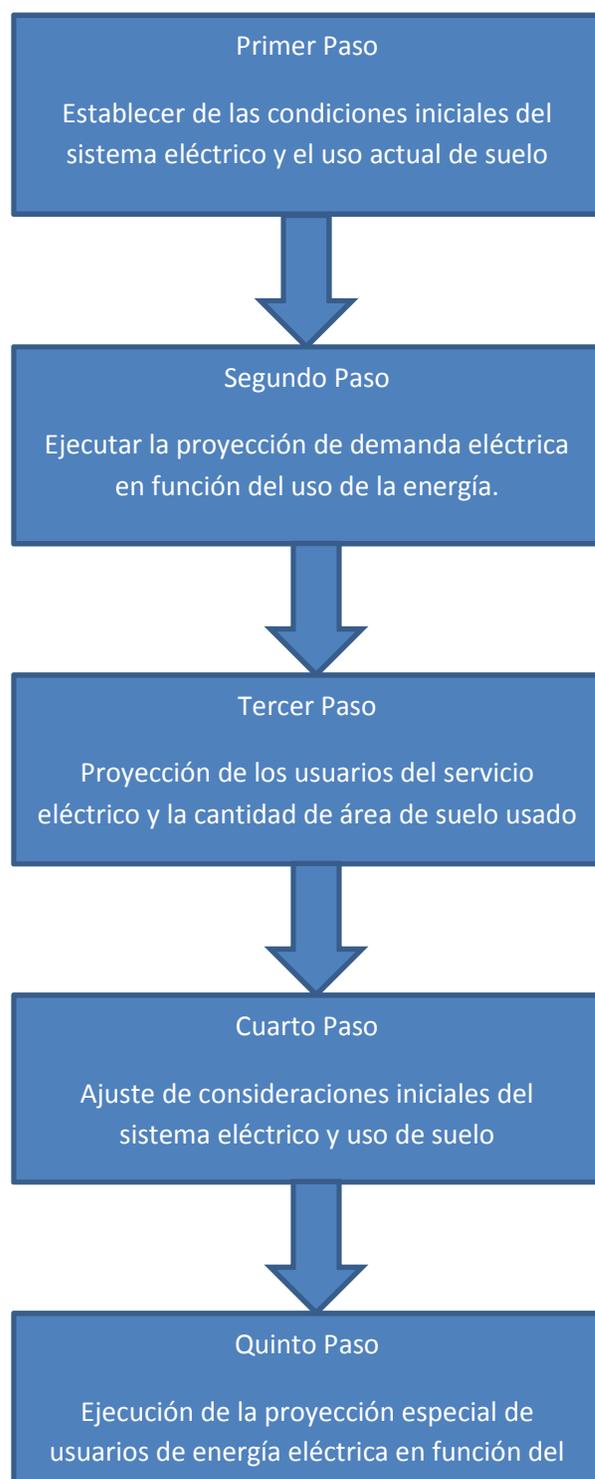


Figura 14 Información combinada CENTROSUR Y GAD Sucúa

4.4. Diagrama de Proceso de Proyección

A continuación se presenta un diagrama de proceso de proyección a través de pasos o etapas y los resultados que se aspiran obtener en cada uno de ellos.



4.5. Primer Paso: Mapa de Uso de Suelo para el año base

Con el fin de establecer la ubicación actual de los usuarios servidos a través del alimentador 2112 se requiere dividir el área geográfica de la zona de estudio, en pequeñas celdas con sus usos de suelo.

Con este fin se utilizó la información catastral proporcionada por el GAD de Sucúa, así entonces empezamos definiendo una red para el área de estudio, es aquí donde las herramientas del sistema de información geográfica nos proporcionan las facilidades correspondientes, en este caso el uso de *fishnet* la cual nos permite establecer las características de la red, numero de celdas, tamaño y extensión.

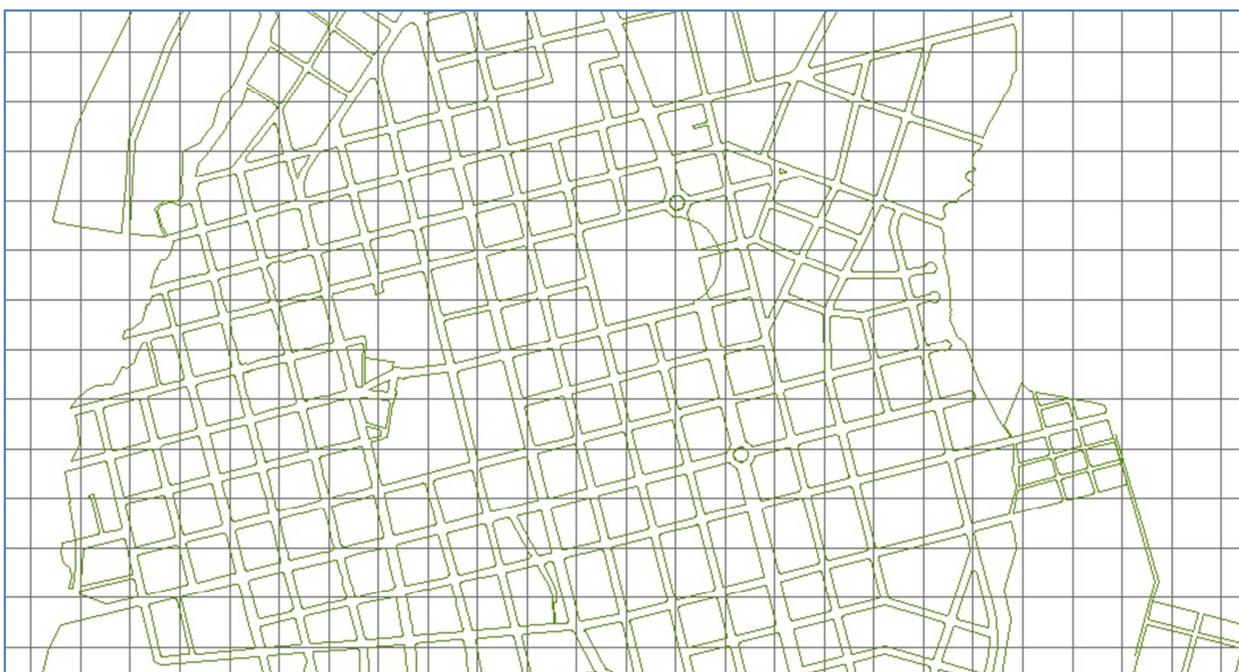


Figura 15 Red o malla creada mediante herramienta Fishnet.

Para el caso de estudio la red está configurada para tener un ancho y alto de 100m (Recomendado para un área pequeña (Willis, 1996)) y cubre la zona de análisis.

Seguidamente se puede identificar los tipos de clientes en las diferentes celdas, para esto el SIG nos ayuda al determinar los elementos dentro de un polígono definido, en este caso las herramientas de proximidad y estadísticas permiten generar las tablas correspondientes para identificar las diferentes clases contenidas.

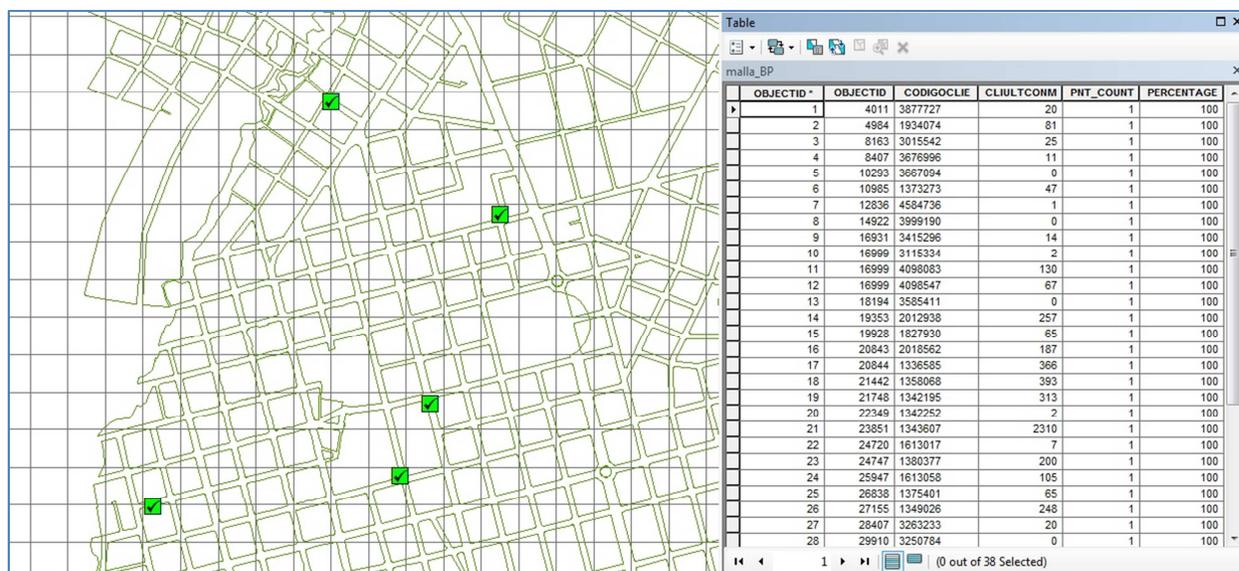


Figura 16 Tabla de resultados de usos de suelo en las diferentes celdas.

En este punto se requiere hacer un inventario de los diferentes uso de suelo y sus estadísticas, eso es áreas promedio y totales para cada clase, para lograr este objetivo se requiere un valor geométrico de la zona de estudio; sin embargo al considerar la limitante de que la información proporcionada por el GAD de Sucúa está en formato CAD, se requiere entonces un proceso laborioso de identificación de los clientes y sus usos a nivel de zona de estudio, en resumen elaborar los polígonos que cada tipo de cliente ocupa actualmente y codificarlo de acuerdo al uso actual de la energía.

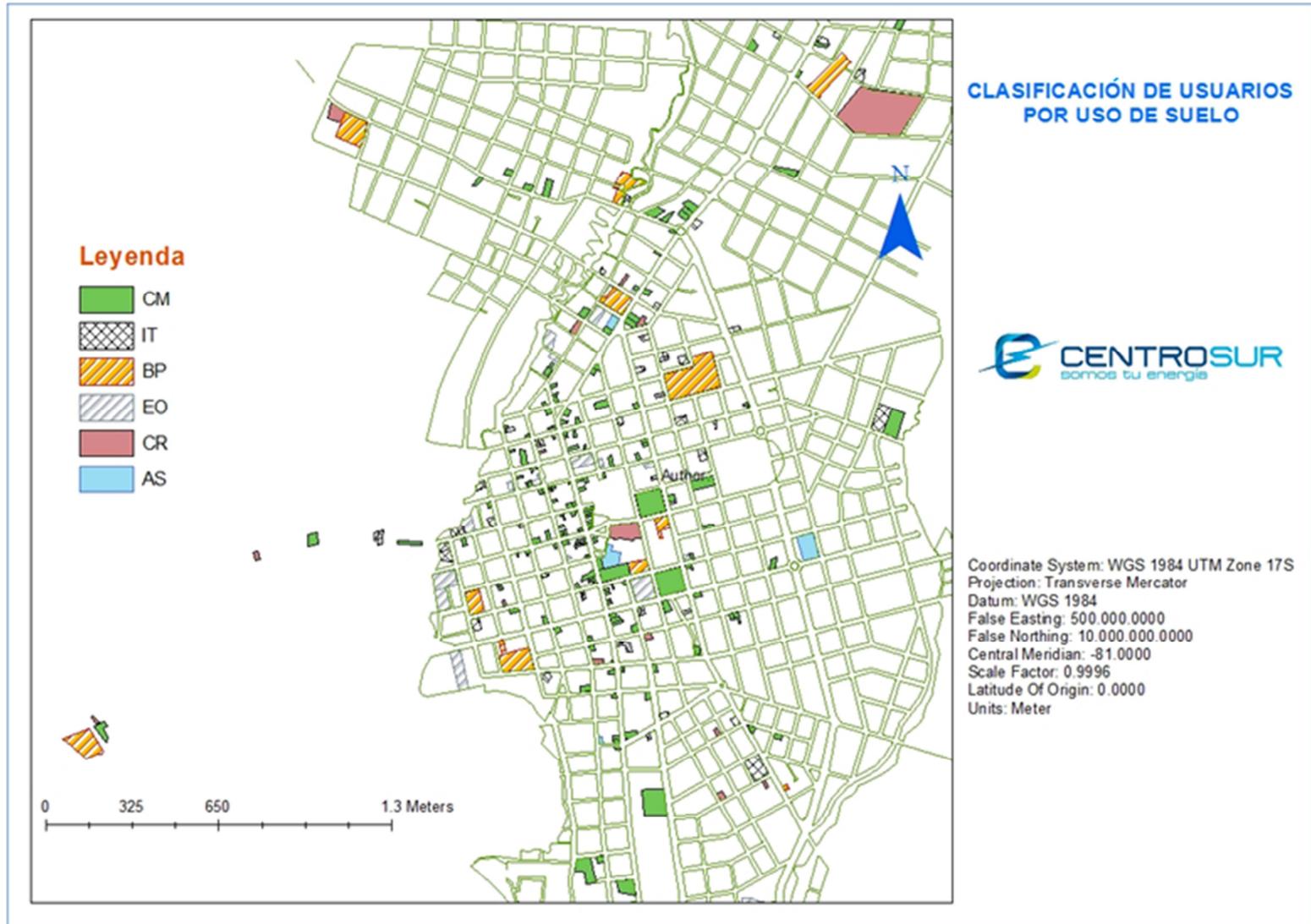


Figura 17 Mapa de Clasificación de Uso de Suelo para caso de estudio.

