



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**DESCRIPCIÓN DE REDES INTELIGENTES (SMART GRIDS) Y
SU APLICACIÓN EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN
ELÉCTRICA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO**

MARCO VINICIO HERRERA GARCÍA
marcovinher@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. Gabriel Eduardo Cazco Castelli
eduardo.cazco@conelec.gob.ec

Quito, Enero 2013

DECLARACIÓN

Yo, Marco Vinicio Herrera García, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Marco Vinicio Herrera García

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Marco Vinicio Herrera García bajo mi supervisión.

Ing. Eduardo Cazco
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Las palabras se vuelven limitadas para expresar la inmensurable gratitud que siento hacia mis padres por su constante esfuerzo y dedicación que han sido una constante en mi vida y se constituyeron en el pilar que sustenta la consecución de esta meta, agradezco a mis hermanos por sus consejos y vivencias que se han convertido en otro de los fuertes cimientos de mi vida; a mis maestros por sus sabias enseñanzas impartidas en el diario vivir universitario, a mis compañeros por compartir la incesante lucha que pretende conseguir un mundo más justo; a pesar que tuvimos triunfos y derrotas estoy seguro que gracias a todo ese trabajo hoy somos mejores seres humanos que buscan un bienestar colectivo.

Finalmente quiero agradecer de manera especial al Ing. Eduardo Cazco quien dirigió este proyecto, a pesar de sus múltiples ocupaciones estuvo siempre con las puertas abiertas para brindar su apoyo incondicional y sus consejos a fin de constituirse en el sustento del presente estudio; de igual manera quiero agradecer al Ing. Gonzalo Uquillas director del Proyecto Redes Inteligentes Ecuador por su aporte y consejos y al Ing. Luis Marcial y a la EEASA por la apertura y apoyo que fueron el soporte del caso de estudio de este proyecto.

MARCO

DEDICATORIA

El presente proyecto constituye la culminación de una etapa llena de esfuerzo y sacrificio, en la que estudiar constituía la mayor preocupación al tener un hogar lleno de cariño y comprensión posible únicamente gracias a mis padres y su apoyo en los buenos y especialmente en los malos momentos de mi vida y a mis hermanos y su constante guía; por ello les dedico este logro que constituye el fruto de su esfuerzo. Este proyecto es también dedicado a mi cuñada por convertirse en una parte importante de mi familia y a mi sobrina, pues espero ser siempre su guía y ejemplo.

Quiero extender la dedicatoria a la mujer que ha compartido conmigo grandes momentos positivos y negativos, pues ella estuvo pendiente de que no desmaye en este caminar y me apoyó para conseguir culminar esta meta tan ansiada.

MARCO

RESUMEN

Las Redes de Distribución Eléctrica fueron un símbolo de progreso en años pasados, sin embargo la falta de innovación tecnológica que caracterizó al sector ha provocado su obsolescencia; por tal razón en la actualidad la infraestructura eléctrica está sufriendo transformaciones radicales que le permitan adaptarse a los grandes cambios que se han generado ya que las fuentes energéticas en especial las renovables se han multiplicado y el consumidor reclama un papel protagónico y activo en el suministro eléctrico; a más de ello es inaplazable la necesidad de administrar de manera eficiente los recursos en favor de la protección del medioambiente y el ahorro energético obligando a la inminente evolución del Sistema Eléctrico.

Bajo esta lógica se hace necesario el uso eficiente de la infraestructura eléctrica, hecho que da lugar a la creación del concepto de la Red Inteligente cuyo origen se debe a dos factores principales: el primero relacionado con el tráfico energético unidireccional que actualmente se dirige desde las empresas eléctricas hacia el consumidor y que resulta altamente ineficiente y el segundo enfocado desde el punto de vista de los usuarios que gracias a las Smart Grids podrán administrar su consumo energético de manera eficiente, controlando en todo momento su factura energética y aportando a la generación eléctrica gracias al uso de energías renovables a nivel distribuido.

Solo el uso eficiente de las redes eléctricas permitirá el crecimiento en aplicaciones y equipamiento de los usuarios y el almacenamiento de energía, factores que constituyen ejes en el desarrollo de las Redes Inteligentes y su posibilidad de aprovechar las energías renovables; sin embargo su desarrollo está ligado a la capacidad de coordinación entre todos los actores del sector eléctrico, las entidades de gobierno y el sector académico. La importancia de las Redes Inteligentes sale a flote con el solo hecho de constituir la solución a la extensa problemática de la red eléctrica actual, resaltando sus beneficios económicos, tecnológicos, ambientales y regulatorios dirigidos especialmente hacia el usuario que consigue un papel protagónico en el sistema eléctrico.

La tendencia mundial plantea iniciativas dirigidas a potenciar las energías alternativas y la eficiencia energética evidenciando el exponencial crecimiento del desarrollo e implementación de las Redes Inteligentes a nivel mundial, por su parte las empresas eléctricas priorizan mejorar la eficiencia administrativa y brindar un óptimo servicio, siendo beneficiadas por las soluciones Smart Grids; hechos que quedan al descubierto por la gran cantidad de proyectos internacionales estudiados, los mismos que deben constituirse en la base de la experimentación ecuatoriana permitiendo aprender de estas vivencias a fin de adaptarlas a la realidad nacional optimizando recursos y evitando replicar los errores cometidos y potencializando los esfuerzos de todos los involucrados.

Todos los países necesitan adaptar cuanto antes las redes eléctricas actuales y convertirlas en Redes Inteligentes para que la energía eléctrica generada en baja tensión pueda ser aprovechada por todos los usuarios de la red, pasando de un sistema centralizado a un sistema distribuido similar al internet en el que conviven una gran cantidad de productores y consumidores; Ecuador no puede estar exento de tan importante avance, en respuesta a lo cual el presente estudio pretende contribuir al conocimiento y desarrollo de esta tecnología en el país, en base al análisis del sistema de distribución y planteando un caso de estudio en el que se desarrolla una metodología para la implementación de las Redes Inteligentes en el Sistema de Distribución, la misma que se inicia evaluando el estado de la empresa con el Modelo de Madurez de Smart Grid, para posteriormente priorizar las necesidades de la empresa y desembocar en el mapa de ruta que constituye la base de la ejecución de proyectos relacionados con Redes Inteligentes.

PRESENTACIÓN

El proyecto de titulación denominado Descripción de Redes Inteligentes (Smart Grids) y su aplicación en los Sistemas de Distribución Eléctrica fue concebido a finales del año 2011 con el propósito de aumentar los insipientes conocimientos en Smart Grids que caracterizaban al país, a partir de esta época a raíz del esfuerzo de varios actores del Sistema Eléctrico Ecuatoriano se ha incrementado notablemente el interés sobre el tema; sin embargo apenas se están dando los primeros pasos y su estudio empieza a cobrar importancia como base para el futuro desarrollo. En virtud a ello este proyecto constituye un estudio introductorio del complejo mundo de las Redes Inteligentes, el mismo que sintetiza los aspectos más importantes de las Smart Grids, la tecnología que utilizan y su desarrollo a nivel mundial para aprovechar las experiencias internacionales y adaptarlas a la realidad del Ecuador sin reproducir los errores cometidos y optimizando el esfuerzo de todos los involucrados; a fin de cumplir con este propósito el proyecto se estructura de la siguiente manera:

El capítulo 1 aporta con el contenido preliminar e introductorio de las Redes Inteligentes, detallando la evolución de la red eléctrica y la problemática de la infraestructura actual que constituyen la motivación para la aparición de las Smart Grids cuya historia y definición se describen en el capítulo; adicionalmente se estudian los objetivos, ejes de desarrollo y tecnología relacionada con las Redes Inteligentes a más de los actores involucrados en el proceso de desarrollo y las barreras existentes en el mismo.

El capítulo 2 enfatiza la importancia de las Redes Inteligentes al compararlas con la red eléctrica actual y planteando a las Smart Grids como una respuesta a las necesidades del sector eléctrico; se analizan las características y beneficios de las Redes Inteligentes en los ámbitos: económico, tecnológico, ambiental y regulatorio; los mismos que se enfocan en el papel protagónico del consumidor acentuando en las ventajas que este y el sistema en general obtienen y los desafíos que las Smart Grids plantean en su desarrollo dentro del sector eléctrico y en especial en el sistema de distribución.

El capítulo 3 explica las experiencias internacionales en el desarrollo e implementación de proyectos relacionados con Redes Inteligentes; revisando los avances y estrategias de cada continente, destacando las vivencias y conclusiones de los planes ejecutados a fin de aprender de los errores cometidos y los aciertos logrados para adaptar de mejor manera este concepto en la realidad nacional, optimizando los esfuerzos que todos los involucrados brinden y tratando de lograr eficiencia en la implementación de las Redes Inteligentes en el Ecuador.

El capítulo 4 estudia la realidad del Sector Eléctrico Ecuatoriano en base a las estadísticas que anualmente emite el CONELEC, analizando los principales problemas que actualmente presenta y la necesidad de lograr eficiencia en el sistema; se detallan también los primeros pasos que se dan en el desarrollo de las Redes Inteligentes en base a la planificación e implementación de proyectos relacionados con Smart Grids y la ejecución del plan RIE (Redes Inteligentes Ecuador) que dirige el CENACE; disertación que permite desembocar en el caso de estudio que analiza la realidad del sistema de distribución ecuatoriano centrándose en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A. al diagnosticar su desarrollo en Redes Inteligentes mediante el Modelo de Madurez Smart Grid (SGMM), proyectando su visión en escenarios futuros en base a lo cual se priorizan los proyectos relacionados con la implementación de Redes Inteligentes en la empresa para desarrollar el mapa de ruta de su ejecución y finalizando con las experiencias que la empresa tiene con la medición inteligente en clientes especiales y el estudio de la factibilidad de implementación de proyectos de medición inteligente (AMI) para clientes residenciales.

El capítulo 5 resume las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron a lo largo del proyecto y del caso de estudio desarrollado.

CONTENIDO

CONTENIDO
RESUMEN
PRESENTACIÓN

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LAS REDES INTELIGENTES, HISTORIA Y EVOLUCIÓN.....	1
1.1 EVOLUCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ^{[1][2]}	2
1.1.1 PRIMERA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	3
1.1.2 SEGUNDA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	3
1.1.3 TERCERA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	3
1.2 PROBLEMÁTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL ^[2]	4
1.3 HISTORIA Y DEFINICIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES ^{[2][3][4][5][6][9]}	6
1.4 OBJETIVOS DE LAS REDES INTELIGENTES ^{[4][9][32][35][36]}	8
1.5 EJES DE DESARROLLO DE LAS REDES INTELIGENTES ^[10]	9
1.5.1 GENERACIÓN DISTRIBUIDA E INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	10
1.5.1.1 Energías Renovables ^{[37][38][39]}	10
1.5.1.1.1 Energía Solar.....	11
1.5.1.1.2 Energía Hidráulica ^[42]	13
1.5.1.1.3 Energía Eólica ^[43]	15
1.5.1.1.4 Energía Geotérmica.....	15
1.5.1.1.5 Energía Mareomotriz.....	16
1.5.1.1.6 Energía del Hidrógeno.....	16
1.5.1.2 Generación Distribuida ^{[2][44]}	17
1.5.1.2.1 Tipos de Sistemas de Generación Distribuida.....	18
1.5.1.2.2 Beneficios de la Generación Distribuida.....	19
1.5.1.2.3 Microrredes Eléctricas.....	20
1.5.2 GESTIÓN DE LA DEMANDA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA ^[11]	22
1.5.2.1 Beneficios de la Gestión de la Demanda ^[11]	22
1.5.2.2 Medidas para la Gestión de la Demanda ^[11]	23
1.5.2.3 Eficiencia Energética ^{[45][46]}	23
1.5.2.3.1 Eficiencia Energética en la Industria.....	24
1.5.2.3.2 Eficiencia Energética en Edificios y Oficinas.....	25
1.5.2.3.3 Eficiencia Energética en Viviendas.....	25
1.5.2.3.4 Eficiencia Energética en Alumbrado Público.....	27
1.5.2.4 Sistemas Domóticos ^[12]	27
1.5.2.5 Etiquetas de los Productos ^[12]	28
1.5.3 CONTADORES O MEDIDORES INTELIGENTES ^{[2][13][14]}	29
1.5.3.1 Definición de los Contadores Inteligentes.....	29
1.5.3.2 Tipos de Contadores Inteligentes.....	31
1.5.3.2.1 Contadores Tipo A.....	31
1.5.3.2.2 Contadores Tipo B.....	31
1.5.3.2.3 Contadores Tipo C.....	32
1.5.3.3 Componentes Adicionales del Sistema de Medición Inteligente.....	32
1.5.3.4 Beneficios de los Contadores Inteligentes.....	33
1.5.3.5 Amenazas de los Contadores Inteligentes ^[47]	34
1.5.4 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS ^{[2][48]}	35
1.5.4.1 Tipos de Vehículos Eléctricos.....	35
1.5.4.2 Rendimiento del Vehículo Eléctrico.....	36
1.5.4.3 Contaminación del Vehículo Eléctrico.....	36
1.5.4.4 Integración del Vehículo Eléctrico a la Red.....	37

