

## TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS .....	iii
TABLA DE CONTENIDOS .....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xx
RESUM.....	xxii
CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planificación de la distribución .....	3
1.3 Objetivo de la tesis .....	4
1.4 Contenido y estructura de la tesis .....	5
CAPÍTULO 2 : METODOLOGÍAS DE PLANIFICACIÓN DE REDES INTELIGENTES: ESTADO DEL ARTE .....	7
2.1 Introducción .....	7
2.2 Previsión de la demanda .....	8
2.2.1 Modelo Estadístico .....	9
2.2.2 Modelo basado en Inteligencia Artificial.....	11
2.2.3 Previsión de la Demanda Espacial.....	13
2.2.4 Previsión de la Demanda en Alimentadores Residenciales .....	14
2.2.5 Previsión de la Demanda en presencia de Respuesta de la Demanda.....	16

---

2.2.6	Previsión de la Demanda a corto plazo para Alimentadores .....	17
2.2.7	Previsión de la Demanda a corto plazo usando datos de medidores inteligentes ...	19
2.2.8	Previsión de la Demanda en China.....	21
2.2.9	Previsión de la Demanda en Sri Lankan.....	22
2.3	Criterios para la planificación de la red .....	23
2.4	Supuestos para la planificación de la red .....	23
2.5	Modelos de planificación .....	24
2.5.1	Según las restricciones asociadas .....	24
2.5.2	Según la naturaleza de las variables .....	24
2.5.3	Según la naturaleza de la formulación.....	24
2.5.4	Según la certeza de las variables .....	25
2.5.5	Según las etapas de planificación.....	25
2.5.6	Según el número de objetivos considerado en la optimización .....	25
2.6	EVOLUCION DE LOS MODELOS DE PLANIFICACION .....	25
2.6.1	Modelos de planificación .....	26
2.6.2	Progreso de la planificación y optimización de la generación distribuida .....	35
2.6.3	Esencia del análisis de series de tiempo .....	36
2.6.4	Algoritmos evolutivos de planificación de redes .....	37
2.7	Conclusiones del capítulo.....	38
CAPÍTULO 3 : DISEÑO DEL MODELO CONCEPTUAL PARA LA IMPLEMENTACION DE REDES INTELIGENTES .....		41
3.1	Introducción .....	41
3.2	Modelo conceptual según NIST [138] .....	42
3.2.1	Objetivos de la arquitectura de la red inteligente .....	43
3.2.2	Metodología de la arquitectura de las redes inteligentes.....	44
3.3	Agentes del mercado eléctrico .....	59
3.3.1	Introducción .....	59
3.3.2	Consumidores .....	60
3.3.3	Generadores.....	61
3.3.4	Plantas virtuales de generación (VPP) .....	63
3.3.5	Agregadores .....	65
3.3.6	Transportista.....	66

---

3.3.7 Distribuidor .....	67
3.3.8 Operador del sistema de transporte.....	68
3.3.9 Operador de distribución .....	69
3.3.10 Comercializador.....	70
3.3.11 Gestor de las transacciones Mayoristas .....	71
3.3.12 Modelo completo de mercado eléctrico minorista para Ecuador .....	72
3.4 Transacciones realizadas entre agentes del mercado .....	74
3.4.1 Transacciones entre el consumidor y otros agentes.....	74
3.4.2 Transacciones entre el generador y otros agentes.....	76
3.4.3 Transacciones entre la VPP y otros agentes .....	77
3.4.4 Transacciones entre el agregador y otros agentes.....	78
3.4.5 Transacciones entre el transportista y otros agentes .....	79
3.4.6 Transacciones entre el distribuidor y otros agentes.....	80
3.4.7 Transacciones entre el Operador del Sistema y otros agentes .....	81
3.4.8 Transacciones entre el Operador de distribución y otros agentes.....	82
3.4.9 Transacciones entre el comercializador y otros agentes.....	83
3.4.10 Transacciones entre el Gestor de las Transacciones Mayoristas y otros agentes...	85
3.4.11 Modelo completo de transacciones en el mercado eléctrico minorista de Ecuador .	86
3.5 Conclusiones del capítulo.....	89
CAPÍTULO 4 : DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES .....	91
4.1 Introducción .....	91
4.2 Modelo de arquitectura de comunicaciones.....	92
4.2.1 Modelo conceptual del NIST .....	92
4.2.2 Modelo UIT-T.....	93
4.2.3 Modelo IEEE 2030 .....	94
4.3 Diseño conceptual de Redes Inteligentes PROPUESTO .....	98
4.3.1 Red de área de Casa .....	98
4.3.2 Red de Área de Vecindad o Campo .....	98
4.3.3 Red de área amplia .....	99
4.3.4 Necesidades de Información de los Agentes.....	100
4.4 Arquitectura de comunicaciones .....	104
4.4.1 Infraestructura de comunicaciones propuesta .....	104