Tabla 9 Resumen de Tipo de Cliente, Cantidad, Área Promedio y Área Total Ocupada

Tipo	Cantidad	Área Promedio	Área Total	Área Total
		m ²	m ²	Km ²
RESIDENCIAL	3537	1676.08	5928300.49	5.93
ASISTENCIA SOCIAL	8	4057.81	32462.50	0.03
AUTO CONSUMO	1	574.90	574.90	0.00
BOMBEO DE AGUA	1	92074.23	92074.23	0.09
BENEFICIO PÚBLICO	38	6293.90	239168.32	0.24
COMERCIAL	197	3292.54	645337.04	0.65
CULTO RELIGIOSO	21	3633.95	76312.86	0.08
INDUSTRIAL	67	7338.09	491651.78	0.49
ENTIDADES OFICIALES	24	27878.46	669082.94	0.67

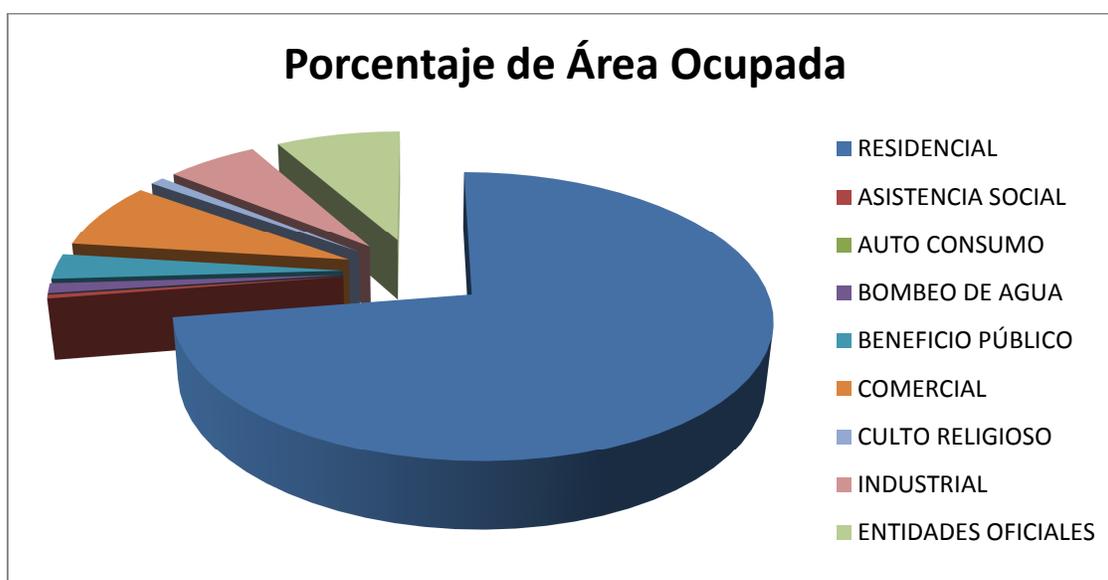


Figura 18 Diagrama de distribución de uso de suelo por tipo de clientes.

Con el fin de hacer un inventario del área que cubre el alimentador 2112 y sus diferentes áreas de restricción, y zonas vacantes, para lo cual requerimos a las diferentes fuentes:

- Descripción de parroquias de Morona Santiago, el área de servicio incluye las parroquias Rio Blanco, Santa Marianita, Sucúa y Asunción. Fuente: Recuperado el 12 de Julio de 2013 de http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=303.
- Margen de protección Rio Upano. Fuente: GAD de Sucúa *Plano Base 2013* extensión CAD PSAD56.
- Zona de Protección del Parque Nacional Sangay. Fuente: Recuperado el 12 de Julio de 2013 de <http://www.ambiente.gob.ec/areas-protegidas-3/>

Una vez procesada la información se puede representar la zona de cobertura del Alimentador 2112.

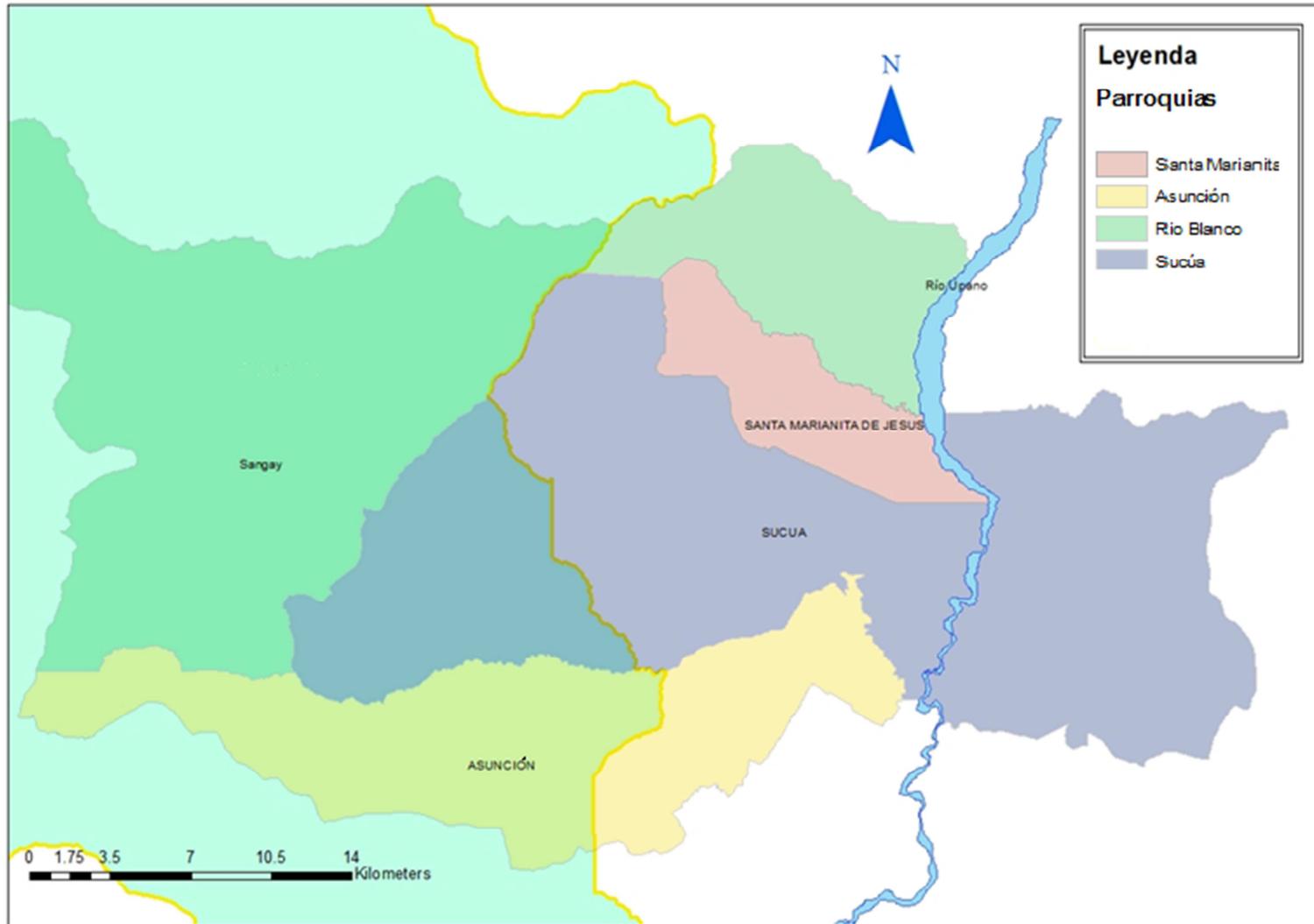


Figura 19 Área de Servicio del Alimentador 2112.

En base a la información de los atributos de cada zona se puede establecer los tipos de áreas y porcentaje de participación.

Tabla 10 Resumen de Áreas del Alimentador 2112

	Km ²
Área Restringida	600,19
Área Ocupada	8,17
Área No Urbanizable	8,37
Vacante	570,49
Área Total	1187,23119

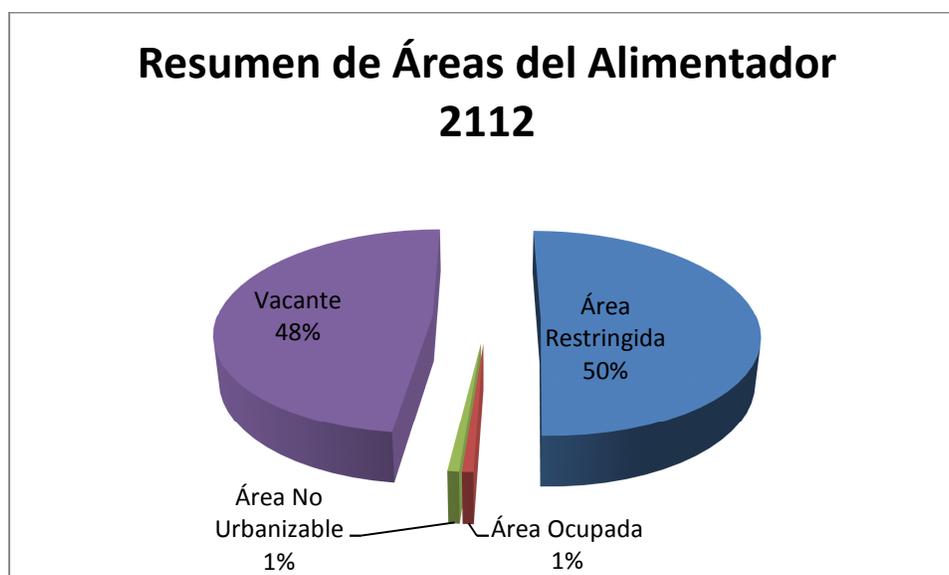


Figura 20 Áreas del Alimentador 2112 y Configuración

4.6. Segundo Paso: Proyección de Carga por Clases

Previo al proceso de proyección de la carga a requerir se debe establecer la densidad de carga requerida, esto es KVA/Km² o KVA/m².

En este paso se requiere establecer previamente los siguientes parámetros:

- Demanda Eléctrica de Cada tipo de usuario.
- Cantidad de Clientes por área.

Los registros de consumo que se tiene para los diferentes tipos de usuarios se encuentran disponibles en diversas fuentes como lo es CONELEC y de manera particular la CENTROSUR.