1.5.4.5	Transportación Eléctrica.....	37
1.5.5	ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ^{[15][16]}	39
1.5.5.1	Almacenamiento mediante Hidroelectricidad Bombeada.....	39
1.5.5.2	Almacenamiento con Aire Comprimido (CAES)	39
1.5.5.3	Almacenamiento con Volante de Inercia (Flywheel)	40
1.5.5.4	Almacenamiento en Baterías.....	40
1.5.5.5	Almacenamiento en Superconductores Magnéticos (SEMS)	41
1.5.5.6	Almacenamiento en Supercapacitores.....	42
1.5.5.7	Almacenamiento Térmico.....	42
1.5.5.8	Almacenamiento con Hidrógeno.....	42
1.5.5.9	Desarrollo de las Tecnologías de Almacenamiento ^[5]	42
1.6	TECNOLOGÍA UTILIZADA EN LAS REDES INTELIGENTES ^[3]	44
1.6.1	SISTEMAS DE COMUNICACIONES.....	45
1.6.2	SENSORES Y MEDICIÓN.....	46
1.6.3	COMPONENTES CON TECNOLOGIA DE PUNTA.....	47
1.6.4	MÉTODOS AVANZADOS DE SUPERVISIÓN Y CONTROL.....	48
1.6.5	MEJORAMIENTO DE INTERFACES.....	49
1.6.6	UTILIZACIÓN DE SOFTWARE SOFISTICADO.....	49
1.7	ACTORES INVOLUCRADOS EN EL DESARROLLO DE LAS REDES INTELIGENTES ^{[2][3]}	50
1.7.1	GENERADORES.....	50
1.7.2	OPERADORES DE LAS REDES DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN.....	51
1.7.3	COMERCIALIZADORES.....	51
1.7.4	AGENTES GUBERNAMENTALES.....	51
1.7.5	CONSUMIDORES.....	52
1.7.6	INVESTIGADORES Y FABRICANTES DE EQUIPOS.....	52
1.8	BARRERAS EN EL DESARROLLO DE LAS REDES INTELIGENTES ^{[9][10][17]}	52

CAPÍTULO 2

IMPORTANCIA DE LAS REDES INTELIGENTES Y LA CONVENIENCIA DE SU UTILIZACIÓN.....		54
2.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL ^[18]	54
2.1.1	GENERACIÓN.....	55
2.1.2	TRANSMISIÓN.....	55
2.1.3	DISTRIBUCIÓN.....	56
2.1.4	OPERACIÓN DEL SISTEMA.....	56
2.2	COMPARACIÓN ENTRE LA RED ELÉCTRICA ACTUAL Y LAS REDES INTELIGENTES ^{[2][3][4][5]}	57
2.2.1	GENERACIÓN.....	57
2.2.2	TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN.....	58
2.2.3	GESTIÓN DE LA DEMANDA.....	58
2.2.4	OPERACIÓN DEL SISTEMA.....	59
2.3	CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS QUE RESALTAN LA IMPORTANCIA DE LAS REDES INTELIGENTES ^{[4][5][6][17][19]}	60
2.3.1	ÁMBITO ECONÓMICO.....	61
2.3.1.1	Optimización de la Infraestructura y Operabilidad de la Red Eléctrica.....	61
2.3.1.2	Mejorar la Calidad de la Energía Eléctrica.....	62
2.3.1.3	Apertura de Nuevos Mercados Eléctricos.....	63
2.3.2	ÁMBITO TECNOLÓGICO.....	64
2.3.2.1	Capacidad de Operación y Restablecimiento Automático del Sistema Eléctrico.....	64
2.3.2.2	Resistencia a Desastres Naturales o Provocados.....	65
2.3.3	ÁMBITO AMBIENTAL.....	66

2.3.3.1	Incremento de la Generación a través de Fuentes de Energía Renovables.....	66
2.3.3.2	Reducción de Emisiones Contaminantes.....	67
2.3.4	ÁMBITO REGULATORIO.....	67
2.3.4.1	Sensibilidad, Motivación y Participación del Usuario en el Sistema Eléctrico	68
2.3.4.2	Evolución de la Generación Centralizada a la Generación Distribuida.....	68
2.4	DESAFÍOS DE LAS REDES INTELIGENTES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA ^[18] ..	69
2.4.1	INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	71
2.4.2	OPERACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN Y ADAPTACIÓN DE LOS ACTORES DEL SISTEMA.....	71
2.4.3	APORTE DE LAS REDES INTELIGENTES Y SU GESTIÓN EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.....	72
2.4.4	INTEROPERABILIDAD DE LAS REDES INTELIGENTES.....	73
2.4.5	PARTICIPACIÓN ACTIVA DEL USUARIO EN LAS REDES INTELIGENTES.....	73

CAPÍTULO 3

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN REDES INTELIGENTES, EJECUCIÓN DE PROYECTOS ^[2]

3.1	INTERNATIONAL SMART GRIDS ACTION NETWORK (ISGAN) ^[6]	76
3.2	REDES INTELIGENTES EN EUROPA ^[49]	77
3.2.1	PLATAFORMA TECNOLÓGICA EUROPEA DE REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES (SMART GRIDS ETP) ^[50]	78
3.2.2	SMART GRID MALTA.....	78
3.2.3	PERSPECTIVA DE LAS REDES INTELIGENTES EN ESPAÑA ^{[71][8]}	79
3.2.4	SMART CITY, MÁLAGA ^{[51][52]}	81
3.2.5	PROYECTO STAR, CASTELLÓN ^[53]	82
3.2.6	PROYECTO ENERGOS ^[54]	83
3.2.7	PROYECTO GAD ^[20]	84
3.2.8	PROYECTO OPEN METER ^[55]	85
3.2.9	PROYECTO FENIX ^[56]	86
3.2.10	PROYECTO 22 URBAN LAB, BARCELONA ^[57]	87
3.2.11	AMSTERDAM SMART CITY ^[58]	88
3.2.12	SMART TRAFFIC ESTOCOLMO ^[59]	88
3.2.13	OTRAS INICIATIVAS EUROPEAS.....	89
3.3	REDES INTELIGENTES EN ASIA.....	90
3.3.1	REDES INTELIGENTES EN CHINA.....	90
3.3.1.1	Proyecto Yangzhou, China.....	91
3.3.2	REDES INTELIGENTES EN JEJU, COREA DEL SUR ^[60]	92
3.3.3	SMART GRID CITY SINGAPORE ^[61]	92
3.3.4	MASDAR CITY, ABU DHABI ^[62]	93
3.4	REDES INTELIGENTES EN ÁFRICA ^[63]	94
3.5	REDES INTELIGENTES EN AUSTRALIA ^[64]	95
3.5.1	SMART GRID, SMART CITY.....	96
3.5.2	NEWINGTON SMART VILLAGE.....	96
3.5.3	SMART HOME.....	97
3.6	REDES INTELIGENTES EN NORTE AMÉRICA ^{[65][66]}	98
3.6.1	SMART GRID CITY, BOULDER, COLORADO ^[67]	99
3.6.2	SMART GRID INNOVATION, RUSTON, LOUISIANA ^[68]	100
3.6.3	CONSUMERS ENERGY, JACKSON, MICHIGAN ^[69]	100
3.6.4	OHIO GRID SMART.....	101
3.6.5	SMART GRID ONTARIO.....	101
3.7	REDES INTELIGENTES EN AMÉRICA LATINA ^[6]	102

3.7.1	REDES INTELIGENTES EN MÉXICO ^[21]	103
3.7.1.1	Proyecto Piloto en el Valle de México.....	104
3.7.2	REDES INTELIGENTES EN CENTRO AMÉRICA ^[70]	106
3.7.3	REDES INTELIGENTES EN BRASIL.....	107
3.7.3.1	Ciudad Inteligente Buzíos, Brasil ^[71]	108
3.7.4	REDES INTELIGENTES EN CHILE.....	109
3.7.4.1	ESUSCON, Huatocondo, Chile ^[72]	110
3.7.5	REDES INTELIGENTES EN COLOMBIA ^[23]	111

CAPÍTULO 4

APLICACIONES DE LAS REDES INTELIGENTES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL ECUADOR ^{[24][25]}

4.1	GENERALIDADES ^[26]	114
4.2	SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO ^[26]	115
4.2.1	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	118
4.2.2	SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISIÓN.....	122
4.2.3	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	123
4.2.3.1	Clientes Finales de las Empresas Distribuidoras.....	124
4.2.3.2	Facturación a Clientes Finales de las Empresas Distribuidoras.....	126
4.2.3.3	Compra y Venta de Energía de los Sistemas de Distribución.....	128
4.2.3.4	Balance de Energía y Pérdidas del Sistema de Distribución.....	130
4.2.3.5	Características Técnicas de las Distribuidoras.....	133
4.3	PROYECTOS RELACIONADOS CON REDES INTELIGENTES EN ECUADOR ^[73]	135
4.3.1	CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA ^[27]	136
4.3.2	GENERACIÓN ELÉCTRICA Y USO DE ENERGÍAS RENOVABLES ^[73]	138
4.3.2.1	Grandes Proyectos de Generación Hidroeléctrica.....	138
4.3.2.2	Proyectos de Generación a través de Energía Solar.....	139
4.3.2.3	Proyectos de Generación a través de Energía Eólica.....	140
4.3.2.4	Proyectos de Generación a través de Biomasa.....	141
4.3.2.5	Proyectos de Generación a través de Recursos Geotérmicos.....	141
4.3.2.6	Proyectos Termoeléctricos con Energías Limpias.....	143
4.3.3	AMPLIACIÓN DEL S.N.T. Y UTILIZACIÓN DE PMU'S ^[25]	143
4.3.4	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA (SIGDE) ^[73]	144
4.3.5	PLAN DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (PLANREP) ^[73]	146
4.3.6	PROGRAMA DE ENERGIZACIÓN RURAL Y ELECTRIFICACIÓN URBANO-MARGINAL (FERUM) ^[73]	147
4.3.7	PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ^[73]	148
4.4	REDES INTELIGENTES EN ECUADOR (RIE) ^{[24][25]}	150
4.5	REDES INTELIGENTES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ^[28]	153
4.5.1	PROYECTO PILOTO DE REDES INTELIGENTES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN – PROYECTO AMI ELÉCTRICA DE GUAYAQUIL ^[74]	154
4.5.2	CASO DE ESTUDIO Y APLICACIÓN, EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. (EEASA) ^[29]	155
4.5.2.1	Generalidades de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.	156
4.5.2.2	Modelo de Madurez de Redes Inteligentes (SGMM) de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. ^[75]	157
4.5.2.3	Priorización de los Proyectos Relacionados con Redes Inteligentes en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.	163
4.5.2.4	Mapa de Ruta para la Transformación de la Red Eléctrica de la EEASA en una Red Inteligente ^[76]	166

4.5.2.4.1	Fase 1 – Fortalecimiento empresarial e incremento de la aceptación de los clientes.....	167
4.5.2.4.2	Fase 2 – Fortalecimiento de la infraestructura eléctrica e inserción de nueva tecnología.....	168
4.5.2.4.3	Fase 3 – Fortalecimiento de la red inteligente a través de nuevos productos, servicios y mercados.....	171
4.5.2.5	Experiencias piloto de Medición Inteligente en Clientes Especiales de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. ^{[30][31]}	174
4.5.2.6	Análisis de la Factibilidad Económica de la Instalación de Medidores Inteligentes en Clientes Residenciales de la Zona Urbana de Tungurahua por parte de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. ^[32]	178
4.5.2.6.1	Alternativa Tecnológica de Medición Inteligente ^[33]	179
4.5.2.6.2	Estudio Económico de la Implementación de Contadores Inteligentes.....	181
CAPÍTULO 5		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		187
5.1	CONCLUSIONES.....	187
5.2	RECOMENDACIONES.....	190
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		192
LIBROS, MANUALES Y SEMINARIOS.....		192
DIRECCIONES ELECTRÓNICAS.....		195
ANEXOS.....		198