4.4.2	Gestión de Comunicaciones para Redes Inteligentes .....	107
4.4.3	Protocolos de Comunicación.....	111
4.5	Arquitectura tecnologías de la información .....	125
4.5.1	Infraestructura tecnologías de la información en la distribución .....	126
4.5.2	Propuesta nuevos sistemas de información para redes inteligentes.....	128
4.6	Aplicación a Ecuador.....	129
4.6.1	Aplicación al vehículo eléctrico .....	132
4.6.2	Aplicación a la Respuesta de la Demanda .....	135
4.7	Conclusiones del capítulo.....	140
<b>CAPÍTULO 5 : PREVISIÓN DE LA DEMANDA EN REDES INTELIGENTES .....</b>		<b>143</b>
5.1	Introducción .....	143
5.2	Descripción de la metodología .....	143
5.3	Diseño de escenarios para la previsión de la demanda .....	145
5.3.1	Definición de criterios de cuantificación de la integración de nuevos elementos ...	146
5.4	Obtención de Perfiles de consumidores en escenario base.....	148
5.4.1	Fase 1: Desagregación de la curva de demanda del alimentador o la zona.....	151
5.4.2	Fase 2: Asignación de perfiles a las cargas en el escenario base .....	155
5.5	Previsión del crecimiento del consumo en la zona .....	156
5.6	Impacto de los nuevos elementos de demanda.....	157
5.6.1	Obtención de CFS con mediciones disponibles.....	157
5.6.2	Obtención de CFS sin mediciones disponibles. Estudios de uso: vehículo eléctrico .....	161
5.6.3	Perfil del nuevo elemento de demanda.....	163
5.7	Impacto de los nuevos elementos de generación distribuida .....	163
5.7.1	Estimación de la potencia instalable .....	163
5.7.2	Perfil del nuevo elemento de generación distribuida .....	165
5.8	Implementación de estrategias para la gestión de la demanda .....	167
5.8.1	Descripción de programas de respuesta de la demanda .....	168
5.8.2	Estrategias a nivel de sistema (Time Of Use).....	169
5.8.3	Aplicación de TOU en pequeños consumidores .....	170

5.8.4	Aplicación de TOU en clientes con registro horario .....	172
5.8.5	Estrategias a nivel de redes inteligentes.....	172
5.9	Cálculo curvas de demanda en puntos de conexión .....	174
5.9.1	Cálculo del estado de carga de la zona troncal .....	175
5.9.2	Cálculo del estado de carga de la zona ramificada .....	175
5.10	Conclusiones del capítulo.....	178
<b>CAPÍTULO 6 : METODOLOGIA DE PLANIFICACION EN REDES INTELIGENTES .....</b>		<b>181</b>
6.1	Introducción .....	181
6.2	Planificación del sistema de distribución.....	181
6.3	Objetivos.....	183
6.4	Metodología de planificación de expansión/refuerzo.....	183
6.4.1	Descripción de la metodología .....	183
6.4.2	Datos de entrada al modelo .....	184
6.4.3	Descripción de las acciones de expansión/refuerzo consideradas .....	186
6.4.4	Procedimiento.....	187
6.4.5	Evaluación de costos .....	196
6.4.6	Resultados.....	204
6.5	Conclusiones del capítulo.....	204
<b>CAPÍTULO 7 : APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE PLANIFICACION EN REDES INTELIGENTES.....</b>		<b>207</b>
7.1	Introducción .....	207
7.2	Aplicación del diseño conceptual a la zona del plan piloto: subestación Belo Horizonte-Guayaquil.....	208
7.2.1	Integración de recursos energéticos distribuidos.....	208
7.2.2	Mecanismos de respuesta de la demanda .....	210
7.3	Cuantificación de los tres escenarios para el plan piloto de Guayaquil .....	213
7.3.1	Cocinas de inducción .....	214
7.3.2	Vehículos eléctricos .....	214
7.3.3	Instalaciones fotovoltaicas .....	222
7.4	Aplicación de la metodología de previsión de la demanda.....	225

7.4.1	Caracterización del consumo eléctrico en la zona piloto .....	226
7.4.2	Resultados de la previsión de la demanda en los escenarios .....	231
7.5	Aplicación de metodología de planificación de expansión/refuerzo a las zonas del plan piloto .....	243
7.5.1	Comprobación del estado inicial de la red (Escenario Base) .....	243
7.5.2	Introducción de nuevos elementos en la red de distribución .....	244
7.5.3	Análisis de los flujos de carga para los estados más desfavorables en los distintos escenarios .....	246
7.5.4	Identificación de elementos a reforzar en cada escenario .....	247
7.5.5	Selección de elementos a reforzar .....	251
7.5.6	Refuerzo a estado mínimo de cumplimiento de cargabilidad y tensiones .....	252
7.5.7	Análisis de mejora de la confiabilidad. Ubicación óptima de nuevos reconectores.....	253
7.5.8	Evaluación económica de las alternativas de refuerzo .....	256
7.5.9	Análisis de cargabilidad del transformador de la subestación .....	261
7.6	Conclusiones del capítulo.....	264
CAPÍTULO 8 : CONCLUSIONES.....		267
8.1	Conclusiones y contribuciones de la disertación .....	267
8.1.1	Identificación de necesidades .....	267
8.1.2	Desarrollo de una nueva metodología .....	268
8.1.3	Validación de la Metodología .....	268
8.2	Investigación futura.....	269
BIBLIOGRAFIA.....		271
ACRÓNIMOS .....		282