Año	Measures						Variación (%)
	Facturación (Gwh)						
	GrupoConsumo						
	↕ - Todos	↕ Alumbrado Público	↕ Comercial	↕ Industrial	↕ Otros	↕ Residencial	↕ + Todos
- Todos	185,132.64	11,893.48	36,585.17	54,029.25	17,585.69	65,039.04	
1999	7,730.69	593.21	1,263.99	2,072.56	840.63	2,960.30	
2000	7,904.29	620.24	1,362.01	2,218.43	900.29	2,803.32	2.25 %
2001	8,010.25	634.09	1,432.41	2,139.39	888.61	2,915.74	1.34 %
2002	8,612.43	663.68	1,496.52	2,460.19	893.74	3,098.30	7.52 %
2003	9,151.32	675.04	1,805.04	2,589.59	812.00	3,269.65	6.26 %
2004	9,994.29	696.54	2,051.34	2,792.61	938.17	3,515.64	9.21 %
2005	10,810.73	715.82	2,377.57	3,052.41	962.70	3,702.24	8.17 %
2006	11,636.80	741.24	2,598.15	3,332.52	1,068.81	3,896.09	7.64 %
2007	12,189.25	765.46	2,633.77	3,478.32	1,216.52	4,095.19	4.75 %
2008	12,653.44	806.40	2,519.61	3,418.36	1,524.20	4,384.86	3.81 %
2009	13,217.92	819.57	2,532.71	4,147.86	1,045.50	4,672.28	4.46 %
2010	14,076.61	812.03	2,672.33	4,416.76	1,061.30	5,114.18	6.50 %
2011	15,248.80	882.97	2,955.82	4,797.85	1,261.22	5,350.95	8.33 %
2012	16,174.89	913.08	3,209.49	5,012.48	1,411.18	5,628.67	6.07 %
2013	17,072.49	963.73	3,486.02	5,013.34	1,728.01	5,881.39	5.55 %
2014	10,648.42	590.37	2,188.40	3,086.59	1,032.81	3,750.25	-37.63 %

Figura 21 Demanda de Energía Anual.

Fuente: (CONELEC). *Demanda Anual* [Grafico Web]. Recuperado el 17 de Septiembre de 2014 de http://www.conelec.gob.ec/enlaces_externos.php?l=1&cd_menu=4227

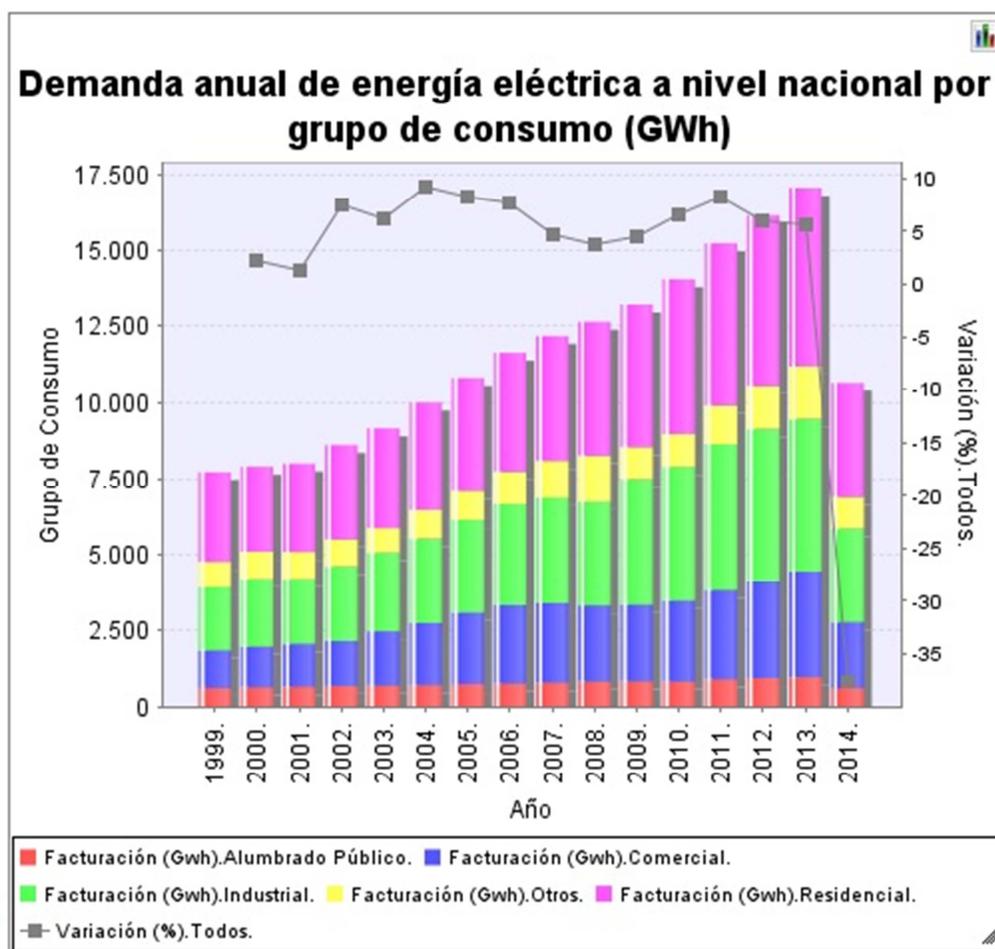


Figura 22 Comportamiento de variación anual de energía a nivel nacional.

Fuente: (CONELEC) *Demanda Anual* [Grafico Web]. Recuperado el 17 de Septiembre de 2014 de http://www.conelec.gob.ec/enlaces_externos.php?l=1&cd_menu=4227

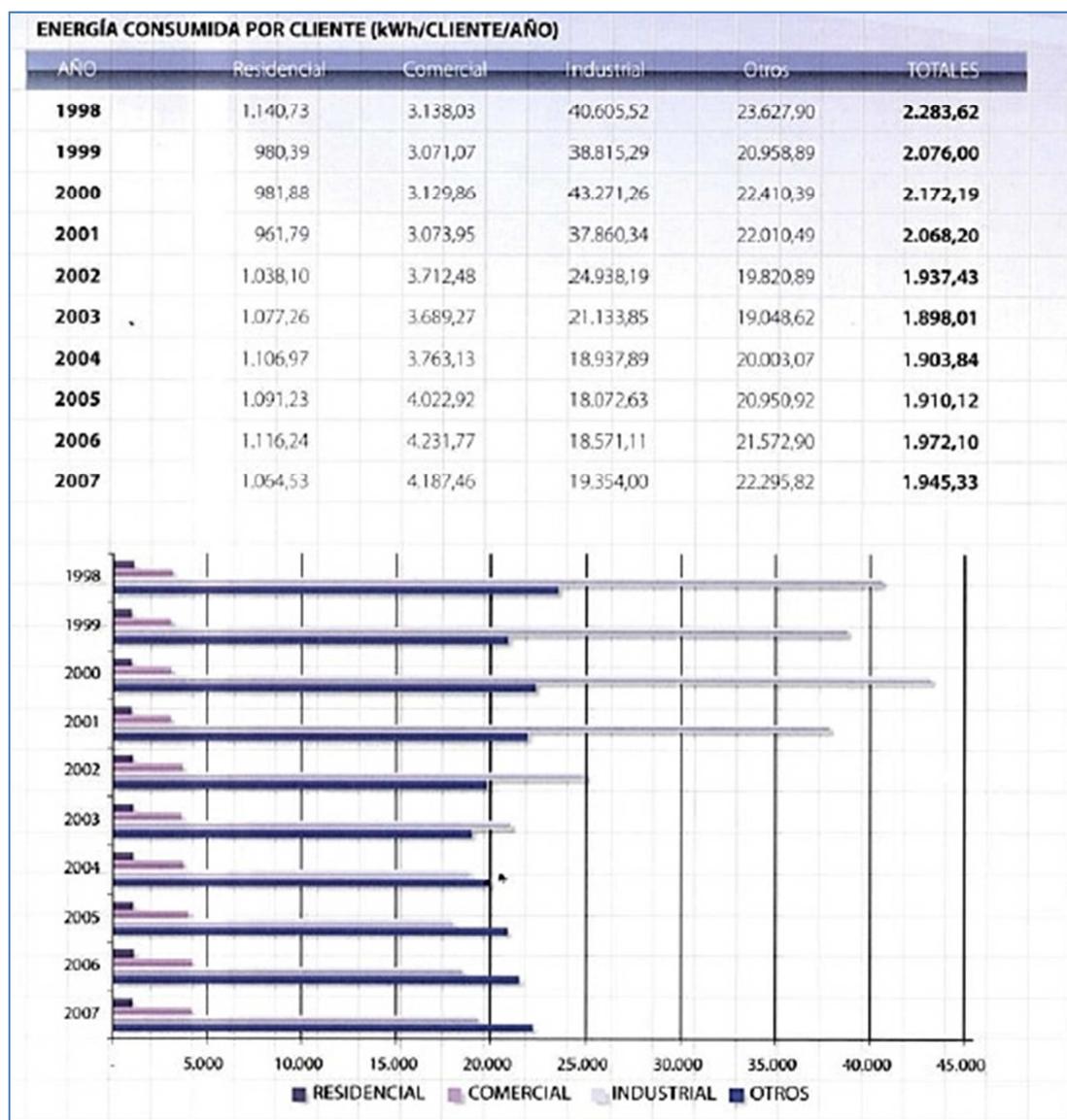


Figura 23 Energía Consumida por Cliente.

Fuente: (CENTROSUR, 2007, p. 52). *Boletín Estadístico* [Grafico]. Recuperado el 12 de Agosto de 2014

4.6.1. Curva de Carga Alim 2112

De acuerdo a los registros históricos que se dispone a nivel de cabecera del alimentador 2112, se determina que el día de mayor consumo es el día lunes y la hora de mayor demanda es alrededor de las 19:00, como se muestra a continuación:

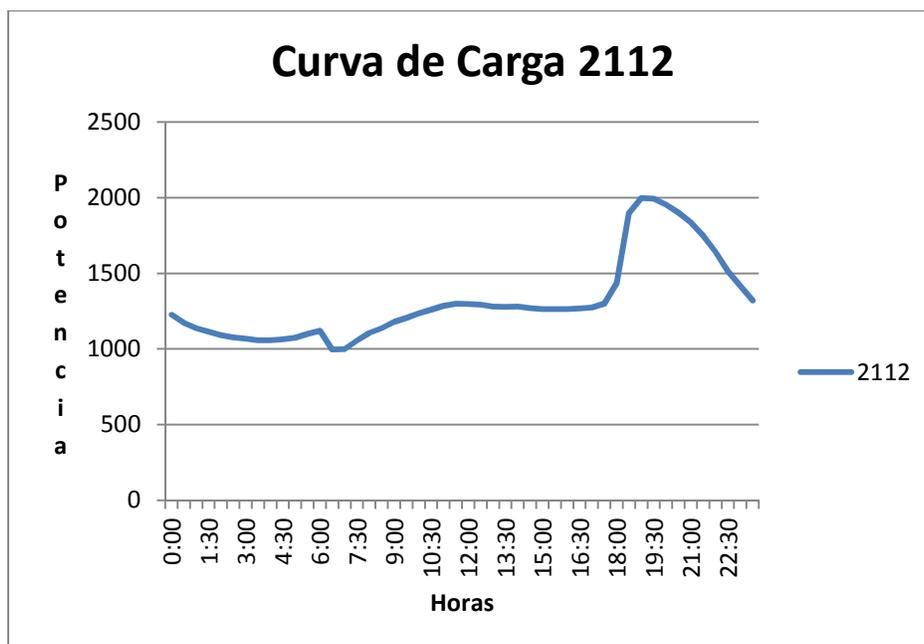


Figura 24 Curva de Carga Alimentador 2112.

Los datos base registrador para la curva de carga del alimentador 2112 se encuentran en el Anexo 1. En este punto es necesario enunciar las consideraciones que se realizan con los registros de los cuales se dispone:

- A partir de este punto nos referiremos a la potencia como KW (Potencia Real) y no como KVA (Potencia Aparente).