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LAS REDES INTELIGENTES, HISTORIA Y EVOLUCIÓN

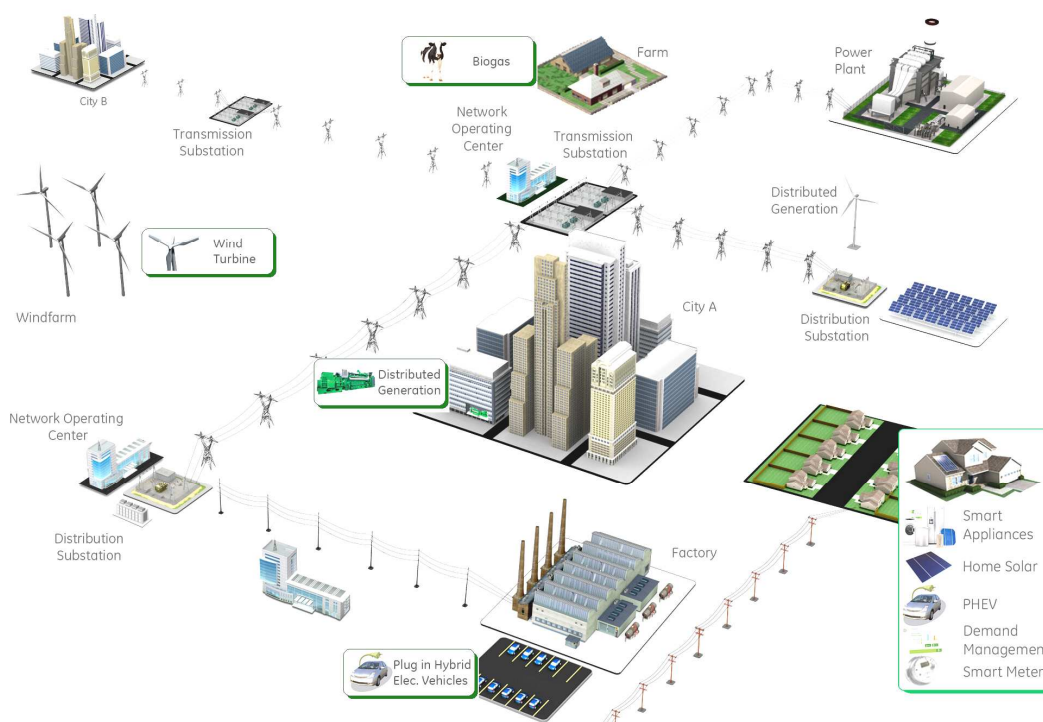


Gráfico 1.1: Red Inteligente de Energía Eléctrica

En la sociedad actual la electricidad es considerada como el bien básico de mayor importancia ya que sustenta el estilo de vida moderno y constituye la base para la mayor parte de actividades del hombre; a pesar de ello el acceso a este servicio no es universal y en más de cien años de utilización su infraestructura no ha sufrido cambios muy significativos; mientras que el estilo de vida y las necesidades de los usuarios han cambiado drásticamente desde entonces. Los consumidores y su estilo de vida ocasionan el constante incremento de la demanda de energía eléctrica, comportamiento que contribuye en gran medida al cambio climático que constituye uno de los mayores problemas mundiales y adicionalmente deja al descubierto la ineficiencia de la red eléctrica actual.

El sistema eléctrico existente fue diseñado y construido en una época durante la cual la energía eléctrica era relativamente barata y abundante por lo cual se priorizó su expansión; a pesar de ello en la actualidad el mundo se aproxima cada vez más rápido a una transición donde predominan conceptos innovadores como: la eficiencia energética, el uso de fuentes de energía renovables con bajas emisiones contaminantes, la generación distribuida y un rol más participativo del consumidor en la determinación de sus niveles de consumo. En tal contexto, la transformación de la actual red eléctrica en una Red Inteligente es imprescindible para tener éxito en el proceso de renovación, puesto que sin esta infraestructura los cambios afectarían notablemente la estabilidad del sistema eléctrico; incluso una mínima introducción de dichas tecnologías podría ser suficiente para causar inestabilidad y aumentar los riesgos de apagones.

Es evidente que proveedores y usuarios van tomando conciencia de la necesidad de cambio hacia tecnologías limpias y amigables, su participación y la de los gobiernos evitará que a futuro la infraestructura de la red eléctrica se transforme en un cuello de botella, que obstaculice el camino hacia un futuro sustentable y no contaminante posible gracias al desarrollo de las Redes Inteligentes cuya evolución, descripción, objetivos, componentes, tecnología utilizada y barreras de desarrollo se detallan en el presente capítulo a fin de comprender claramente todo lo que engloban para su posterior análisis y posible aplicación en el Sistema de Distribución del Ecuador.

1.1 EVOLUCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ^{[1][2]}

El Sistema Eléctrico ha tenido cambios limitados en su estructura y funcionamiento, sin embargo es importante conocer su evolución para comprender de mejor manera la transformación profunda que se avecina debido a la aparición de las Redes Inteligentes que constituyen la mayor evolución del sector eléctrico.

1.1.1 PRIMERA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El gestor de la primera evolución del Sistema Eléctrico es Thomas A. Edison al crear una primitiva red eléctrica de corriente continua en 1881 y una central de generación en 1882, esta etapa se caracteriza por la innovación en conceptos, dispositivos eléctricos y modelos de negocio. La visión fundamental es iluminar usando electricidad, siendo el invento más destacado la bombilla eléctrica, mientras que la generación y transmisión de electricidad a las casas desde estaciones generadoras se basa en un modelo de negocio caracterizado por la venta de electricidad, dispositivos e instalaciones.

1.1.2 SEGUNDA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Esta etapa se caracteriza por desplazar el uso de corriente continua por corriente alterna, tecnología concebida por Nikola Tesla y George Westinghouse. En 1895 se dan las primeras transmisiones de energía eléctrica a larga distancia, desde Niagara Falls a Búfalo (22km). La visión principal es que la generación no tiene que estar cercana al consumo sino a la fuente primaria de energía, el uso de la corriente alterna supera las limitaciones de la transmisión de energía.

1.1.3 TERCERA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

La actual infraestructura eléctrica es inadecuada ya que no se diseñó para cubrir las necesidades de la sociedad digital, razón por la cual es ineludible una tercera evolución del sistema eléctrico que se caracterice por crear una infraestructura más fuerte y estable, vital para sustentar la sociedad digital; dando paso a la aparición y desarrollo de las Redes Inteligentes.

La tercer y mayor evolución del Sistema Eléctrico se facilita con los vertiginosos avances tecnológicos de los últimos años que hacen que cada vez se vean más cercanas realidades como: un auto que se conecte al sistema eléctrico y elija si vender la energía almacenada en sus baterías o cargar el auto al precio que designe la demanda del sistema, una casa que sea capaz de abastecer su consumo eléctrico e incluso entregar a la red los excedentes generados a nivel distribuido en base a fuentes renovables, nuevos servicios de suministros que permitan elegir cuando, cuanto y a que precio consumir energía y otras aplicaciones antes impensadas.

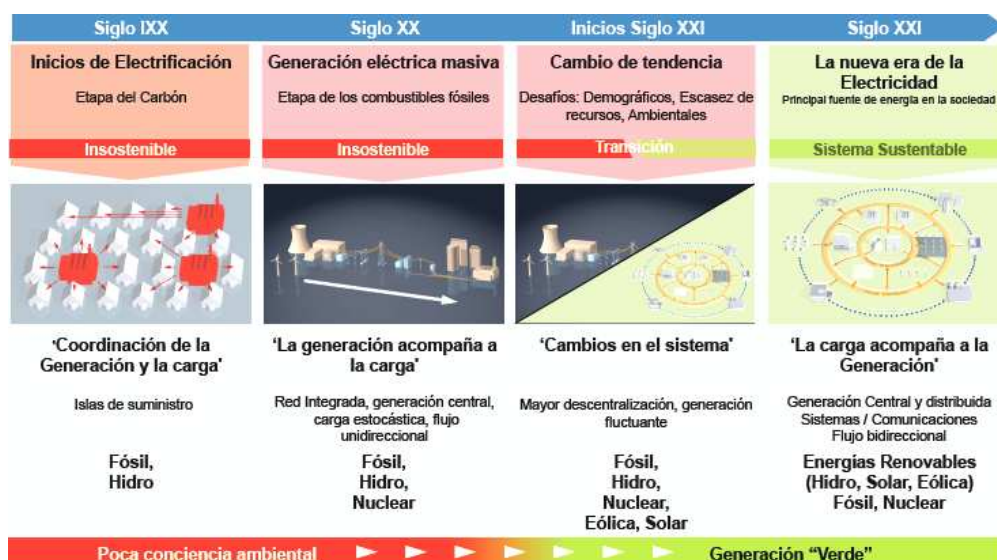


Gráfico 1.2: Evolución de la Red Eléctrica

El sector eléctrico durante décadas se ha mantenido intacto, mientras que la innovación tecnológica ha cambiado radicalmente a otros sectores industriales, actualmente es necesario renovar la infraestructura eléctrica y dotarle de inteligencia a fin de superar la problemática del Sistema Eléctrico actual.

1.2 PROBLEMÁTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL ^[2]

El Sistema Eléctrico desde su origen cumple funciones básicas y tradicionales (generación, transmisión y distribución), en consecuencia a ello es necesario que

brinde mayores servicios al consumidor adaptándose al constante incremento de la demanda y al considerable aumento de las energías renovables.

En los últimos años los problemas y necesidades de las redes eléctricas han ido creciendo y van desde la antigüedad de la infraestructura e improductividad económica hasta la necesidad de integrar energías renovables y el vehículo eléctrico; entre los principales problemas de la infraestructura eléctrica se encuentran:

- El combustible de origen fósil utilizado por las plantas de generación térmica ocasiona altos niveles de contaminación y su precio es elevado.
- En horas específicas se producen picos de demanda que obligan a la utilización de centrales de generación costosas que cubran la necesidad de energía, lo cual incrementa el costo de la electricidad.
- Los usuarios no pueden integrar al sistema durante los picos de consumo los excedentes de la energía que producen en base a energías renovables.
- Gran parte de las centrales de generación utilizan combustibles fósiles (petróleo, carbón, etc.) con las consecuentes emisiones de humo y gases contaminantes que provocan el efecto invernadero.
- Actualmente la fiabilidad eléctrica es muy alta, sin embargo todavía existen grandes pérdidas económicas y sociales ocasionadas por apagones.
- El monitoreo de la red es insuficiente, las empresas detectan fallas y apagones cuando los usuarios los reportan; siendo necesario el desplazamiento físico de los empleados para determinar con exactitud los componentes dañados y la gravedad del problema.
- Las fallas que no son detectadas puede provocar daños en cascada debido a la congestión y sobrecarga que se produce.
- La infraestructura eléctrica se basa en obras de gran antigüedad con tecnología y servicios obsoletos que generan altas pérdidas técnicas.
- El contacto normal del usuario con la empresa eléctrica es para recibir la factura mensual y en casos especiales cuando existen daños o reclamos lo cual genera una imagen negativa de la empresa por parte del usuario.

- Existen pocas opciones de tarifas, incentivos y programas de eficiencia promovidos por las empresas eléctricas o el estado a los usuarios.
- La electricidad que actualmente utiliza la sociedad constituye una pequeña proporción de la energía total que necesita para sus actividades, a mediano plazo se espera que la electricidad tenga una mayor participación en las actividades cotidianas especialmente en la movilidad.

Para dar respuesta a la amplia problemática del Sistema Eléctrico actual es necesaria la transformación de la red eléctrica en una Red Inteligente.

1.3 HISTORIA Y DEFINICIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES^{[2][3][4][5][6][9]}

Las Redes Eléctricas Inteligentes aparecen con la intención de optimizar el control del consumo energético y mejorar los sistemas de monitorización de la red, en 1980 aparecen los primeros medidores automáticos que se utilizaban para monitorear el consumo de millones de clientes, este hecho sirvió de base para que en 1990 se cree una infraestructura avanzada que era capaz de determinar la cantidad de energía que se utilizaba en diferentes momentos del día.

En el 2000 Italia crea el primer proyecto masivo de contadores inteligentes que abarcó cerca de 27 millones de hogares, en este proyecto se utilizó medidores inteligentes conectados a través de una línea de comunicación.

El concepto integral de la Red Inteligente fue concebido en el año 2005 cuando se crean las primeras comisiones europeas para dar solución a una serie de nuevas necesidades del Sector Eléctrico, estas comisiones y proyectos de estudio buscan formular y promover una visión de cambio en la generación, transmisión, distribución y regulación de los mercados eléctricos, con el fin de promover y guiar el estudio y cambios requeridos para cubrir dichas necesidades.

La definición de la Red Eléctrica Inteligente se basa en múltiples criterios todavía no unificados; sin embargo de manera general se puede definir a las Smart Grids como una amplia gama de soluciones que optimizan el uso eficiente de la energía eléctrica, es decir que Smart Grids es la evolución de la red eléctrica.