- Se establece los grupos de mayor representatividad como lo son clientes Residencial, Comercial e Industrial, las demás clasificaciones se agrupan como “Otros”, esto con el fin de minimizar la cantidad de datos numéricos y su evaluación estadística,

De manera análoga los registros de comportamientos de los diferentes tipos de cliente son registrados por equipos de medición que se puedan colocar para cada caso, así entonces en base a los registros de una muestra tenemos el siguiente resultado.

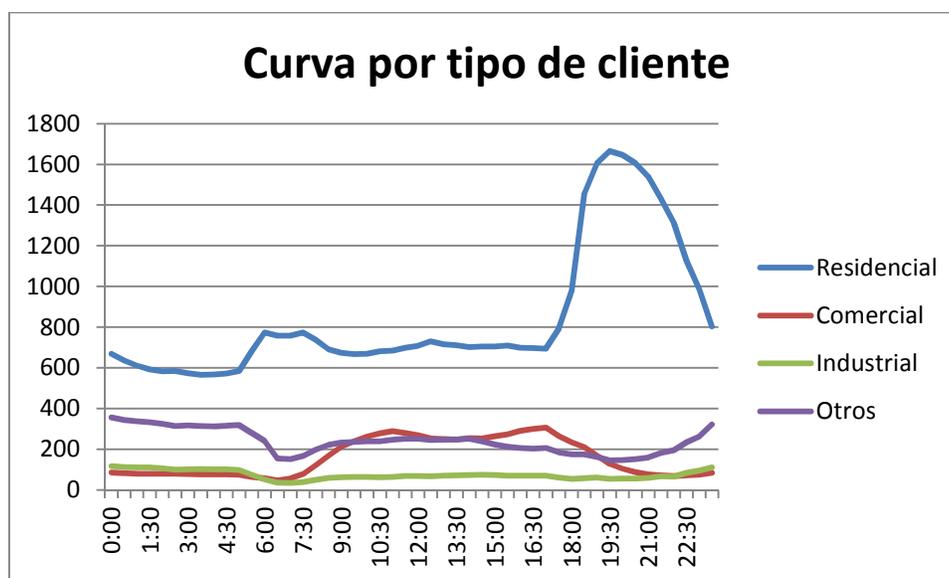


Figura 25 Curvas de carga de los diferentes tipos de clientes.

4.6.2. Factor potencia por cliente

Una vez definido la hora de mayor demanda, se determina la potencia coincidente de cada uso durante la hora pico.

Tabla 11 Potencia Coincidente por Tipo de Usuario

Cliente	Potencia Coincidente (KW/Cliente)
RESIDENCIAL	0,453974882
ASISTENCIA SOCIAL	1,750143122
AUTO CONSUMO	1,750143122
BOMBEO DE AGUA	1,750143122
BENEFICIO PÚBLICO	1,750143122
COMERCIAL	0,857481868
CULTO RELIGIOSO	1,750143122
INDUSTRIAL	0,900256018
ENTIDADES OFICIALES	1,750143122

4.6.3. Factor Densidad de Clientes

En este punto es posible determinar el factor de densidad de clientes, es decir el número de usuarios por área, para esto recopilamos el número de clientes por tipo y el área que ocupan los mismos.

Tabla 12 Densidad de clientes.

Cliente	Cantidad (u)	Área Total (Km ²)	Densidad de Clientes (Clientes/Km ²)
RESIDENCIAL	3537	5,928	596,6296755
ASISTENCIA SOCIAL	8	0,032	246,4381782
AUTO CONSUMO	1	0,001	1739,419862
BOMBEO DE AGUA	1	0,092	10,86080265
BENEFICIO PÚBLICO	38	0,239	158,8839186
COMERCIAL	197	0,645	305,2668403
CULTO RELIGIOSO	21	0,076	275,1829635
INDUSTRIAL	67	0,492	136,2753131
ENTIDADES OFICIALES	24	0,669	35,86999249

4.6.4. Densidad de carga por área

Una vez establecido el factor de potencia por cliente y la densidad de clientes del alimentador 2112, es posible determinar la densidad de carga para la zona de estudio, para lo cual se hace uso de la siguiente formulación.

$$\frac{KW}{AREA} = \frac{KW}{CLIENTE} * \frac{CLIENTES}{AREA}$$

Así entonces tenemos la densidad de carga para el área de estudio.

Tabla 13 Densidad de carga del alimentador 2112.

Cliente	Densidad de Clientes (Clientes/Km ²)	Potencia Coincidente (KW/Cliente)	Densidad de Carga (KW/Km ²)
RESIDENCIAL	596,6296755	0,453974882	270,8548866
ASISTENCIA SOCIAL	246,4381782	1,750143122	431,3020825
AUTOCONSUMO	1739,419862	1,750143122	3044,233708
BOMBEO DE AGUA	10,86080265	1,750143122	19,00795907
BENEFICIO PUBLICO	158,8839186	1,750143122	278,0695974
COMERCIAL	305,2668403	0,857481868	261,7607803
CULTO RELIGIOSO	275,1829635	1,750143122	481,6095709
INDUSTRIAL	136,2753131	0,900256018	122,6826708
ENTIDADES OFICIALES	35,86999249	1,750143122	62,77762065

4.6.5. Proyección de carga

De acuerdo al registro estadístico existente obtenemos la tasa de clientes anual por cada tipo de tarifa, a partir de esta información podemos obtener el promedio de crecimiento de cada uno de ellos.

Tabla 14 Crecimiento anual de potencia por tipo de tarifa. (Panjon & Cabrera, 2008, p. 62)

Crecimiento Anual por tipo de Tarifa					
Año	Residencial	Comercial	Industrial	Otros	
Actual	2013	1,41%	1,87%	0,70%	2,45%
	2014	1,68%	2,14%	0,99%	2,72%
	2015	1,68%	2,13%	0,98%	2,72%
	2016	1,96%	2,40%	1,26%	3,03%
	2017	1,39%	1,85%	0,65%	2,44%

En este punto es necesario considerar la tasa de crecimiento que sufre en particular el cantón Sucúa, pues al ser la zona de estudio, esta variable fue solicitada al INEC, a través de consulta web lamentablemente en este caso no se dispone de información geográfica que permita analizar la ubicación de las mayores variaciones o tendencias que se dan a nivel local.

A continuación se presenta la información estadística proporcionada por el INEC, a partir de la cual se infiere la tasa de crecimiento dentro del periodo de censo ejecutado.

Tabla 15 Reporte del INEC respecto a dotación de servicio eléctrico 2001.

www.inec.gob.ec www.ecuadorencifras.com				
SERVICIO DE ELECTRICIDAD SEGÚN TIPO DE VIVIENDA DEL CANTÓN SUCUA - PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO				
NOMBRE DE CANTON	TIPO DE VIVIENDA	SERVICIOS DE ELECTRICIDAD		
		Si	No	Total
SUCUA	Casa o Villa	1947	467	2414
	Departamento	60	-	60
	Cuarto	147	11	158
	Mediagua	158	59	217
	Rancho	15	79	94
	Covacha	3	10	13
	Choza	9	59	68
	Otra Particular	4	1	5
	Total	2343	686	3029

FUENTE: CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA CPV - 2001.
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC).

Tabla 16 Reporte del INEC respecto a dotación de servicio eléctrico 2010.

www.inec.gob.ec www.ecuadorencifras.com							
PROCEDENCIA DE LUZ ELÉCTRICA SEGÚN TIPO DE VIVIENDAS DEL CANTÓN SUCUA - PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO							
Codigo de canton	Tipo de vivienda	Procedencia de luz eléctrica					Total
		Red de empresa eléctrica de servicio público	Panel Solar	Generador de luz (Planta eléctrica)	Otro	No tiene	
Sucua	Casa/Villa	3079	1	18	3	337	3438
	Departamento en casa o edificio	170	-	-	-	2	172
	Cuarto(s) en casa de inquilinato	118	-	-	-	1	119
	Mediagua	136	-	1	-	59	196
	Rancho	58	-	1	1	59	119
	Covacha	-	-	-	1	5	6
	Choza	14	-	-	-	78	92
	Otra vivienda particular	33	-	-	-	2	35
	Total	3608	1	20	5	543	4177

FUENTE: CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA CPV - 2010.
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC).

Al considerar la información del INEC podemos establecer un crecimiento del 64%, en el periodo 2001-2010; sin embargo debemos considerar lo siguiente:

- Los periodos censales cubre un periodo de 10 años.
- El reporte y la consulta esta direccionada a la disposición o no del servicio de energía.
- No se realiza ninguna consideración respecto al uso que se da a la energía.

En este sentido se debe utilizar los datos históricos del cual dispone la empresa pues están evaluados de forma anual y clasificada respecto a su uso. Con esta consideración se realiza la proyección de la densidad de carga a nivel cantonal:

Tabla 17 Proyección de Crecimiento de Densidad de Carga.

Proyección de Densidad de Carga										
Año	RESIDENCIAL	ASISTENCIA SOCIAL	AUTO CONSUMO	BOMBEO DE AGUA	BENEFICIO PÚBLICO	COMERCIAL	CULTO RELIGIOSO	INDUSTRIAL	ENTIDADES OFICIALES	
Actual	2013	270.85488656	431.302082	3044.233708	19.0079591	278.06959735	261.760780	481.609571	122.682671	62.77762065
	2014	275.40524865	443.033499	3127.036865	19.5249756	285.6330904	267.362461	494.709351	123.897229	64.4851719
	2015	280.03205683	455.08401	3212.092268	20.0560549	293.4023105	273.057281	508.165446	125.111422	66.2391686
	2016	285.52068514	468.873056	3309.418663	20.6637534	302.2924005	279.610656	523.562859	126.687826	68.2462154
	2017	289.48942266	480.313558	3390.168479	21.1679489	309.668335	284.783453	536.337792	127.511297	69.9114231

4.7. Tercer Paso: Proyección Global del Crecimiento

El crecimiento que de clientes conlleva implícitamente el crecimiento del área que estos ocupan, lo cual se da para las diferentes tipos de clientes y los usos de suelo que se ven reflejados de manera espacial.

4.7.1. Proyección de crecimiento del número de clientes

Como punto de partida se considerara los datos de crecimientos para los diferentes clientes y en base a los cuales se aplicara la consideración de los clientes del alimentador 2112.

Tabla 18 Resumen estadístico de clientes por tipo de tarifa (Consejo Editorial de la
CENTROSUR, 2010).

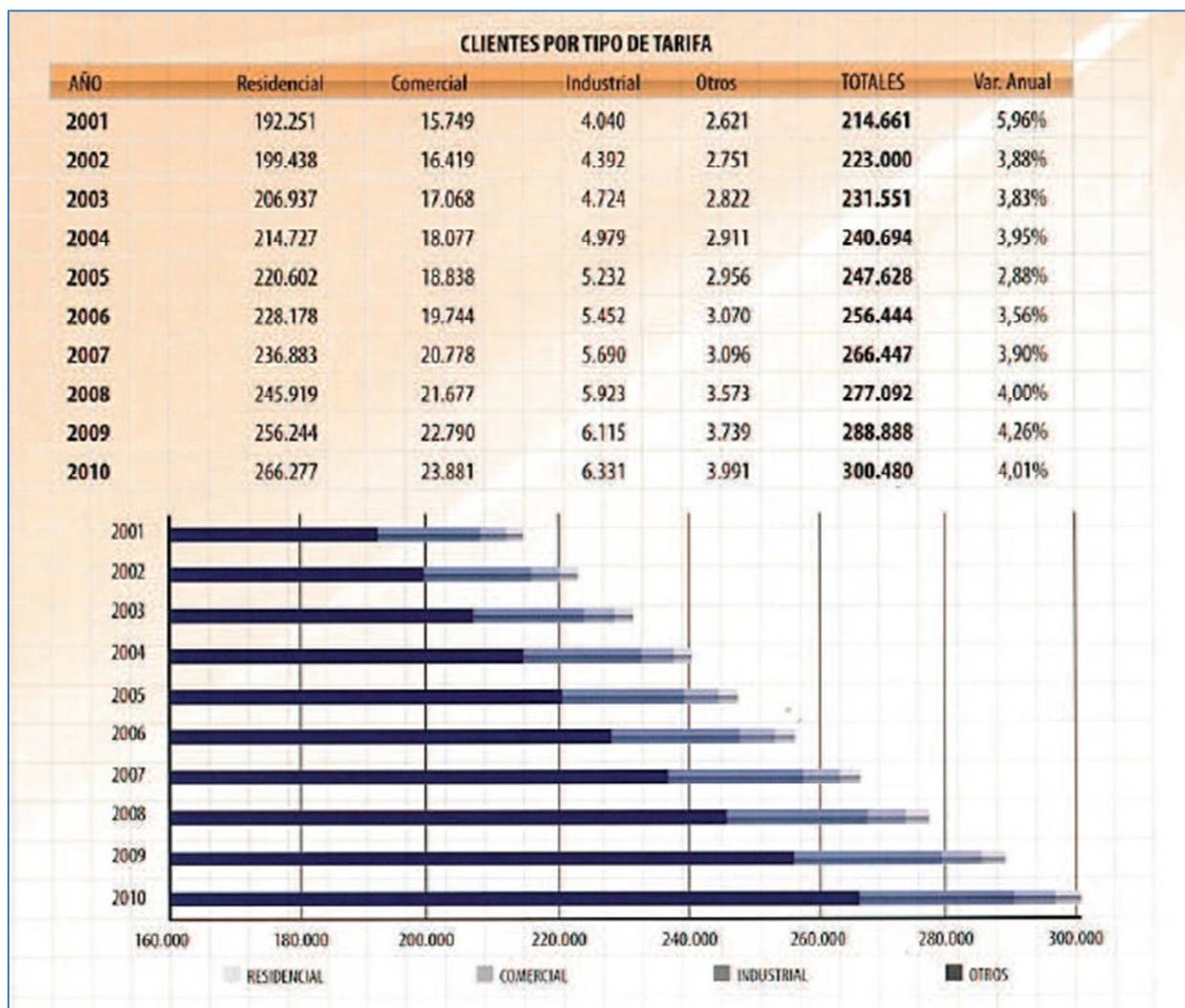


Tabla 19 Crecimiento de Clientes por uso de energía (Panjon & Cabrera, 2008, p. 63)

NUMERO DE CLIENTES - PORCENTAJE DE CRECIMIENTO ANUAL					
AÑO	Residencial	Comercial	Industrial	Otros	TOTAL
2007	2,97%	3,89%	3,96%	2,66%	3,06%
2008	2,97%	3,88%	3,94%	2,68%	3,06%
2009	2,97%	3,89%	3,96%	2,65%	3,06%
2010	2,97%	3,89%	3,95%	2,66%	3,06%
2011	2,97%	3,88%	3,95%	2,67%	3,06%
2012	2,97%	3,89%	3,95%	2,67%	3,06%
2013	2,97%	3,89%	3,95%	2,67%	3,06%
2014	2,97%	3,88%	3,95%	2,67%	3,06%
2015	2,97%	3,89%	3,95%	2,67%	3,06%
2016	2,97%	3,88%	3,95%	2,64%	3,06%
2017	2,97%	3,89%	3,95%	2,67%	3,06%

Para nuestro caso de estudio utilizaremos las proyecciones para estimar el número de usuarios en el alimentador 2112.

Tabla 20 Proyección de crecimiento de clientes del alimentador 2112.

Proyección de Clientes del Alimentador 2112										
Año	RESIDENCIAL	ASISTENCIA SOCIAL	AUTO CONSUMO	BOMBEO DE AGUA	BENEFICIO PÚBLICO	COMERCIAL	CULTO RELIGIOSO	INDUSTRIAL	ENTIDADES OFICIALES	
Actual	2013	3537	8	1	1	38	197	21	67	24
	2014	3642	8	1	1	39	205	22	70	25
	2015	3750	8	1	1	40	213	22	72	25
	2016	3862	9	1	1	41	221	23	75	26
	2017	3976	9	1	1	42	229	23	78	27

4.7.2. Proyección de crecimiento de área

Como se indicó anteriormente el crecimiento de clientes contiene implícitamente el crecimiento del área que estos ocupan, en este sentido es necesario manifestar y cuantificar este crecimiento para los cual se hace uso de los factores ya identificados hasta este punto.

- La densidad de carga
- Número de clientes por tarifa,

Así entonces se procede a determinar el área que ocuparan los futuros usuarios.

$$\text{Area futura por clase} = \frac{\# \text{ de clientes por } a > 0}{\text{factor de densidad} \left(\frac{\# \text{ de clientes}}{\text{area}} \right)}$$

Tabla 21 Proyección de crecimiento de área por tipo de cliente.

Proyección de Crecimiento de Área por tipo de cliente (Km2)										
Año	RESIDENCIAL	ASISTENCIA SOCIAL	AUTO CONSUMO	BOMBEO DE AGUA	BENEFICIO PÚBLICO	COMERCIAL	CULTO RELIGIOSO	INDUSTRIAL	ENTIDADES OFICIALES	
	Actual	2013	5.928300494	0.0324625	0.0005749	0.09207423	0.23916832	0.64533704	0.07631286	0.49165178
	2014	6.104371019	0.03332925	0.00059025	0.09453261	0.24555411	0.67037612	0.07835042	0.51107202	0.68694745
	2015	6.285670838	0.03421914	0.00060601	0.09705663	0.25211041	0.69645375	0.08044237	0.53125937	0.70528895
	2016	6.472355262	0.03512253	0.00062201	0.09961892	0.25876612	0.72347616	0.08256605	0.55224411	0.72390858
	2017	6.664584213	0.0360603	0.00063862	0.10227875	0.26567518	0.75161938	0.08477057	0.57405776	0.74323694

4.8. Cuarto Paso Calibración del Año Base

El valor calculado de densidad de carga kW/Área, debe reflejar el símil con el valor medido, para esto se requiere un proceso de ajuste o calibración.

Los datos de carga de cada clase de usuario y en cada una de las celdas sumadas deben ser igual al valor medido en cabecera del alimentador, con el fin de comprobar esto se ejecutan las siguientes acciones:

1. En función de la cantidad de cada clase de cliente y el área promedio obtenida se obtendrá el área ocupada en cada celda.
2. Se usara el factor de densidad de carga (kW/Área) y se multiplicara por el área obtenida anteriormente con lo cual se tiene la potencia en cada celda.

3. Se sumara la potencia en cada una de las celdas, el cual es el valor de potencia máxima del sistema.
4. Se comparara el valor obtenido con el valor medido y se calculara el error de simulación del año base

Desarrollo

Para el proceso de identificación del tipo de cliente en cada una de las celdas es posible usar la intersección con la malla en la zona de análisis.

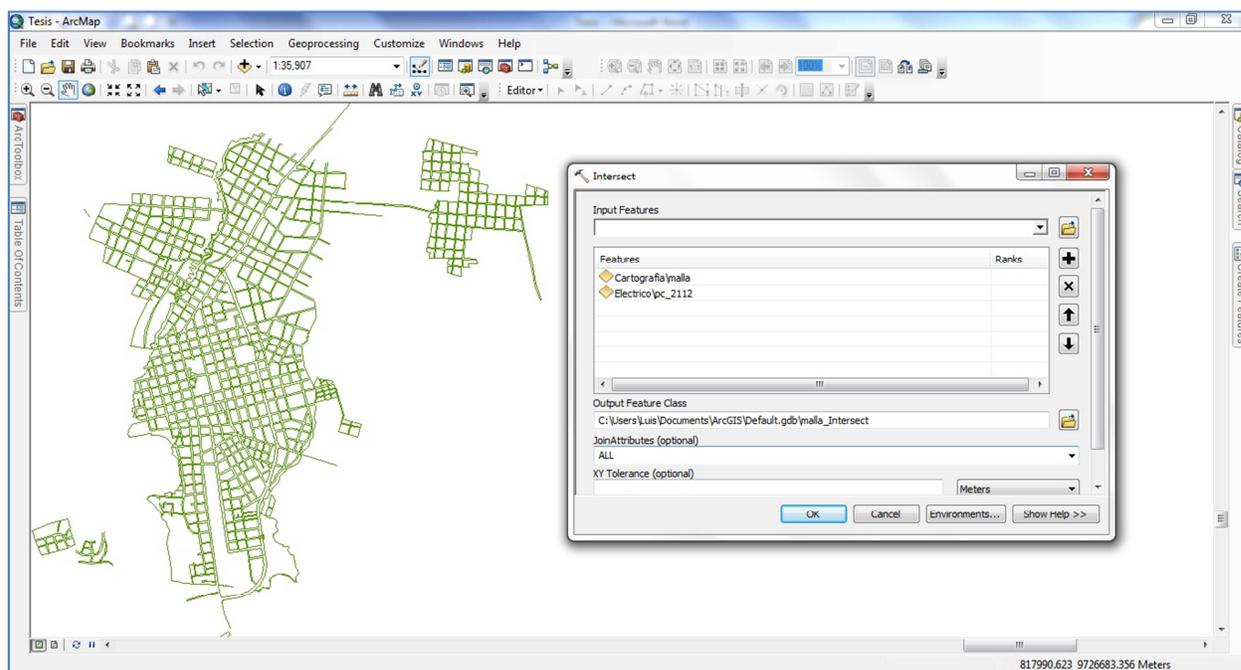


Figura 26 Intersección de malla y tipo de clientes

El resultado de esta función es una tabla de datos donde indica la identificación de la celda para cada tipo de cliente, a la cual es posible añadir los campos de área promedio y densidad de carga.

OBJECTID*	Shape*	FID_malla	Id	FID_pc_2112_Tipos_y_Consumos	OBJECTID	ANCILLARYR	ENABLED	L
1	Point	183	0	135	781220	0	1	Cr
2	Point	183	0	912	831648	0	1	Al
3	Point	184	0	4157	812874	0	1	Cr
4	Point	183	0	313	736922	0	1	Al
5	Point	184	0	1224	788229	0	1	Al
6	Point	483	0	3256	844802	0	1	Cr
7	Point	482	0	4222	741210	0	1	Cr
8	Point	782	0	809	740131	0	1	Cr
9	Point	782	0	3104	735755	0	1	Al
10	Point	782	0	2622	741211	0	1	Cr
11	Point	784	0	1713	812875	0	1	Cr
12	Point	1081	0	489	854448	0	1	Cr
13	Point	1081	0	1745	847164	0	1	Cr
14	Point	1381	0	3209	825864	0	1	Cr
15	Point	1381	0	2700	851093	0	1	Cr
16	Point	1681	0	1728	812878	0	1	Cr
17	Point	2280	0	717	742912	0	1	Cr
18	Point	2351	0	471	744002	0	1	Cr
19	Point	2350	0	1172	845609	0	1	Cr
20	Point	2350	0	618	743996	0	1	Cr
21	Point	2351	0	890	790900	0	1	Cr
22	Point	2350	0	619	743997	0	1	Cr

Figura 27 Tabla resultado de proceso de intersección.

OBJECTID	FID_malla	CANTIDAD	CODIGO	TIPO	DENSIDAD_CARGA	AREA_PROMEDIO
1	183	1	3340825	RD	270.8548866	0.001676082
2	183	1	4239950	RD	270.8548866	0.001676082
3	184	1	3324464	RD	270.8548866	0.001676082
4	183	1	3324530	RD	270.8548866	0.001676082
5	184	1	3741188	RD	270.8548866	0.001676082
6	483	1	3348745	RD	270.8548866	0.001676082
7	482	1	3404845	RD	270.8548866	0.001676082
8	782	1	4297230	RD	270.8548866	0.001676082
9	782	1	4188892	RD	270.8548866	0.001676082
10	782	1	3340809	RD	270.8548866	0.001676082
11	784	1	3324498	RD	270.8548866	0.001676082
12	1081	1	3340767	RD	270.8548866	0.001676082
13	1081	1	3945409	RD	270.8548866	0.001676082
14	1381	1	3324472	RD	270.8548866	0.001676082
15	1381	1	3324480	RD	270.8548866	0.001676082
16	1681	1	3508355	RD	270.8548866	0.001676082
17	2280	1	3324514	RD	270.8548866	0.001676082
18	2351	1	3468998	RD	270.8548866	0.001676082
20	2350	1	3469038	RD	270.8548866	0.001676082
23	2351	1	3469087	RD	270.8548866	0.001676082
24	2351	1	3469012	RD	270.8548866	0.001676082
25	2351	1	3469020	RD	270.8548866	0.001676082
26	2350	1	3469046	RD	270.8548866	0.001676082
28	2651	1	3469004	RD	270.8548866	0.001676082

Figura 28 Edición de tabla para ingreso de área promedio y densidad de carga.