Dentro de las definiciones más comunes de las Redes Inteligentes se tiene:

- Smart Grid es una red que integra de manera inteligente las acciones de los actores que se encuentran conectados a ella: generadores, consumidores y aquellos que son ambas cosas a la vez, con el fin de conseguir un suministro eléctrico eficiente, seguro y sostenible.
- La Red Inteligente constituye un sistema que integra innovadoras vías de transporte y distribución de electricidad con tecnología digital permitiendo una comunicación en tiempo real entre consumidor, distribuidor, transportista y generador mediante dispositivos que hacen más eficiente y sostenible el consumo energético, facilitando a cada uno de estos agentes, la forma de operar en un libre mercado de intercambio de electricidad.
- Smart Grid hace referencia a la modernización del Sistema Eléctrico de manera que este pueda monitorear, proteger y optimizar automáticamente las operaciones de todos sus elementos interconectados, desde los generadores centralizados y distribuidos a través de la red de alto voltaje y el sistema de distribución, hasta los usuarios industriales y los sistemas de automatización de edificios, las instalaciones de almacenamiento de energía y los usuarios finales con sus termostatos, vehículos eléctricos, electrodomésticos y otros aparatos.
- Una red eléctrica inteligente es un sistema interconectado de tecnologías de información y comunicación con infraestructura de generación, transmisión y distribución eléctrica.
- Smart Grid no es más que dar el paso de una red centralizada y pasiva que funciona en un único sentido (de proveedores a consumidores) a un modelo de red computarizada donde cada nodo es emisor y receptor, productor y consumidor a la vez.

- La red inteligente es la evolución del sistema que gerencia la demanda eléctrica de una manera sostenida, económica y confiable construida sobre una infraestructura avanzada y ajustada para la integración del comportamiento de todos los involucrados.

En conclusión una Red Inteligente corresponde a la actualización de la red eléctrica tradicional agregando múltiples elementos y mecanismos de generación eléctrica a nivel distribuido, con variados operadores que emplean diferentes niveles de comunicación y conexión. Smart Grids tiene el efecto de aumentar la conectividad, la automatización y la coordinación entre los proveedores, los consumidores y las propias redes que realizan tanto la transmisión a largas distancias, como la distribución local; incluyendo un nuevo sistema de control que realiza con precisión el seguimiento y la medición de toda la electricidad que fluye en el sistema, pudiendo incorporar líneas de transmisión superconductoras para reducir las pérdidas e integrar al sistema fuentes alternativas de energía renovable no convencional y movilidad eléctrica.

El concepto de Red Inteligente no es resumible en dispositivos específicos, cosas o actos concretos; refleja una visión integral del sistema, un conjunto de acciones que apoyadas por una actualización de la infraestructura, permiten conseguir objetivos determinados en función de las políticas energéticas de cada país.

1.4 OBJETIVOS DE LAS REDES INTELIGENTES ^{[4][9] [32][35][36]}

Las Smart Grids permiten mejorar el control, monitoreo, comunicación e información de los diferentes actores utilizando equipos innovadores con el propósito de favorecer la integración de tecnologías presentes y futuras y poder optimizar la red, con lo cual se pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Automatizar la red eléctrica permitiendo realizar un mantenimiento eficiente de toda la infraestructura, incluyendo la gestión remota.

- Lograr una inmediata variación y adaptación del sistema a cambios en la oferta (uso masivo de generación distribuida con fuentes renovables) y la demanda (nuevos equipos de consumo como el vehículo eléctrico).
- Permitir la participación del usuario, desarrollando la generación distribuida con cientos de instalaciones pequeñas en armonía con el sistema.
- Facilitar la integración de la generación intermitente y nuevas tecnologías de almacenamiento de energía de distinto tipo, tamaño y tecnología.
- Entregar energía eléctrica con mejor nivel de seguridad y confiabilidad.
- Facilitar el uso de vehículos eléctricos que constituyen cargas móviles y dispersas en la red a fin de aprovechar su posibilidad de almacenamiento de energía minimizando el cambio de la infraestructura eléctrica.
- Gestionar adecuadamente la demanda eléctrica logrando que los consumidores administren de manera eficiente su consumo.
- Conseguir que el flujo de energía y comunicaciones sean bidireccionales.
- Robustecer la red, mejorando su operación, los índices de calidad y disminuyendo las pérdidas y la necesidad de inversión futura.
- Reducir significativamente las emisiones contaminantes de toda la operación del sistema con la consecuente disminución del impacto ambiental que producen.

La conversión de la red actual en una Smart Grid ofrece un amplio espectro de oportunidades y desafíos para lograr tener mejores y más inteligentes formas de uso de la electricidad y por ende nuevos y mejores estilos de vida que se sustentan en los ejes de desarrollo de las Redes Inteligentes.

1.5 EJES DE DESARROLLO DE LAS REDES INTELIGENTES ^[10]

Las Redes Inteligentes involucran múltiples factores, por ello es conveniente definir las Smart Grids en ejes específicos que surgen como respuesta a las propias necesidades y objetivos del Sistema Eléctrico, las más importantes e inmediatas son las siguientes:



Gráfico 1.3: Ejes de desarrollo de las Redes Inteligentes

1.5.1 GENERACIÓN DISTRIBUIDA E INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

El costo de la generación eléctrica a través de energías basadas en combustibles fósiles cada vez aumenta, a más de ello es impostergable la necesidad de reducir los niveles de contaminación que producen; por tal motivo las energías renovables cobran importancia y se masifica su utilización dentro del sistema energético mundial, facilitando así la autogeneración del consumidor o generación distribuida. Esta situación cambia por completo el funcionamiento del sistema eléctrico ya que cualquier vivienda es considerada un posible generador que utiliza energías renovables, este hecho hace que la generación distribuida constituya uno de los ejes de desarrollo de las Redes Inteligentes; en tal contexto para comprender de mejor manera estos conceptos, se da una breve explicación de los principios fundamentales de las energías renovables a nivel distribuido.

1.5.1.1 Energías Renovables ^{[37][38][39]}

Las energías renovables se obtienen de fuentes naturales e idealmente inagotables que existen en grandes cantidades o tienen capacidad natural de

regeneración, su principal ventaja es contribuir al equilibrio territorial pudiendo instalarse en zonas rurales y aisladas con la consecuente disminución de la dependencia de fuentes externas. Las energías renovables pueden ser: no contaminantes que incluyen solar, hidráulica, eólica, geotérmica y mareomotriz; y contaminantes como la biomasa y biocombustibles; comúnmente al hablar de energías renovables se considera únicamente a las no contaminantes cuyo impacto ambiental es 31 veces menor que el de las energías convencionales.

Las energías renovables son de naturaleza variable e intermitente, dificultando lograr un equilibrio entre generación y consumo; algunas de estas fuentes presentan mayor generación cuando la demanda es menor, hecho que conlleva a que en muchos momentos exista un excedente desperdiciado. La integración masiva y eficaz de la generación distribuida y el aprovechamiento del potencial de las energías renovables es uno de los mayores aportes de las Smart Grids.

1.5.1.1.1 *Energía Solar*

El sol es el centro de las energías renovables, provoca diferencia de presión que da origen al viento (energía eólica); permite el ciclo del agua al causar la evaporación que provoca la formación de nubes y la lluvia (energía hidráulica); sirve a las plantas en su vida (biomasa) y se usa como fuente directa de energía.

1.5.1.1.1.1 **Energía Solar Térmica** ^[40]

La energía solar térmica consiste en aprovechar la radiación solar para generar calor, la energía se recoge mediante paneles y el calor resultante se destina para el consumo y calefacción doméstica o industrial; el uso de esta energía permite reducir más del 25% del consumo de energía convencional en viviendas con la consecuente reducción de gases contaminantes producto del uso de combustibles fósiles; su utilización masiva actualmente se limita por el alto costo de instalación.



Gráfico 1.4: Energía solar térmica

El calor solar también se puede usar para generar electricidad mediante una central termosolar que aprovecha el calor para calentar agua y al evaporarla hace que mueva un alternador para generar energía eléctrica como en una central térmica, siendo una tecnología factible de aplicar en la generación distribuida.

1.5.1.1.1.2 Energía Solar Fotovoltaica ^[41]

La energía solar fotovoltaica consiste en transformar en electricidad la radiación solar a través de paneles compuestos por semiconductores tipo diodo (células fotovoltaicas), los paneles al recibir radiación solar generan saltos de electrones generando diferencias de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de los paneles permite obtener voltajes en corriente continua, sin embargo se puede transformar en corriente alterna mediante un inversor para usarse de manera directa o ser almacenada en baterías para aprovecharla en horas nocturnas; incluso es posible inyectar la electricidad a la red eléctrica.

La energía solar fotovoltaica es uno de los tipos de energía renovable de mayor uso en la generación distribuida, puede aprovecharse en dos tipos de sistemas:

- Sistema aislado o tipo isla que es de poca potencia y se utiliza en lugares de difícil acceso a la red eléctrica, por ejemplo comunidades aisladas por selvas, montañas o islas, estaciones meteorológicas, etc.

- Sistema conectado a la red en el que se genera energía en corriente continua a bajo voltaje (380 a 800V), se transforma en corriente alterna con un inversor y se eleva a medio voltaje (15 a 25kV) en un centro de transformación para posteriormente inyectarse a la red eléctrica.

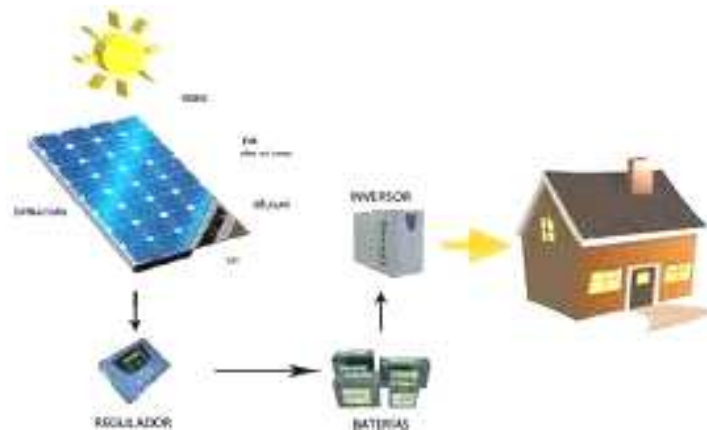


Gráfico 1.5: Energía solar fotovoltaica

1.5.1.1.2 *Energía Hidráulica* ^[42]

La energía hidráulica se obtiene a partir de la energía potencial asociada al salto de agua entre dos puntos a diferente altura, las centrales hidroeléctricas convierten en electricidad el movimiento de las turbinas que se genera al precipitar esta agua; la generación hidráulica puede darse en grandes centrales ubicadas junto a la fuente energética o en microcentrales instaladas en forma distribuida cerca de los consumidores, estas dos formas de generación pueden coexistir con el uso de las Redes Inteligentes.

1.5.1.1.2.1 **Grandes Centrales Hidroeléctricas**

La central hidroeléctrica evoluciona del antiguo molino que usaba el caudal de los ríos para mover una rueda, su principal problema es la necesidad de construir infraestructuras grandes para su funcionamiento lo cual genera un fuerte impacto ambiental; adicionalmente depende de las condiciones climatológicas aunque su principal ventaja es que no provoca contaminación, su uso se mantendría en las Redes Inteligentes pero con menor impacto que el actual.

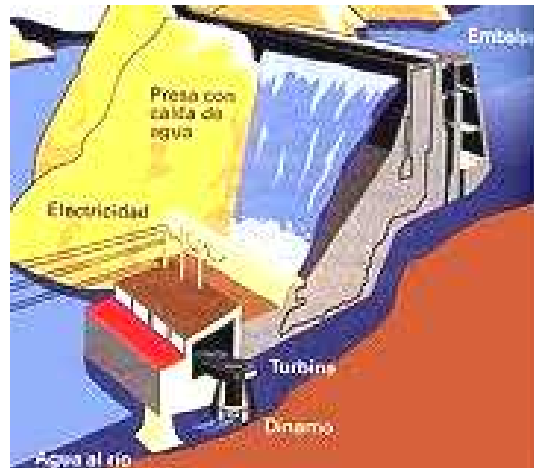


Gráfico 1.6: Central hidroeléctrica

1.5.1.1.2.2 Microcentrales Hidroeléctricas

Las microcentrales hidroeléctricas no requieren grandes construcciones para funcionar, por tal razón su impacto ambiental es menor y prácticamente no contaminan pudiendo trabajar en forma continua; se clasifican en: picocentrales (hasta 5kW), microcentrales (5 a 100kW) y Minicentrales (100 a 1.000kW).