Una vez cumplido la edición de la tabla es posible realizar la agrupación por cada una de las celdas, identificando el tipo de cliente y el área total que ha sido ocupada, adicionalmente en la tabla se puede procesar el cálculo por el factor de densidad con lo cual se obtiene la demanda máxima.

A continuación se presenta parte del resultado obtenido:

CELDA	CANTIDAD	POTENCIA
61640	1	0.453974882
61669	1	0.453974882
61940	3	1.361924646
61941	2	0.907949764
61959	3	1.361924646
61960	3	1.361924646
62240	2	0.907949764
62241	2	0.907949764
62257	1	0.453974882
62258	1	0.453974882
62267	2	0.907949764
62541	1	0.453974882
62542	5	3.56604265
62543	5	2.26987441
62544	2	0.907949764
62555	1	0.857481868
62558	1	0.453974882
62567	1	0.453974882
62840	2	0.907949764
62841	1	0.453974882
63138	2	0.907949764
63139	2	0.907949764
63149	1	0.857481868
		1997.713549

Figura 29 Cálculo de demanda máxima.

El proceso numérico no permite analizar espacialmente la incidencia de la demanda, por lo que se procede a elaborar el mapa de cada celda donde se refleja las zonas con mayor carga.

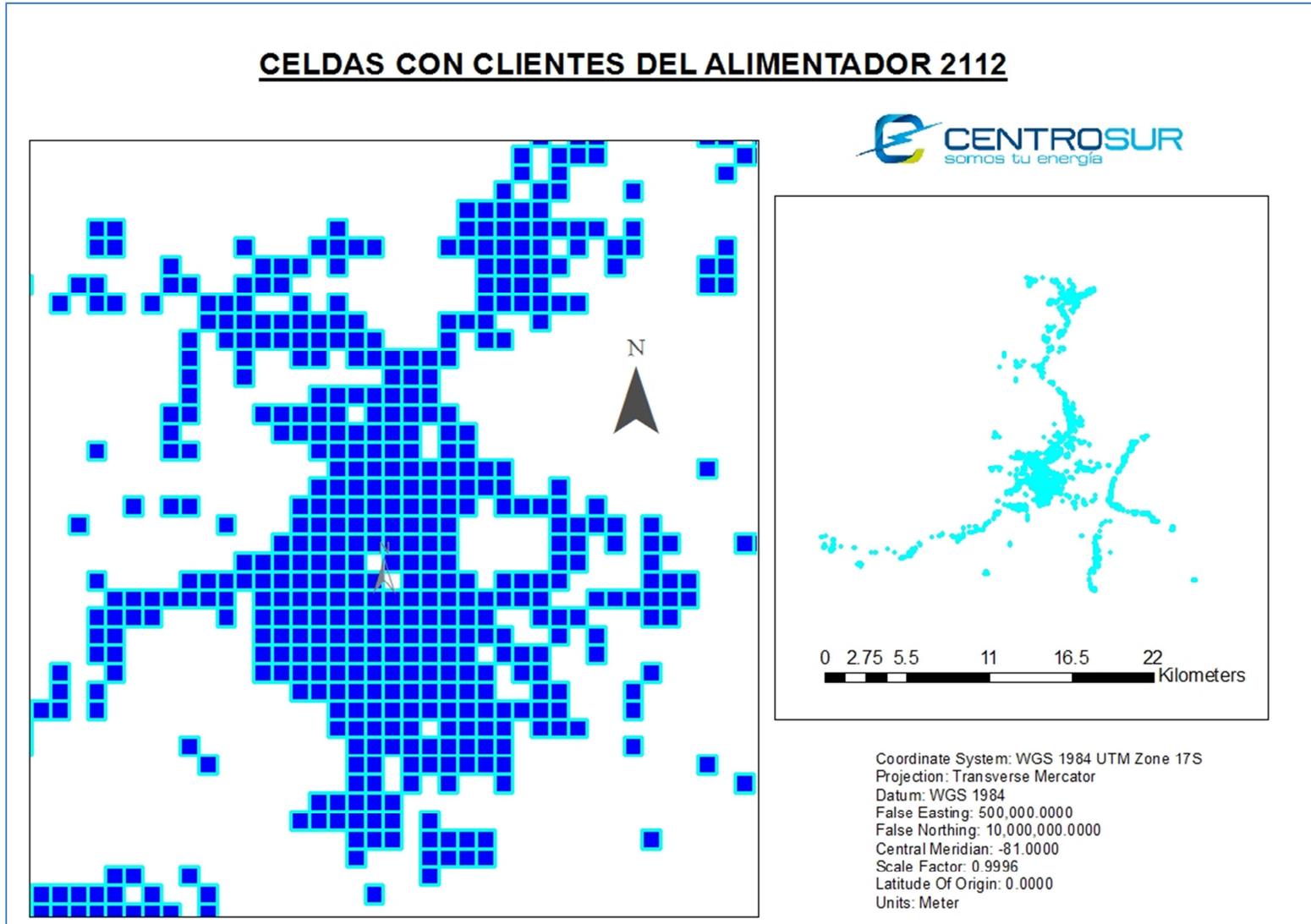


Figura 30 Localización de tipos de clientes por celda

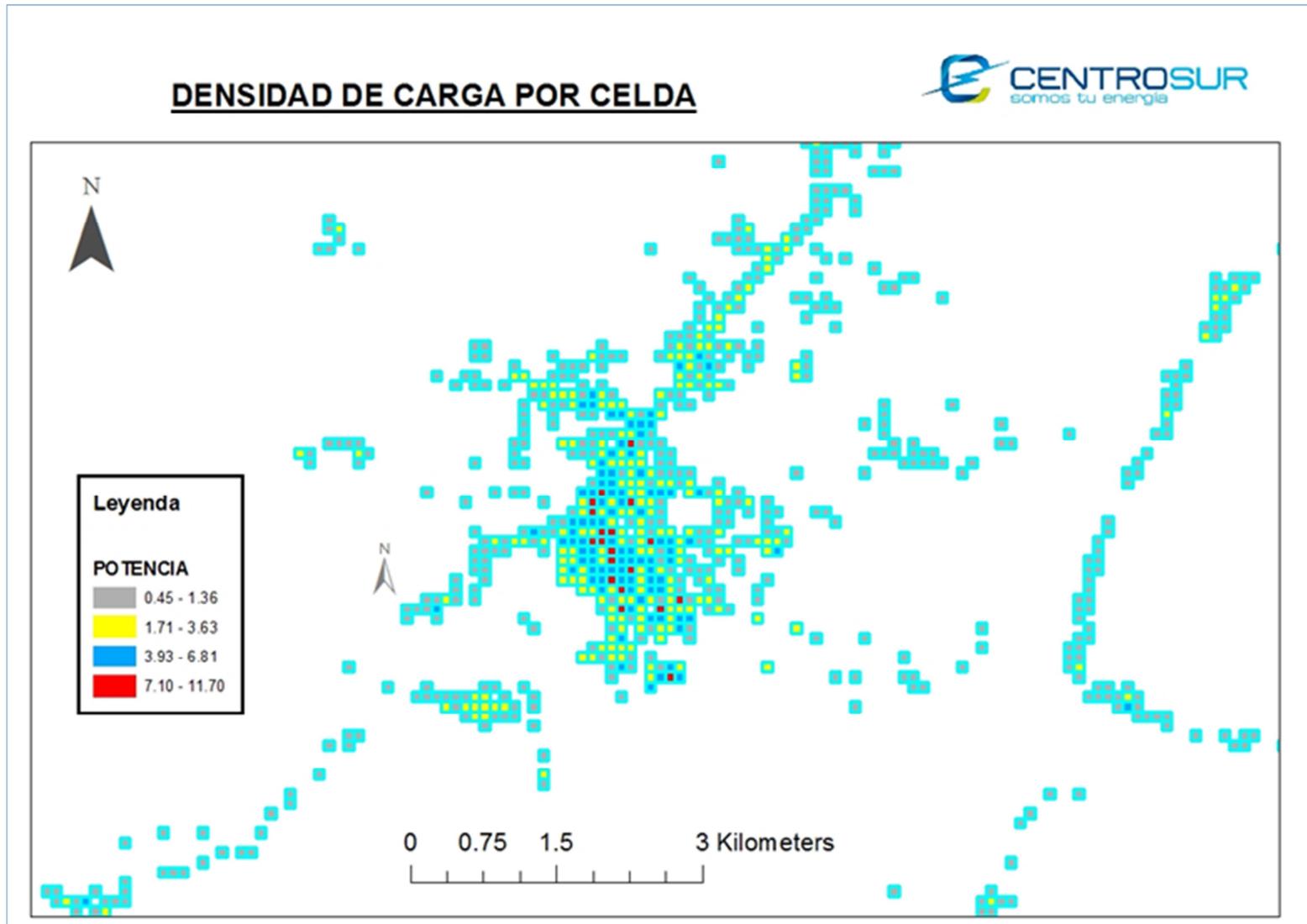


Figura 31 Densidad de carga por celda.

En base a los resultados obtenidos podemos determinar el porcentaje de error entre el factor de densidad de potencia y el valor medido a nivel de cabecera del alimentador.

De acuerdo a los datos de carga del alimentador 2112 (Anexo 1). El valor de potencia máxima es de 1997.71355, del proceso de simulación (Figura 34) el valor obtenido es de 1997.713549.

$$Error = \frac{Valor Real - Valor Calculado}{Valor Real} * 100$$

$$Error = \frac{1997.71355 - 1997.713549}{1997.71355} * 100 = 0.000005\%$$

En base a este resultado se considera que el error es bajo y suficiente para el presente estudio.

4.9. Quito Paso: Proyección Espacial de clientes

Una vez determinado el área que cada uso de suelo ocupara se procede a realizar la proyección correspondiente, en este punto el sistema SIG nos permitirá la edición de las nuevas áreas a incrementarse y para esto las ordenanzas emitidas por el GAD de Sucúa, cumplen un rol importante pues nos permiten definir los corredores de crecimiento, las áreas mínimas que ocuparan los lotes y las posibles o probables edificaciones que se puedan dar así en este sentido los criterios de crecimiento de ciudades son de valioso apoyo referencial y en calidad de formación de criterio.

A continuación enunciamos los criterios de crecimiento a considerar (Panjon & Cabrera, 2008):

- Los usuarios comerciales se ubican a lo largo de trayectos consolidados y tienden a agruparse entre ellos.
- Los usuarios industriales se ubican en zonas aun no consolidadas y que dispongan de medios de transporte (Carretera Principal).
- Los usuarios residenciales tienden a ubicarse dentro de la zona urbana de preferencia y en áreas grandes donde se de la generación de lotizaciones o urbanizaciones.
- Existen varias consideraciones geográficas para los diferentes casos:
 - No se ubican en pendientes pronunciadas, esto es quebradas.
 - No se pueden ubicar en zonas protegidas, en este caso el Parque Nacional Sangay.
 - No se ubican en márgenes de ríos, en este caso resalta el caso del Rio Upano.

En base a estos criterios con el uso del SIG se determina la ubicación del nuevo uso, se realiza el trazado del polígono y se realiza un resumen de vecindad y estadístico a fin de identificar la celda donde estará contenido,

A continuación se presenta el cuadro base para la proyección de los años 2014, 2015 y 2016.

Tabla 22 Datos para proyección de los años 2014, 2015 y 2016.

Año	Tipo	Cantidad	Área Total	Área Promedio	Clientes/Área	Densidad de Carga
2014	RESIDENCIAL	3642	6.104371	0.001676082	596.6296755	275.4052487
	ASISTENCIA SOCIAL	8	0.0333293	0.004057813	246.4381782	443.0334991
	AUTO CONSUMO	1	0.0005903	0.000574904	1739.419862	3127.036865
	BOMBEO DE AGUA	1	0.0945326	0.092074226	10.86080265	19.52497555
	BENEFICIO PÚBLICO	39	0.2455541	0.006293903	158.8839186	285.6330904
	COMERCIAL	205	0.6703761	0.003275823	305.2668403	267.362461
	CULTO RELIGIOSO	22	0.0783504	0.003633946	275.1829635	494.7093512
	INDUSTRIAL	70	0.511072	0.007338086	136.2753131	123.8972293
	ENTIDADES OFICIALES	25	0.6869475	0.027878456	35.86999249	64.48517193
2015	RESIDENCIAL	3750	6.2856708	0.001676082	596.6296755	280.0320568
	ASISTENCIA SOCIAL	8	0.0342191	0.004057813	246.4381782	455.0840103
	AUTO CONSUMO	1	0.000606	0.000574904	1739.419862	3212.092268
	BOMBEO DE AGUA	1	0.0970566	0.092074226	10.86080265	20.05605489
	BENEFICIO PÚBLICO	40	0.2521104	0.006293903	158.8839186	293.4023105
	COMERCIAL	213	0.6964538	0.003275823	305.2668403	273.0572815
	CULTO RELIGIOSO	22	0.0804424	0.003633946	275.1829635	508.1654456
	INDUSTRIAL	72	0.5312594	0.007338086	136.2753131	125.1114221
	ENTIDADES OFICIALES	25	0.705289	0.027878456	35.86999249	66.2391686
2016	RESIDENCIAL	3862	6.4723553	0.001676082	596.6296755	285.5206851
	ASISTENCIA SOCIAL	9	0.0351225	0.004057813	246.4381782	468.8730558
	AUTO CONSUMO	1	0.000622	0.000574904	1739.419862	3309.418663
	BOMBEO DE AGUA	1	0.0996189	0.092074226	10.86080265	20.66375335
	BENEFICIO PÚBLICO	41	0.2587661	0.006293903	158.8839186	302.2924005
	COMERCIAL	221	0.7234762	0.003275823	305.2668403	279.6106562
	CULTO RELIGIOSO	23	0.0825661	0.003633946	275.1829635	523.5628586
	INDUSTRIAL	75	0.5522441	0.007338086	136.2753131	126.687826
	ENTIDADES OFICIALES	26	0.7239086	0.027878456	35.86999249	68.24621541

A continuación se presenta los planos como resultado de la proyección para los años 2014, 2015 y 2016.

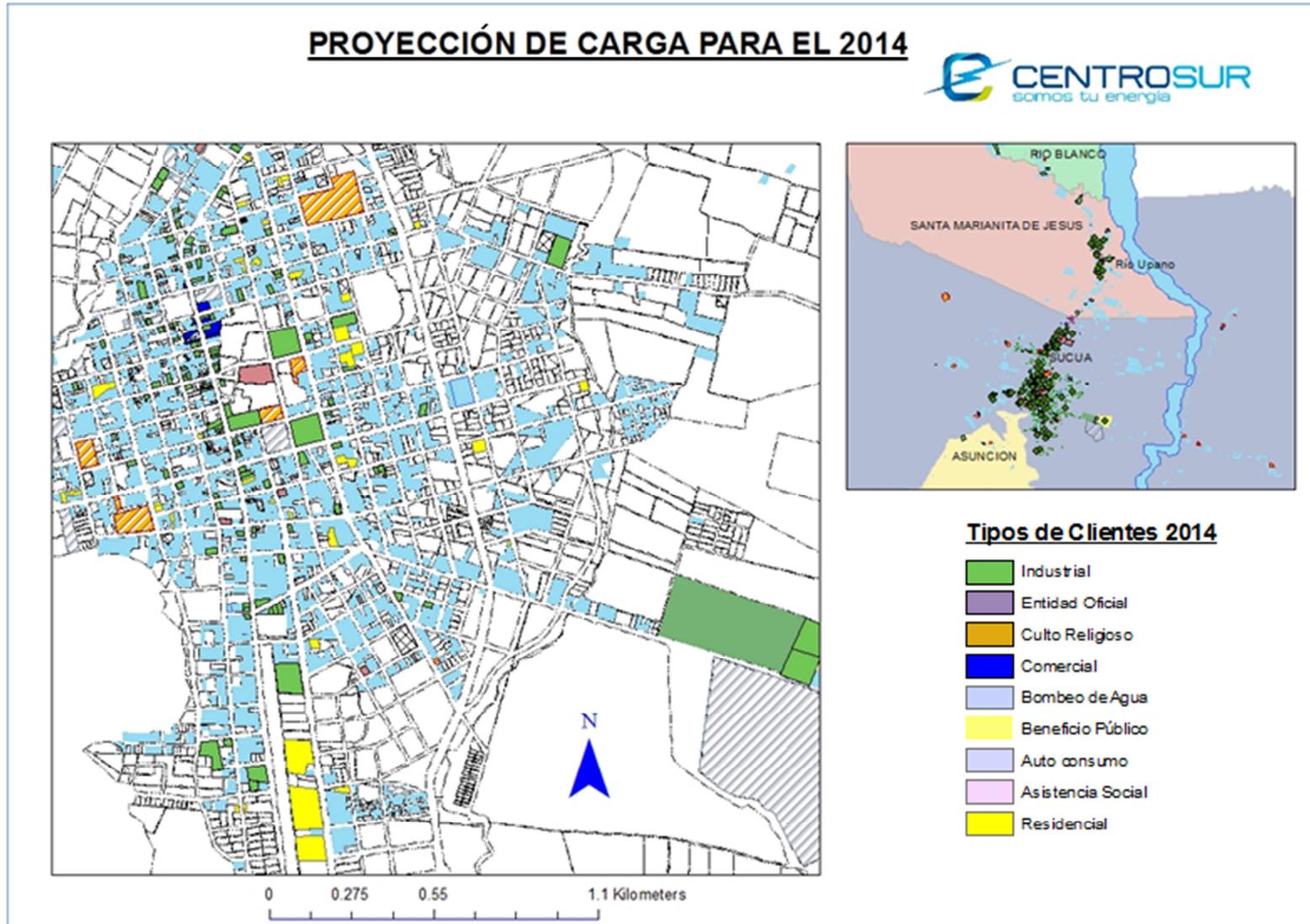


Figura 32 Proyección para el año 2014.

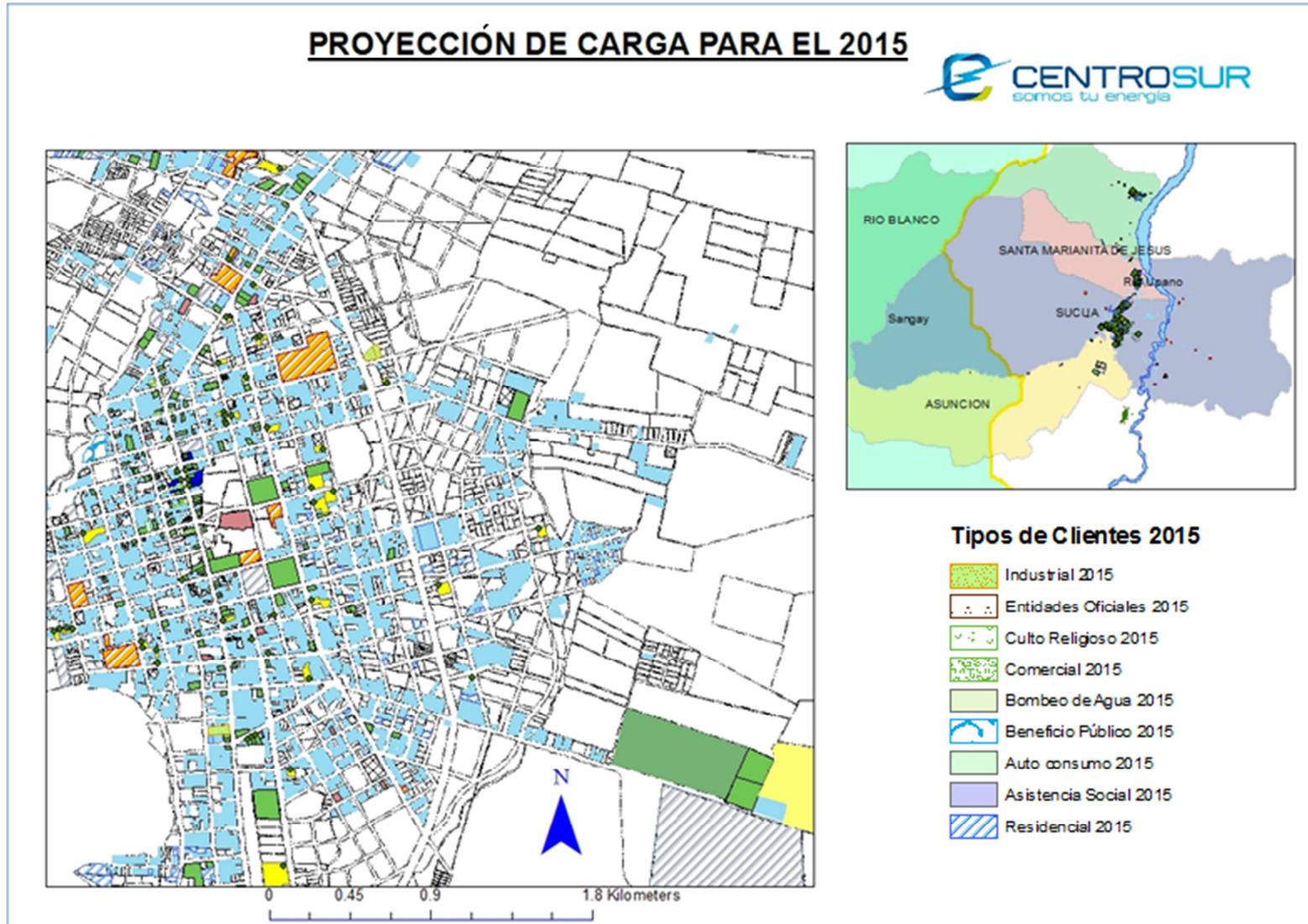


Figura 33 Proyección para el año 2015.