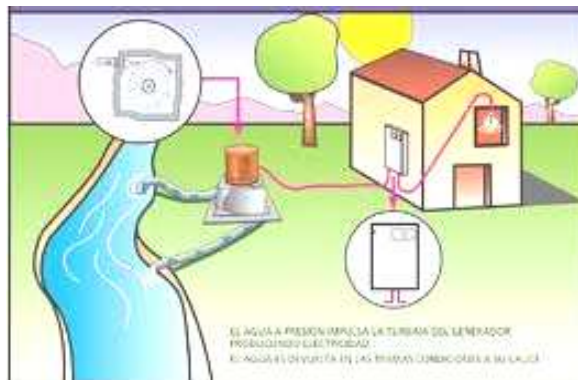


Gráfico 1.7: Microcentral hidroeléctrica

En zonas donde existen ríos, vertientes o acequias de caudal constante, se puede generar electricidad a través de microcentrales hidráulicas equipadas con generadores de bajo voltaje y alta eficacia que alimentan un banco de baterías.

1.5.1.1.3 *Energía Eólica* ^[43]



Gráfico 1.8: Generación eólica

La energía cinética del viento se transforma en electricidad al mover las hélices de turbinas que hacen girar el eje central de un generador eléctrico, el conjunto e interconexión de estas turbinas constituye un parque eólico que es la principal aplicación de la energía eólica, la misma que requiere condiciones óptimas y regulares del viento para poder aprovecharlo, se considera que una velocidad entre 5 y 12,5m/s es la mejor. La gran ventaja de esta energía es su crecimiento acelerado ya que en el 2020 podría cubrir el 12% de la electricidad mundial, hecho que se facilita con la aparición de las Redes Inteligentes.

1.5.1.1.4 *Energía Geotérmica*

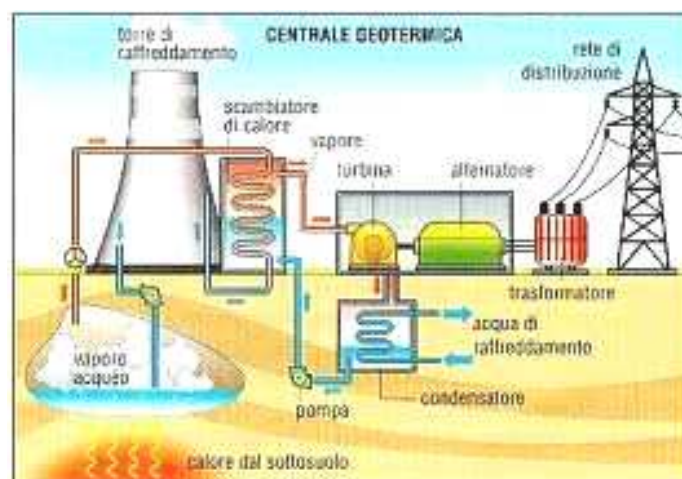


Gráfico 1.9: Generación geotérmica

La energía geotérmica se obtiene al aprovechar el calor generado en el interior de la tierra que llega a la corteza terrestre alcanzando temperaturas de alrededor de 5.000°C, en algunas zonas del planeta cerca de la superficie las aguas subterráneas pueden alcanzar temperaturas de ebullición y el vapor de agua al pasar por una turbina conectada a un generador produce electricidad.

1.5.1.1.5 *Energía Mareomotriz*

La energía mareomotriz se debe a fuerzas gravitatorias entre la luna, la tierra y el sol que originan las mareas por la diferencia de altura de los mares según la posición relativa entre estos astros; la diferencia de altura se aprovecha en lugares estratégicos como golfos o bahías utilizando turbinas que se interponen en el movimiento natural del agua y mediante mecanismos de canalización y depósito mueven un eje que al acoplarse al alternador genera electricidad.

La energía marina puede ser producida también por las olas, la salinidad y las diferencias de temperatura del océano, dicha energía se puede aprovechar para generar electricidad teniendo: energía de las olas, olamotriz o undimotriz; energía de las corrientes marinas que convierte la energía cinética al emplear instalaciones submarinas para corrientes de agua; energía maremotérmica que aprovecha la diferencia de temperaturas entre la superficie del mar y las aguas profundas y energía osmótica que es la energía de los gradientes de salinidad.

1.5.1.1.6 *Energía del Hidrógeno*

El hidrógeno es un elemento muy abundante en el universo aunque no se encuentra en estado puro, para obtenerlo es necesario utilizar otras energías en procesos previos; el hidrógeno se transforma en electricidad usando una tecnología similar a la fabricación de pilas que transforman la energía química en electricidad.

1.5.1.2 Generación Distribuida ^[2] [44]

La Generación Distribuida (GD) conocida como Generación In-Situ o Generación Dispersa es posible gracias a la utilización de pequeñas fuentes de generación que aprovechan las energías renovables para producir electricidad en los sitios de consumo, su origen se remonta al inicio de la industria eléctrica donde la generación se daba en el sitio de consumo; años después por acción del crecimiento demográfico la industria cambió hacia el esquema de generación centralizada ubicada cerca de la fuente primaria de energía en el centro del consumo, mientras que los consumidores crecían a su alrededor.



Gráfico 1.10: Generación distribuida

En los años setenta por factores energéticos (crisis petrolera), ecológicos (cambio climático) y el crecimiento de la demanda a nivel mundial se planteó la necesidad de alternativas tecnológicas para asegurar el suministro oportuno, la calidad de la energía eléctrica, el ahorro y el uso eficiente de los recursos naturales sin emitir gases contaminantes. La principal alternativa es generar electricidad en el lugar de consumo como se hacía al inicio de la industria eléctrica pero incorporando las ventajas de la tecnología moderna y el respaldo de la red eléctrica, para compensar cualquier requerimiento adicional de compra o venta de energía.

El incremento de la Generación Distribuida se debe a la existencia de nuevas tecnologías que permiten generar electricidad en forma eficiente, confiable y de

calidad; hecho posible gracias a la utilización de Redes Inteligentes cuyos componentes permiten la fácil adaptación de la GD al sistema. El uso de los sistemas de Generación Distribuida varía de acuerdo a la potencia del sistema de generación (cientos de kW hasta decenas de MW), sus principales usos son: electrificación rural, servicios municipales, autoabastecimiento y soporte a la red.

1.5.1.2.1 *Tipos de Sistemas de Generación Distribuida*

El tipo de sistema de Generación Distribuida a utilizar depende de los requerimientos y necesidades del usuario y estos pueden ser:

1.5.1.2.1.1 **Sistemas Conectados a la Red**

Consisten en sistemas de generación con conexión a la red de distribución eléctrica en forma eventual o permanente, estos son:

- Sistemas que inyectan energía a la red, están operados por la empresa eléctrica para reforzar su generación y poder cubrir altas demandas en épocas específicas del año o ante fallas en la red, son proyectos muy confiables y su tiempo de construcción es corto (generalmente menos de un año) lo cual constituye un gran beneficio financiero.
- Sistemas que intercambian energía con la red, son sistemas propios de los consumidores, se encuentran conectados a la red y permiten aportar a la misma los excedentes de energía que poseen o utilizar la energía de la red cuando su autoabastecimiento no es suficiente.

1.5.1.2.1.2 **Sistemas Aislados de la Red**

Los sistemas aislados se utilizan para generar energía eléctrica y autoabastecer sitios remotos y aislados que no pueden conectarse a la red pública por situaciones geográficas o falta de capacidad. Pueden ser plantas de generación

individuales o comunitarias con grandes sistemas de almacenamiento de energía para cubrir las horas de poca producción energética.

1.5.1.2.2 *Beneficios de la Generación Distribuida*

El auge de la Generación Distribuida se debe a la facilidad de adaptación conseguida con las Redes Inteligentes y a los grandes beneficios que esta tecnología brinda al usuario y a la red eléctrica, entre los más destacados están:

1.5.1.2.2.1 **Beneficios Tecnológicos**

- Reducción de pérdidas en redes de transmisión y distribución, ya que las generadoras están en el sitio de consumo y no se utilizan estas redes.
- Uso eficiente de la energía y aprovechamiento de la misma, especialmente de las fuentes renovables no contaminantes.
- Menor saturación en las redes existentes por la disminución del flujo eléctrico en la red tradicional.
- Reducción del índice de fallas y el impacto de las mismas al tener un basto número de centros de generación.
- Mayor aprovechamiento del calor residual al reutilizarlo en beneficio del consumidor y sus actividades.
- Las fuentes de generación distribuida se pueden poner en línea con mayor rapidez que los grandes centros de generación.
- Libera capacidad del sistema al aumentar la generación.
- Proporciona mayor control de energía reactiva.

1.5.1.2.2.2 **Beneficios Económicos y Sociales**

- La construcción y uso de sistemas de Generación Distribuida fomentan el incremento de fuentes de empleo especialmente en el sector rural.

- La futura masificación de la Generación Distribuida que ocasiona reducción de costos permite disminuir la inversión en la construcción de sistemas de generación y el riesgo de esta inversión también es menor.
- Disminución del impacto ambiental ya que se prioriza el uso de fuentes de energía renovables no contaminantes.
- Al tener un gran número de centros de Generación Distribuida la salida de algunos de ellos no afectaría al sistema, reduciendo la vulnerabilidad a fenómenos climáticos y de otra índole.
- Incremento en la seguridad energética al ampliarse la gama de fuentes de energía en el sistema y el uso de energías renovables.
- Facilidad de adaptación a las condiciones del sitio y abastecimiento en zonas remotas o rurales.

1.5.1.2.2.3 Beneficios para el Usuario Final

- Incremento en la confiabilidad y calidad de la energía ya que el aumento de la generación permite disponer con mayor seguridad del suministro.
- Actualmente la demanda de las horas pico se cubre con fuentes de generación costosas, el uso masivo de Generación Distribuida permite disminuir los costos de esta tecnología reduciendo el costo de la energía.
- Disminución de emisiones contaminantes debido al aprovechamiento a grandes escalas de las fuentes de generación renovable no contaminante.

El uso de la movilidad eléctrica es cada vez más común en todo el mundo y dado que el vehículo eléctrico puede entregar energía de su batería a la red eléctrica cuando se necesite, se le puede considerar como una importante fuente de generación distribuida del futuro.

1.5.1.2.3 Microrredes Eléctricas

La utilización de microrredes eléctricas constituye el futuro más probable del sistema eléctrico, las Redes Inteligentes pueden constituirse por un gran número

de microrredes conectadas entre sí pero con la posibilidad de independizarse si las condiciones del sistemas lo requieren.



Gráfico 1.11: Microrredes eléctricas

Una microrred es una agrupación de cargas y generadores de pequeño tamaño que actúan como un sistema único para suministrar energía eléctrica y térmica que se autogestiona localmente y que puede funcionar conectada a la red o aislado de la misma. Puede exportar o importar el exceso o defecto de energía eléctrica en circunstancias normales de funcionamiento, mientras que en caso de fallas en la red principal puede aislarse de la misma y satisfacer la demanda local y una vez restaurado el sistema podría volver a conectarse a la red pública.

La instalación de microrredes en sectores urbanos consolidados es complicada, sin embargo estos sistemas presentan perspectivas interesantes para nuevos desarrollos urbanos que requieren preparar su infraestructura desde cero, proporcionando electricidad a comunidades remotas en las que la conexión a la red pública se complica; se espera que a mediano plazo la implementación de microrredes aporte a la consecución de los objetivos energéticos, ambientales, de seguridad del suministro y de mejora de la calidad de vida, a pesar que actualmente la masificación de estos sistemas se dificulta por la ausencia de normativas legales que ayuden a que sean económicamente rentables.

1.5.2 GESTIÓN DE LA DEMANDA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA^[11]

La electricidad no puede ser almacenada en grandes cantidades siendo necesario generar la cantidad precisa que se requiere para mantener un equilibrio entre generación y demanda. Las empresas que operan las redes son responsables de lograr este equilibrio, sin embargo la variabilidad de la demanda complica esta gestión y hace necesario priorizar el ahorro energético, cuya creciente importancia mundial a generado una unidad para calibrar este parámetro denominada Rosenfeld que equivale al consumo eléctrico de una ciudad norteamericana de 250.000 habitantes (500MW).

La Gestión de la Demanda es la planificación e implementación de medidas destinadas a influir en el comportamiento de los consumidores para disminuir su perfil de consumo diario, contribuyendo a reducir las emisiones contaminantes, a mejorar la integración de energías renovables en el sistema eléctrico y aumentar la Eficiencia Energética del sistema; estos aspectos son vitales en el desarrollo de las Redes Inteligentes que gracias a sus avanzados componentes tecnológicos van a conseguir una adecuada Gestión de la Demanda facilitando esta tarea al consumidor y por otro lado lograr la eficiencia del sistema en su conjunto al dotar de inteligencia a la red para su continuo monitoreo y reparación automática.

1.5.2.1 Beneficios de la Gestión de la Demanda^[11]

- Optimizar la relación entre la generación y la demanda del sistema.
- Ahorro en el costo energético de los consumidores debido a la modificación de su patrón de consumo y la disminución de la demanda.
- Reducción del costo de la electricidad y los servicios complementarios debido al menor consumo eléctrico.
- Aumento de la seguridad del suministro al disminuir la probabilidad de cortes o apagones gracias a la reducción de la demanda en las horas pico.
- Reducción de la congestión y pérdidas técnicas en redes de transmisión y distribución, logrando una operación más segura y económica.

- Disminución de las necesidades de inversión de los generadores para cubrir los picos del sistema y las reservas de potencia.
- Ahorro energético y económico por la menor utilización de combustibles fósiles con la consecuente reducción de emisiones contaminantes.
- Introducción de nuevos productos para el consumidor que incrementan la calidad de servicio y permiten una mayor estabilidad de los precios.
- Incremento de la capacidad de integración en la red de recursos energéticos renovables.

1.5.2.2 Medidas para la Gestión de la Demanda ^[11]

La Gestión de la Demanda provoca ahorros significativos, pero requiere la utilización de sistemas de comunicaciones y control para gestionar el consumo de forma automática con lo cual se generan costos no despreciables, las medidas a tomar en cuenta se clasifican en cuatro grandes grupos en función del tipo de impacto que tienen sobre la curva de la demanda:

- Reducción del consumo mejorando la eficiencia de equipos y procesos y concientizando a los consumidores sobre el ahorro energético.
- Desplazamiento del consumo de las horas pico a las horas valle haciendo una discriminación horaria y respondiendo a los precios del mercado.
- Llenado de las horas valle utilizando centrales de bombeo, tecnologías de almacenamiento, recarga de vehículos eléctricos, etc.
- Reducción del consumo en las horas pico con servicio de interrumpibilidad y gestión automática de cargas.

1.5.2.3 Eficiencia Energética ^{[45][46]}

La Eficiencia Energética es la capacidad para usar menos energía produciendo la misma cantidad de iluminación, calor y otros servicios energéticos; constituye una práctica común en varios países debido a los altos precios de la energía, la

limitada disponibilidad de recursos energéticos no renovables y los crecientes problemas ambientales causados por su producción, distribución y consumo.

La energía eléctrica utilizada en industrias y edificios abarca aproximadamente el 50% del consumo total, a nivel residencial se usa alrededor del 25%, mientras que el uso comercial, de alumbrado público y otros usos cubre la diferencia de la producción total; es importante tomar en cuenta estos sectores de consumo para fomentar el ahorro y Eficiencia Energética en cada uno de ellos, hecho que a pesar de ocasionar un alto gasto económico genera un gran ahorro que permite recuperar la inversión realizada. La implementación de Redes Inteligentes brindará un importante soporte para consolidar la Eficiencia Energética, mientras tanto se deben tomar en cuenta acciones de fácil aplicación que permiten aumentar la eficiencia en la mayoría de actividades del desarrollo humano.

1.5.2.3.1 *Eficiencia Energética en la Industria*

La Eficiencia Energética vendrá determinada por el tipo de proceso que se da en la industria, a pesar de ello los mayores consumidores de electricidad son los motores eléctricos que cubren alrededor del 60% del consumo. La Eficiencia Energética puede generar un potencial de ahorro del 10 al 25% del consumo, las principales acciones a realizar son:

- Provocar el cambio de comportamiento y buenas prácticas en el personal, pudiendo conseguir ahorros entre el 2 y 10% del consumo.
- Verificar el buen estado de las instalaciones eléctricas y la puesta a tierra.
- Mejorar la tecnología utilizada y automatizar las instalaciones.
- Optimización los procesos, colocando motores en lugares adecuados y con buena ventilación para evitar sobrecalentamientos.
- En procesos con carga variable, instalar motores de velocidad variable y variadores de velocidad, acción que constituye el 41% del ahorro.
- Realizar mantenimiento preventivo de los motores y sustituir rápidamente piezas dañadas y motores anticuados por eficientes.

- Evitar excesos en: iluminación (luces encendidas innecesariamente) y climatización (puertas y ventanas abiertas en zonas climatizadas), etc.

1.5.2.3.2 *Eficiencia Energética en Edificios y Oficinas*

La energía consumida en edificios satisface necesidades cotidianas: climatización, iluminación y uso de aparatos eléctricos; la eficiencia en estos sitios depende de cuatro ámbitos: ubicación geográfica, condiciones climáticas, materiales de construcción y tipo de instalaciones. El potencial de ahorro que se puede lograr es del 30% del consumo, en función de las siguientes acciones:

- Realizar campañas permanentes, enfocándose en concientizar al personal.
- Automatizar los sistemas de climatización e iluminación.
- Efectuar tareas de limpieza en el día con luz natural.
- Reducir los niveles de iluminación y aprovechar al máximo la luz natural.
- Colocar el número adecuado de luminarias, evitando la operación manual de las mismas y diferenciar circuitos para el uso en el día y en la noche.
- Evitar iluminar zonas no ocupadas e instalar dispositivos de bajo consumo como lámparas fluorescentes, LFCs y LEDs.
- Organizar las actividades para conseguir que finalicen a las 18 horas y apagar la iluminación ornamental externa a partir de las 24 horas.
- Optimizar el uso de ascensores y la velocidad de las escaleras eléctricas.

1.5.2.3.3 *Eficiencia Energética en Viviendas*

En viviendas el consumo eléctrico se reparte en el uso de electrodomésticos, iluminación, calentamiento de agua, climatización y cocina; por lo cual la eficiencia energética en estos aspectos genera un potencial ahorro del 40% del consumo.

La iluminación representa la mayor parte del consumo eléctrico en el hogar y es posible reducir su valor manteniendo el confort al aplicar las siguientes medidas:

- Apagar las luces que no se usen, aprovechar siempre que sea posible la luz natural, manteniendo abiertas las cortinas y persianas durante el día.
- Realizar el mayor número de actividades aprovechando la luz solar.
- Limpiar periódicamente lámparas y luminarias porque el polvo bloquea la luz que emiten y reduce su rendimiento lumínico.
- Pintar las paredes con colores claros; esto ayuda a aprovechar mejor la luz.
- Sustituir las lámparas incandescentes y halógenas por lámparas fluorescentes compactas que a pesar de tener un costo mayor, consumen cuatro veces menos energía y duran hasta diez veces más.
- Utilizar interruptores independientes para la iluminación de cada zona y en lo posible diferenciar circuitos para el día y la noche.
- Instalar sistemas domóticos.

A pesar que los electrodomésticos son cada vez más eficientes, el uso de energía en la vivienda crece debido a que se desarrollan de forma regular nuevos productos que hacen la vida más fácil y práctica; sin embargo para lograr al ahorro de electricidad se debe:

- Apagar los aparatos eléctricos y desconectar los que no tienen interruptor cuando no se estén utilizando, incluyendo los reguladores de voltaje.
- Apagar los aparatos que producen calor antes de terminar su uso: plancha, pinza para el cabello, parrillas, etc.; aprovechando así el calor acumulado.
- Mantener limpios los aparatos eléctricos, ya que conservarlos en buen estado prolonga su duración y reduce su consumo.
- Revisar cuidadosamente los aparatos que al conectarse producen chispas o calientan el cable, no usarlos antes de resolver el problema.
- Comprar electrodomésticos eficientes (Clasificación A), guiándose en las etiquetas de Eficiencia Energética que están pegadas sobre los artefactos para conocer su consumo energético y otras características importantes.
- Instalar el refrigerador lejos de fuentes de calor o lugares donde la luz solar incida directamente sobre ellos, dejando un espacio para la ventilación.

- No abrir frecuentemente el refrigerador y verificar que cierre herméticamente para evitar fugas de aire y descongelarlo periódicamente.
- Enfriar alimentos a temperatura ambiente antes de usar el refrigerador.
- Si deja de usar la computadora por un tiempo apague el monitor y otros periféricos y utilice las opciones para regular el ahorro de energía

1.5.2.3.4 *Eficiencia Energética en Alumbrado Público*

La iluminación pública y semaforización son una necesidad social, por ello es importante tomar en cuenta medidas para lograr la eficiencia de estos sistemas.

- Instalar sistemas para el control de iluminación pública y supervisar en tiempo real su estado, identificando corto circuitos y mal funcionamiento.
- Controlar los niveles de iluminación (dimming).
- Instalar luminarias led cuya vida útil es de alrededor de 50.000 horas, tienen mantenimiento reducido y su consumo eléctrico es de alrededor del 25% de una luminaria de sodio convencional.

1.5.2.4 **Sistemas Domóticos** ^[12]

Los sistemas domóticos son capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación; por tal motivo proporcionarán a corto plazo una herramienta de gran importancia para las Smart Grids, las principales acciones a desarrollar en este ámbito son:

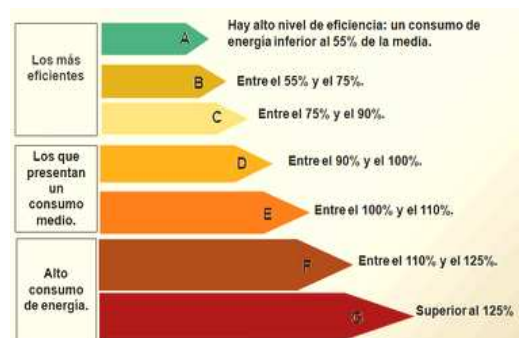
- Instalar sistemas de iluminación eficientes que adaptan el nivel de iluminación en función de la variación de la luz solar, la zona de la casa o la presencia de personas, ajustándola a las necesidades de cada momento.
- Control automático inteligente de toldos, persianas y cortinas de la vivienda, los mismos que permite que se aproveche al máximo la luz solar.

- Control automático del encendido y apagado de todas las luces de la vivienda que permite evitar dejar luces encendidas al salir de la casa.
- Control del encendido de electrodomésticos programando su funcionamiento en horarios en los que el precio de la energía es menor.
- Programación de la desconexión de circuitos eléctricos no prioritarios.

1.5.2.5 Etiquetas de los Productos ^[12]

El etiquetado proporciona información del consumo de energía de electrodomésticos y equipos, permite que el consumidor decida y adquiera equipos eficientes; al mismo tiempo estimula a los fabricantes a diseñar equipos de mejor calidad y fomentar la Eficiencia Energética, las principales etiquetas son:

- Las etiquetas de comparación que ofrecen al consumidor información del rendimiento del producto, el referente es la etiqueta energética de la U.E. que es obligatoria en determinados electrodomésticos y es de carácter comparativo ya que indicando la clase de eficiencia ('A' corresponde a la más eficiente y 'G' a la menos eficiente).



- Las etiquetas de recomendación son sellos de aprobación basados en un conjunto específico de criterios y se caracterizan por identificar productos eficientes, el principal referente es la Energy Star que es un programa de etiquetaje y promoción voluntario que cubre computadores personales, monitores, fax, scanners, fotocopiadoras e impresoras.



La infraestructura de medición avanzada abre la puerta a la Gestión de la Demanda permitiendo que el usuario tenga flexibilidad en la cantidad y uso de la electricidad; teniendo la capacidad de administrar con facilidad su consumo

energético para modificar su estilo de vida y cambiar el horario de ciertas actividades y suprimir usos innecesarios. Para lograr gestionar la demanda, los usuarios deben disponer de datos clave, como tarifas en tiempo real, la disponibilidad de electricidad en el sistema, el nivel de consumo energético, perfiles de carga, que pueden aprovecharse para incrementar la Eficiencia Energética que tiene un gigantesco potencial de desarrollo ya que teóricamente casi todo el consumo eléctrico es flexible.

1.5.3 CONTADORES O MEDIDORES INTELIGENTES ^{[2][13][14]}

El contador eléctrico es un equipo utilizado para medir el consumo de energía eléctrica y se clasifica según sus características: Funcionales como monofásicos o trifásicos, Energéticas como contadores de potencia activa y potencia reactiva, Tecnológicas pudiendo ser contadores electromecánicos o electrónicos y Operativas como tipo registrador o programables. Los registradores pueden ser electromecánicos que miden solamente kWh o kVAh acumulados y no poseen discriminación tarifaria y los electrónicos que miden energía acumulada y registran la energía total mensual o por intervalos de tiempo predefinidos y contemplan comunicación bidireccional permitiendo la medición en tiempo real.

1.5.3.1 Definición de los Contadores Inteligentes

Las primeras iniciativas de medición inteligente y automática son los sistemas AMR (Lectura Automática del Medidor), tecnología que permitía la toma de lecturas de forma remota en tiempo real constituyendo la primera generación de contadores inteligentes, los mismos que al evolucionar plantearon operaciones remotas y mayor capacidad en la recolección de parámetros y datos del consumo.