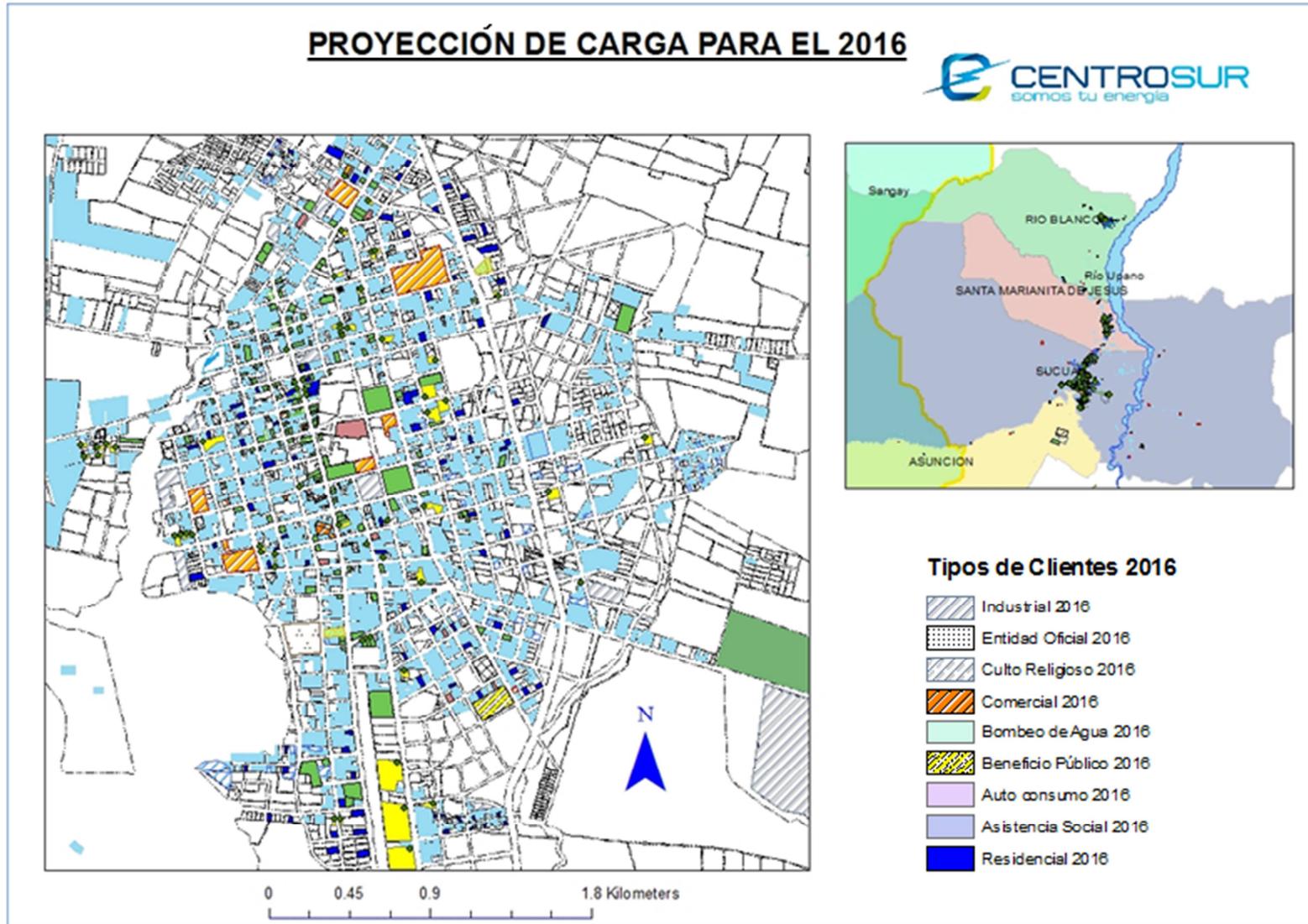


Figura 34 Proyección para el año 2016.

Finalmente para verificar las proyecciones realizadas es posible realizar la calibración de las mismas en base a los datos reales medidos año a año, una opción adicional sería considerar la proyección de demanda máxima del alimentador y calibrarla con respecto a este valor; sin embargo se debe considerar que la calibración se realizaría con respecto a un valor proyectado, el cual puede diferir con respecto al valor real.

5. Evaluación de Resultados

A continuación se procederá a la revisión y evaluación de los resultados obtenidos en cada uno de los pasos del modelo y su repercusión dentro de la pregunta de investigación.

5.1. Mapa de Uso de Suelo para año base

Dada la necesidad de tener información espacial como punto de partida, el primer punto del modelo permite evidenciar la complementación que da los SIG a la distribución eléctrica, pues permite identificar sus diferentes elementos actuales y adicionalmente considerar diversas fuentes que permiten ampliar la información para una mejora en el proceso de análisis y toma de decisiones.

5.2. Proyección de carga por clases

En este paso la información estadística y los procesos computacionales tienen un rol importante pues nos demuestran la necesidad de datos estadísticos y su manejo a través de modelos matemáticos así entonces con base a los datos de carga de un alimentador se puede obtener los valores de: factor de potencia, factor de densidad y establecer el parámetro de densidad de carga, este último refleja de manera matemática la relación entre la información geográfica y eléctrica dentro de los sistemas de distribución de energía. Finalmente en este punto se determina la proyección de la densidad de carga.

5.3. Proyección Global de Crecimiento

La determinación numérica del número de clientes y el área que estos ocuparan en el futuro es el objetivo de este punto, si bien estos números no nos permiten visualizar su afección geográfica si permiten establecer diferencias entre las cantidades actuales y las determinadas por la proyección, la cual reflejara el incremento o disminución de las variables consideradas.

5.4. Calibración del año base

Al considerar la incertidumbre del futuro no es posible realizar proyecciones exactas; sin embargo si podemos considerar minimizar los posibles errores al realizar una predicción.

Si consideramos que las empresa de distribución de energía eléctrica, realizan proyecciones de demanda de energía todo el tiempo, es correcto poder establecer estos puntos como referencia para el proceso de calibración o afinación de la variable geográfica

5.5. Proyección espacial de clientes

Este punto nos permite la visualización de las proyecciones realizadas a través de su ubicación geográfica, la presentación a través de medios como planos, mapas y presentaciones digitales.

En este punto culminante se destaca la apreciación de la variable matemática de densidad de carga, la cual detalla el proceso de proyección a través de los diferentes años considerados.

El uso del sistema de celdas permite una valoración visual de los niveles de densidad de carga y al poder visualizar de manera espacial se pueden emitir criterios para construcción de nueva infraestructura o la repotenciación de zonas consolidadas.

¿Cómo los sistemas de información geográfica (SIG), pueden ayudar a generar un modelo de proyección de demanda espacial de las Empresas de Distribución Eléctrica en el Ecuador y hasta qué punto es posible su aplicación como un modelo único?

5.6. Evaluación

La ayuda proporcionada por los sistemas de información geográfica a los sistemas de distribución de energía eléctrica permite mejorar el proceso de visualización lo que consecuentemente produce la elaboración de mejores criterios para toma de decisiones.

Al complementar esta ayuda con la factibilidad de una proyección, los valores acompañados de su ubicación geográfica, ocurre una maximización de los criterios para solventar los requerimientos de energía eléctrica a lo largo del tiempo.

Dado que los criterios utilizados son válidos para todas las empresas de distribución en el Ecuador, el modelo proporciona una herramienta válida como criterio unificado, al considerar que los resultados son particulares en cada situación y de igual manera los criterios que se utilicen para la solución respecto a la satisfacción de la demanda de energía eléctrica.

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

- El presente estudio puede ser utilizado como herramienta del marco teórico respecto a la aplicación de la metodología de proyección.
- Se tiene un alto de grado fiabilidad respecto a los datos de ingreso; sin embargo los resultados conllevan un grado de error implícito.
- El factor tiempo puede considerarse como una desventaja debido a que las proyecciones se realizan a nivel de consumidor; sin embargo al considerar las facilidades y prestaciones informáticas que existen al utilizar un SIG estas se ven superadas.
- El uso de SIG permite identificar las zonas verdes, vacantes, o no urbanizables; sin embargo para esto se requiere un mayor detalle respecto a la información que emiten los gobiernos municipales.
- El uso de los registro estadísticos referente al número de clientes por tarifa y los consumos de estos son variables que se encuentran dentro del SIG.
- El SIG como herramienta de apoyo en la aplicación de la metodología demuestra su importancia y evidencia la necesidad de ampliar el conocimiento respecto a su uso y aplicación.
- Existen limitantes respecto a las diferentes fuentes, pero es necesario establecer estos puntos como retos a superar y no usarlos como restrictivos.

6.2. Recomendaciones

- El uso de una metodología de proyección conlleva los retos del nuevo conocimiento y el mayor detalle se refleja en la cantidad de tiempo, pero se debe profundizar en el uso de las herramientas de un SIG para su mejorar el tiempo de respuesta.
- El uso de fotografías áreas o georeferenciadas podría mejorar la determinación de usos actuales y la ubicación de futuros asentamientos.
- En la nueva era de la información esta no se puede restringir, por lo cual la cooperación entre instituciones y sus usuarios es vital al momento de buscar el bien común.

Bibliografía

- Alfares, H. K. (2002). Electric load forecasting: literature survey and classification of methods. *International Journal of Systems Science*, 23-33.
- Borrego, M., Douglas, E., & Amelink, C. (2009). Quantitative, Qualitative, and Mixed Research Methods in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 53-66.
- CENTROSUR. (2007). Boletín Estadístico. *Trayectoria*, 52.
- CENTROSUR. (n.d.). *Empresa Electrica Regional Centro Sur C.A.* Retrieved Julio 21, 2013, from <http://www.centrosur.com.ec/centrosur/%C3%A1rea-de-concesi%C3%B3n-0>
- CONELEC. (2012). *Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2012-2021*. Quito: Publicaciones CONELEC.
- CONELEC. (n.d.). *Consejo Nacional de Electricidad*. Retrieved Julio 21, 2013, from web de CONELEC: <http://www.conelec.gob.ec/documentos.php?cd=4214&l=1>
- CONELEC. (n.d.). *Demanda Anual*. Retrieved Septiembre 13, 2014, from http://www.conelec.gob.ec/enlaces_externos.php?l=1&cd_menu=4227
- Consejo Editorial de la CENTROSUR. (2010). El Mercado Regulado. *Trayectoria*, 47-49.
- Creswell, J. W. (2002). *Reserach design: Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*. New York: Sage Publications.
- Equipo de Redactores de EDIBOSCO. (1992). *Metodología de la investigación Científica*. Cuenca: EDIBOSCO.
- ESRI. (n.d.). *GIS for Electric Distribution*. New York: ESRI Press.
- INEC. (n.d.). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Retrieved Julio 22, 2013, from <http://www.inec.gob.ec/home/>
- ISSUU. (n.d.). *Registro Oficial*. Retrieved Julio 22, 2013, from <http://issuu.com/publisenplades/docs/cootad>
- Meehan, B. (2007). *Empowering Electric and Gas Utilities with GIS*. New York, United States of America: ESRI Press.
- Meehan, B. (2013). *Modeling Electric Distribution with GIS*. New York: ESRI Press.
- Mo-yuen, C., & Hahn, T. (1997). Application of Fuzzy logic Technology for Spatial Load Forecasting. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol 12, No. 3 August, 1360-1366.

Panjon, L., & Cabrera, G. (2008). *Proyeccion de la Demanda mediante metodo de simulacion de uso de suelo*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Willis, H. L. (1996). *Spatial Electric Load Forecasting*. New York: MARCEL DEKKER INC.

Anexos

Datos de carga del alimentador 2112

En el siguiente cuadro se puede visualizar los datos de carga que se registran cada 15 minutos a nivel de cabecera de una subestación eléctrica, al graficar estos datos se obtiene la llamada Curva de Carga, la importancia de estos datos radica en la variación de los requerimientos de energía en el transcurso del tiempo, por lo cual un sistema de distribución de energía debe estar dimensionado para satisfacer la máxima demanda que se requiere y reducir los niveles de pérdidas durante el tiempo que esta infraestructura no funciona a plena capacidad.

HORA	P.(kW)	Q.(kVAR)
0:00	1226.50377	465.14011
0:30	1172.6585	456.30199
1:00	1138.49169	453.086291
1:30	1115.12482	448.952984
2:00	1091.68833	444.200171
2:30	1075.8605	438.612276
3:00	1068.42083	438.87052
3:30	1057.82048	435.803592
4:00	1056.76111	433.127118
4:30	1063.71321	434.236725
5:00	1074.63918	432.037159
5:30	1100.04281	430.546362
6:00	1121.12113	420.822633
6:30	996.003038	374.839482
7:00	998.696355	384.962085
7:30	1055.88028	413.819729
8:00	1106.58003	447.986253
8:30	1138.09197	472.437188
9:00	1178.60428	504.969756
9:30	1205.62222	520.336116
10:00	1233.5718	535.503741
10:30	1259.81276	551.302379
11:00	1283.96727	557.545428
11:30	1298.35118	566.133444
12:00	1297.42656	561.332071
12:30	1292.5449	560.538251
13:00	1281.10077	567.762346
13:30	1277.53952	568.871953
14:00	1279.97572	574.727917
14:30	1270.45213	576.656326
15:00	1264.63153	574.60104
15:30	1263.13961	569.034759
16:00	1263.51098	568.186203
16:30	1268.66098	560.642952
17:00	1273.5359	543.845022
17:30	1298.43399	530.253809
18:00	1436.84688	545.132312
18:30	1897.15137	631.471422
19:00	1997.71355	619.22813
19:30	1991.85366	607.642518
20:00	1952.89165	590.77329
20:30	1900.80861	584.426102
21:00	1834.36047	569.527669
21:30	1748.68353	548.774675
22:00	1642.1983	526.955584
22:30	1514.23419	509.681586
23:00	1417.61023	497.874783
23:30	1319.50024	483.893397