La tecnología AMI (Infraestructura de Medición Avanzada) supera la solución AMR y es el resultado de su evolución, planteando una infraestructura de

comunicación bidireccional que posibilita la interacción entre el usuario y la empresa a la vez que amplía el rango de datos y parámetros recolectados del cliente facilitando las tareas de la empresa.

Los sistemas AMR se limitan a la medición remota, mientras que los sistemas AMI son más avanzados, realizando tareas adicionales que les permiten ser considerados sistemas realmente inteligentes caracterizados por su exactitud y por dar la posibilidad de realizar aplicaciones de Redes Inteligentes como: la integración de la generación distribuida a través de energías renovables, el uso de electrodomésticos inteligentes, la inclusión del vehículo eléctrico y la operación remota de equipos y artefactos eléctricos, optimizando así la curva oferta-demanda de electricidad priorizando la protección del ambiente sobre el uso indiscriminado de artefactos. La gráfica muestra las características de los sistemas de medición inteligente, detallando que los sistemas AMI contienen sistemas AMR y otros sistemas complejos que posibilitan tareas Smart Grids.

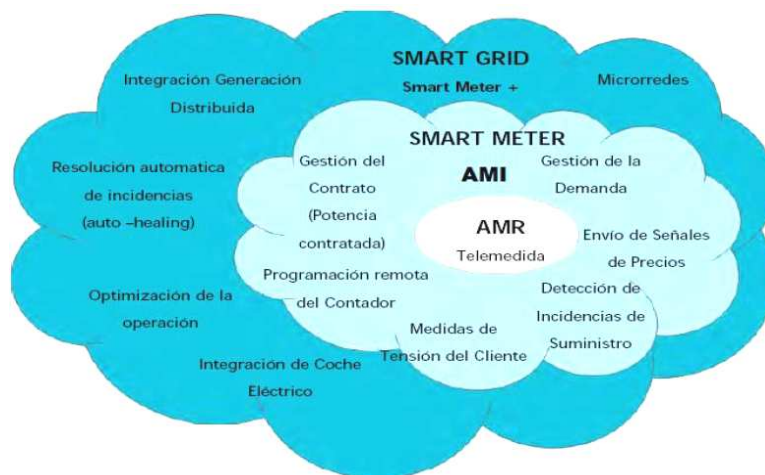


Gráfico 1.12: Caracterización de los sistemas de medición inteligente

Los medidores inteligentes constituye el corazón de la Smart Grids y sus componentes se describen a continuación:

- La metrología que convierte señales de voltaje y corriente en valores de energía vía pulsos o valores incrementales.

- Los registros que constituyen el cerebro del contador e incluyen la lógica y funcionalidades por medio de las cuales los valores de energía se convierten a valores de facturación.
- Las comunicaciones que son el método utilizado para transmitir la información de regreso a las oficinas de la empresa.

Para ampliar las capacidades operativas de los contadores inteligentes se les añaden elementos complementarios como: sistemas de alimentación, procesador de cálculo, procesador de comunicaciones, dispositivos de control, etc.

1.5.3.2 Tipos de Contadores Inteligentes

La inteligencia de los contadores depende de la distribución de sus componentes principales: metrología, registros y sistema de comunicaciones.

1.5.3.2.1 Contadores Tipo A

Los contadores tipo A tienen los registros y la metrología incluidos en el medidor, mientras que el sistema de comunicación está en un módulo aparte; son los de mayor inteligencia y se caracterizan por tener:

- Sistemas de comunicaciones independientes e intercambiables que transportan pero no crean datos de registro.
- La metrología y registros son compatibles con los medidores tradicionales.
- Los datos de registro son directamente trazables de regreso al medidor.
- El medidor cuenta con datos históricos que ayudan a resolver reclamos.

1.5.3.2.2 Contadores Tipo B

Los contadores tipo B tienen los registros y el sistema de comunicación incluidos en un módulo independiente del medidor y sus principales características son:

- Utilizan un medidor básico que únicamente da salidas de pulsos de kWh (el medidor en si no es muy “inteligente”).
- La lógica y funcionalidad del registro están integradas en el módulo de comunicaciones.
- Crean dependencia en la confiabilidad de la conexión entre el módulo de comunicación y el medidor; pueden generar error aún si la metrología es 100% precisa.
- La información de facturación no puede ser trazable con la metrología.

1.5.3.2.3 *Contadores Tipo C*

Los contadores tipo C realizan los registros en la red de comunicación y se caracterizan de la siguiente manera:

- Los registros de facturación se realizan en algún punto de la red de comunicación.
- No existe auditabilidad o trazabilidad con la metrología.
- La confiabilidad de las comunicaciones tiene un impacto importante en la precisión de los datos de facturación con referencia de tiempo.

Al momento de escoger el tipo de contador inteligente a utilizar se debe tomar en cuenta la trazabilidad de los datos de facturación, la capacidad de hacer pruebas (con y sin comunicación), la factibilidad de soportar estándares de seguridad (encriptación) en los datos y adaptarse a futuras tecnologías de comunicación.

1.5.3.3 Componentes Adicionales del Sistema de Medición Inteligente

El contador inteligente transmite la información del cliente a un concentrador o recolector de información que puede ubicarse en las subestaciones o transformadores de distribución, es un equipo de gran capacidad de almacenamiento a fin de poder recopilar la información de varios contadores y

luego transmitirla a la empresa eléctrica. Los concentradores además se encargan de detectar automáticamente los medidores instalados, monitorear su funcionamiento, comprimir los datos antes de la transmisión y soportan programas de gestión de la demanda.

La red de comunicaciones permite el intercambio de información entre el concentrador y la empresa, las tecnologías más utilizadas con este propósito son: redes inalámbricas, microondas, fibra óptica, PLC y sistemas híbridos; los medios de comunicación más utilizados se detallan a continuación:

- Redes Inalámbricas que utilizan ondas electromagnéticas para transmitir datos, no necesitan conexiones físicas generando un ahorro en infraestructura; su principal desventaja es su bajo nivel de seguridad.
- PLC (Power Line Communications) es la utilización de la línea eléctrica para la transmisión de datos logrando que se convierta en una línea digital de alta velocidad y aplicaciones de banda ancha.

1.5.3.4 Beneficios de los Contadores Inteligentes

Inicialmente, la implementación de contadores inteligentes y la consecuente eliminación de la lectura manual, se creó para reducir los costos de mano de obra en la lectura de los datos de consumo; sin embargo actualmente estos sistemas permiten a las compañías producir mayores beneficios y servicios, tales como:

- Monitoreo sobre la calidad de la energía y detección inmediata de fallos en el sistema o interrupciones en el servicio.
- Medición y operación remota y automática de alta confiabilidad.
- Información completa del cliente, detección de intervención sobre los dispositivos de medición, reduciendo fraudes y robo de electricidad.
- Ver y analizar el consumo horario en cada hogar de forma automática formando perfiles de consumo.

- Disminuir los costos de operación y de servicio relacionados con la lectura de medidores y operaciones de campo.
- Facturación más precisa y mejor información para el cliente disminuyendo las quejas de los mismos.
- Tarificación en tiempo real para promover la Eficiencia Energética controlando el consumo en horas pico y horas valle.
- Facilitar el uso de sistemas domóticos que soportan la Generación Distribuida, el uso de vehículos eléctricos y Redes Inteligentes en general.
- Prepago de electricidad y establecimiento de modos de facturación y cobros eficientes en forma remota.

En estas condiciones es evidente que se hace trascendental conseguir establecer mecanismos de comunicaciones potentes, seguros y robustos con los centros de control, especialmente cuando algunas de las funciones asociadas requieren comunicación en tiempo real. Es importante entender con claridad que no es suficiente tener un contador inteligente con su sistema de comunicaciones; el sistema de medición por sí solo no constituye un sistema inteligente, un verdadero sistema inteligente proporciona inteligencia distribuida a lo largo de toda la red.

1.5.3.5 Amenazas de los Contadores Inteligentes^[47]

La decisión de instalar sistemas de medición inteligente debe tomar en cuenta que existen amenazas que podrían dificultar su consolidación o aceptación por parte del usuario, entre estas tenemos:

- El costo de los contadores inteligentes es mayor que el de los actuales contadores, por tal razón este costo debería estar a cargo de la empresa eléctrica y no del usuario.
- El consumo de energía de los contadores se incrementa ya que un medidor convencional necesita 1W, mientras que un inteligente de 3 a 8W.
- Insatisfacción social ya que esta tecnología permite determinar: el equipamiento que existe en el hogar y su modo de uso; el número de

personas que viven en una casa, sus costumbres, horarios y sitios de preferencia; por esta razón deben existir políticas claras sobre el manejo y confidencialidad de la información obtenida.

1.5.4 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS ^{[2] [48]}

En la actualidad el transporte se sustenta en los derivados del petróleo que cubren el 98% de las necesidades energéticas del sector, gran parte del consumo automotriz se da en zonas urbanas donde la mayoría de los desplazamientos no supera los 2km y el consumo de combustible se ve incrementado por el elevado número de movimientos de arranque y frenado; las emisiones de CO₂ que genera la movilidad particular alcanzan alrededor del 25% del total de las generadas por el transporte. Es claro que el tráfico de las ciudades origina contaminación ambiental, exceso de ruido y repercute en la salud de las personas, por tal razón los vehículos con motores de emisión cero pueden colaborar en la mejora del entorno y la salud de las personas, hecho que permite que el vehículo eléctrico se convierta en uno de los pilares de las Redes Inteligentes.

1.5.4.1 Tipos de Vehículos Eléctricos

Un vehículo eléctrico está impulsado por un motor eléctrico de mucha eficiencia que reemplaza el tradicional motor de combustión interna, la alimentación de energía del motor genera la siguiente clasificación de los vehículos eléctricos:

- Alimentación externa y constante de energía eléctrica, es decir vehículos conectados al suministro como el tren eléctrico y el trolebús.
- Energía almacenada en el vehículo que por acción química interna produce electricidad para el motor y no se conecta a la red.
- Energía generada en el vehículo a partir de fuentes nucleares, utilizada en submarinos y portaviones

- Energía generada en el vehículo a partir del sol y la utilización de células fotovoltaicas, constituyendo el principal método no contaminante.
- Energía suministrada al vehículo en reposo y almacenada en sistemas de baterías recargables para su uso durante el desplazamiento.

Adicional a esta clasificación existen vehículos que utilizan motores eléctricos y motores de combustión interna a la vez, los cuales se denominan vehículos híbridos y no se consideran vehículos eléctricos puros, existiendo dos tipos:

- Los híbridos tradicionales que utilizan el motor eléctrico como apoyo ya que funcionan principalmente con el motor de combustión.
- Los híbridos enchufables (plug-in electric hybrids) que pueden recargar las baterías conectándose a la red.

Actualmente los vehículos más comercializados son los de alimentación externa y los híbridos; sin embargo de estas alternativas la única que realmente no genera directamente emisiones contaminantes es la primera.

1.5.4.2 Rendimiento del Vehículo Eléctrico

Los vehículos que usan motor de combustión interna tienen un rendimiento entre el 15 y 20%, mientras que los vehículos eléctricos se destacan por su alto rendimiento al transformar la energía eléctrica en mecánica (entre 60 y 85%). La base del vehículo eléctrico es la batería de ion de litio que actualmente brinda una autonomía de 150km con un consumo promedio de 13,78kWh por cada 100km.

1.5.4.3 Contaminación del Vehículo Eléctrico

La contaminación vehicular se produce por emisiones directas producidas por el motor del vehículo y emisiones indirectas producidas en los sistemas externos que proporcionan energía para su funcionamiento. El vehículo eléctrico no

produce emisiones contaminantes, sin embargo la generación de energía eléctrica puede dar lugar a emisiones dependiendo de cómo se haya generado, al utilizar energías renovables en la generación en especial aprovechando la energía solar se garantiza que el vehículo eléctrico sea totalmente no contaminante.

1.5.4.4 Integración del Vehículo Eléctrico a la Red

La penetración masiva del vehículo eléctrico se espera en Europa hasta el 2030, al masificar su utilización se debe tomar en cuenta que su recarga genera una demanda importante sobre el sistema eléctrico, por ello para aprovechar su introducción se requiere flexibilidad en los modos de recarga y una adecuada gestión de la carga en función de la disponibilidad de generación renovable. Un mayor aporte del vehículo eléctrico a las Redes Inteligentes se consigue al utilizar su batería como medio de almacenamiento remoto para su posterior inyección de energía a la red en momentos específicos o de alta demanda.

1.5.4.5 Transportación Eléctrica

Dentro del esquema energético el transporte constituye un gran consumidor de la energía final, a largo plazo es el sector con mayores proyecciones de crecimiento por lo que lo seguirá siendo en el futuro; constituye además la segunda fuente contaminante y se proyectan aumentos relevantes. Los conceptos energéticos y ambientales son prioritarios en la planificación de las ciudades y el transporte, por ello se debe incentivar la consolidación de soluciones de transporte individual y masivo de bajas emisiones que utilicen energías renovables reduciendo el uso de derivados del petróleo y la contaminación ambiental.

La transportación personal basada en la electricidad permite desplazamientos de corto y mediano alcance, utiliza motores eléctricos y sistemas de almacenamiento que se recargan en una o dos horas y tienen una autonomía mayor a 20km por recarga. Los vehículos personales para uno o dos pasajeros permiten eliminar el

desperdicio de recursos ocasionados por la utilización de un vehículo tradicional para la movilidad individual, las principales alternativas en este ámbito son:

- El vehículo ligero giroscópico de dos ruedas puede alcanzar una velocidad de 20km/h, los motores se sitúan en la base manteniendo el equilibrio; para cambiar la dirección del vehículo el usuario debe inclinar su cuerpo.
- La bicicleta generadora de electricidad aprovecha el pedaleo necesario para la movilidad y el freno regenerativo para este fin, la electricidad producida se puede almacenar para su posterior utilización.
- La bicicleta eléctrica incorpora un pequeño motor con baterías recargables para la movilidad, puede convertirse en la principal alternativa de transporte ya que varios países usan la bicicleta como un medio de transporte común.
- La moto eléctrica es una práctica alternativa de movilidad que no genera contaminación atmosférica ni acústica, la movilidad es hasta 15 veces más barata que la de una moto convencional, el mantenimiento es mínimo al no necesitar cambio de aceite o filtros y tener bajo riesgo de sufrir daños.

Los sistemas de transporte masivo se utilizan globalmente desde hace más de 100 años, el perfeccionamiento de los modelos eléctricos generan un nuevo impulso que contribuye a la reducción de emisiones y consumo de energía permitiendo el desarrollo urbano, la integración con la ciudad y el desarrollo de la misma; los ejemplos más destacados de este tipo de transportación son:

- El autobús eléctrico es propulsado por electricidad a través de cables (trolebús) o baterías (autobús eléctrico de baterías).
- El metro es un sistema eléctrico férreo que opera en grandes ciudades, sus redes pueden ser subterráneas o aéreas; la electricidad puede ser conducida por catenarias encima del tren o mediante vías especiales en los costados del trayecto.

1.5.5 ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ^{[15][16]}

El almacenamiento constituye una herramienta estratégica en el desarrollo de las Redes Inteligentes y surge como respuesta a la necesidad de sincronizar la oferta y la demanda e integrar las fuentes de energía renovables que tienen características variables e impredecibles, el desarrollo de las Smart Grids requiere almacenamiento a bajo costo pero con grandes efectos ambientales y ecológicos. Para almacenar electricidad se la debe convertir en otras formas de energía, se pueden utilizar técnicas mecánicas, químicas y térmicas de las cuales surgen los siguientes métodos de almacenamiento: hidroelectricidad bombeada, aire comprimido, volante de inercia, baterías, superconductores magnéticos, supercapacitores, térmico y con hidrógeno.

1.5.5.1 Almacenamiento mediante Hidroelectricidad Bombeada

El sistema de hidroelectricidad bombeada permite almacenar agua a una cierta altura para aprovecharla a medida que baja por acción de la gravedad y de este modo accionar una turbina acoplada al generador eléctrico, su utilización permite suavizar la carga de generación diaria bombeando agua al depósito en horas de baja demanda y generando electricidad en horas pico; constituye una importante reserva por su rápida capacidad de respuesta. La eficiencia de estos sistemas es del 72 al 81% y actualmente es la forma más rentable de almacenamiento de energía a pesar que requiere por lo menos de dos depósitos ubicados a diferentes alturas (aproximadamente 100 m) que tienen altos costos asociados.

1.5.5.2 Almacenamiento con Aire Comprimido (CAES)

Los sistemas con aire comprimido utilizan la energía asociada al aire presurizado contenido en depósitos subterráneos (cavidades naturales o antiguas minas), el almacenamiento se realiza al comprimir aire durante horas valle y utilizarlo en horas pico para producir electricidad mediante su expansión en turbinas de gas.

1.5.5.3 Almacenamiento con Volante de Inercia (Flywheel)

El método del volante de inercia se basa en la inercia mecánica, consiste en un disco pesado que rota y es acelerado por un motor eléctrico que al ser retrasado produce energía eléctrica. La electricidad se almacena como energía cinética, la misma que alcanza mayor eficiencia al reducir la fricción colocando la rueda en el vacío y usando cojinetes magnéticos, hechos que encarecen su costo. El almacenamiento depende de la velocidad alcanzada, para poder resistir la fuerza centrífuga se requieren materiales fuertes aunque se investiga el uso de nanotubos de carbón como material de la rueda.

1.5.5.4 Almacenamiento en Baterías

Las baterías almacenan o liberan energía eléctrica por reacciones electroquímicas que transportan electrones a los electrodos (ánodo y cátodo) conectados mediante una solución líquida denominada electrolito. La carga permite almacenar energía al incrementar la composición de iones cargados contenidos en el electrolito, en la descarga la energía se libera por transporte de iones; el ánodo (electrodo oxidante) y el cátodo (electrodo reductor) cambian de posición entre carga y descarga; los tipos de baterías según sus componentes son:

- La batería de plomo-ácido es una de las más antiguas, tiene bajo costo y es muy popular para mejoras en la calidad de potencia y UPS; su baja durabilidad hace que no sean aplicables en gestión energética.
- La batería de níquel-cadmio es de uso prohibido en la UE por su toxicidad, tiene una duración de 1.500 recargas y densidad energética de 50Wh/kg.
- La batería de níquel-hidruro metálico es similar a la de níquel-cadmio pero de menor impacto ambiental, almacenan de 2 a 3 veces más electricidad y su densidad energética es de alrededor de 80Wh/kg.
- La batería de metal-aire es la más compacta, barata y no contaminante, tiene alta densidad energética pero su carga es ineficiente y difícil por lo

que se utilizan únicamente para cubrir demandas de energía; se construyen con metales comunes aunque la más utilizada es la Zn-aire.

- La batería de sulfuro de sodio es la más utilizada para altas temperaturas, su densidad energética y eficiencia (89%) son altas aunque son costosas y tienen problemas de seguridad, se pueden aprovechar para cubrir demandas de energía y potencia y su ventaja es que pueden recargarse.
- La batería redox-vanadio es la más avanzada de las baterías de flujo, se usa especialmente para cubrir demandas de energía, su eficiencia alcanza el 85% aunque su densidad energética es baja; su principal ventaja es que garantizan un número casi infinito de recargas sin generar residuos.
- La batería de ion-Li tienen gran eficiencia y densidad energética, requiere circuitería especial para su recarga y se usa para cubrir demandas de potencia y energía; sus principales ventajas son la gran densidad energética (300 a 400kWh/m³), gran eficiencia (cercana al 100%) y un gran número de ciclos dentro de su vida útil (3.000 ciclos con 80% de profundidad de descarga).
- La batería de Sodio-Niquel-Cloro normalmente conocida como zebra es una de las de mayor proyección ya que tiene alta densidad energética, debe trabajar a temperaturas elevadas (entre 270 y 350°C) por lo cual genera fuertes pérdidas térmicas cuando no se la utiliza, siendo este el mayor inconvenientes para su aprovechamiento.

1.5.5.5 Almacenamiento en Superconductores Magnéticos (SEMS)

Los superconductores almacenan energía mediante la circulación de corriente continua a través de bobinas superconductoras enfriadas criogénicamente y pueden inyectar la energía a la red al descargarse, para transformar la electricidad de corriente continua a alterna o viceversa usa un inversor/rectificador que presenta pérdidas de energía del 3%, pero presenta menores pérdidas que otros métodos de almacenamiento. El alto costo de los superconductores es la limitación principal para el uso comercial de este tipo de sistema de almacenamiento que actualmente se utiliza por periodos de tiempo muy cortos.

1.5.5.6 Almacenamiento en Supercapacitores

Los supercondensadores almacenan energía eléctrica en forma de cargas electroestáticas, tiene la capacidad de ser cargados y descargados en segundos; son apropiados para responder a interrupciones de suministro de corta duración.

1.5.5.7 Almacenamiento Térmico

La sal fundida puede almacenar calor, el mismo que se recolecta en una torre solar para generar electricidad con una eficiencia térmica superior al 99%.

1.5.5.8 Almacenamiento con Hidrógeno

El hidrógeno es el elemento más ligero y abundante de la naturaleza, constituye el 75% de la masa del universo y forma el 90% de sus moléculas; es una fuente de energía química renovable que permite almacenar y transformar energía eléctrica dónde y cuándo sea necesario, posee el potencial para convertirse en un componente clave de los sistemas energéticos renovables del futuro, sin embargo por su baja densidad y adsorción sobre metales aún no se puede almacenar a gran escala siendo una tecnología aún en desarrollo. El hidrógeno se puede utilizar en una celda de combustible que es una manera limpia, versátil y eficiente para transformar la energía química del hidrógeno en energía eléctrica, por tal razón se está extendiendo su aplicación en vehículos eléctricos que al utilizar celdas de combustible con hidrógeno tienen casi el doble de eficiencia que los que utilizan motores de combustión interna a base de gasolina.

1.5.5.9 Desarrollo de las Tecnologías de Almacenamiento ^[5]

En la actualidad se considera que la tecnología de almacenamiento de energía de mayor desarrollo es la de bombeo hidráulico, también han logrado gran progreso

las baterías y volantes de inercia, mientras que se han relegado los superconductores y supercapacitores que todavía no se introduce en el mercado.

Tecnología	Estado Comercial	Potencia (MW)	Eficiencia (%)	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Descarga	Vida útil (años)
Bombeo	Disponible	100 a 4000	65 a 75	Seg a minutos	Horas a días	30
Volante de inercia	Disponible	Menor a 1,6	90	Menor a un ciclo	Segundos a minutos	20
CAES en reserva	Disponible	100 a 1000	65	Seg a minutos	Horas a días	30
CAES en depósito	En desarrollo	50 a 100	55	Seg a minutos	Horas a días	30
Batería plomo ácido	Disponible	0,001 a 40	60 a 85	Menor a un cuarto de ciclo	Minutos a horas	5 a 10
Hidrógeno en pila de combustible	Pruebas	Menor a 250	34 a 40	Menor a un cuarto de ciclo	Deacuerdo a la necesidad	10 a 20
Hidrógeno en motores	Demostración	Menor a 2	29 a 33	Segundos	Deacuerdo a la necesidad	10 a 20
SMES	Prototipos	0,01 a 100	95	Menor a un cuarto de ciclo	Segundos a minutos	30
Super condensador	Prototipos	0,01 a 1	95	Menor a un cuarto de ciclo	Segundos	10000 ciclos

Tabla 1.1: Desarrollo de las tecnologías de almacenamiento de energía

El desafío actual en el almacenamiento de energía es avanzar en el desarrollo de tecnologías más sencillas y económicas con alta densidad energética y durabilidad, reduciendo los tiempos de carga y descarga; dentro de este ámbito las tendencias de desarrollo son:

- En el campo de las baterías el desarrollo depende de sus particularidades, en las de metal-aire el objetivo es mejorar el número de descargas para hacerlas más competitivas, en las de ion-Li la tendencia apunta al uso de nanomateriales y nanocomponentes para mejorar su densidad energética y eliminar los problemas de seguridad existentes cuando la sal de litio se introduce en soluciones orgánicas que la vuelven inflamable.
- En el campo del aire comprimido la prioridad es aprovechar el gas natural y utilizar energías renovables para el proceso de compresión, la principal alternativa es la combinación con fuentes de energía eólica; se estudia la

manera de lograr que los procesos de compresión sean adiabáticos para no perder el calor generado en la compresión y reutilizarlo para volver a calentar el aire liberado mejorando la eficiencia del proceso.

- En el caso de los volantes de inercia la meta es extender los tiempos de operación a varias horas sin repercutir en los costos y reduciendo la contaminación acústica de baja frecuencia que actualmente producen.
- En el campo de los superconductores se trata de aumentar la densidad y capacidad de almacenamiento, se debe conseguir materiales robustos para aplicaciones de gran tamaño y reducir la temperatura de operación con lo cual se disminuyen los costos de refrigeración aumentando la seguridad.
- En el caso de los condensadores se busca materiales para aumentar la capacidad de almacenamiento, el enfoque es orienta a nanomateriales.

1.6 TECNOLOGÍA UTILIZADA EN LAS REDES INTELIGENTES ^[3]

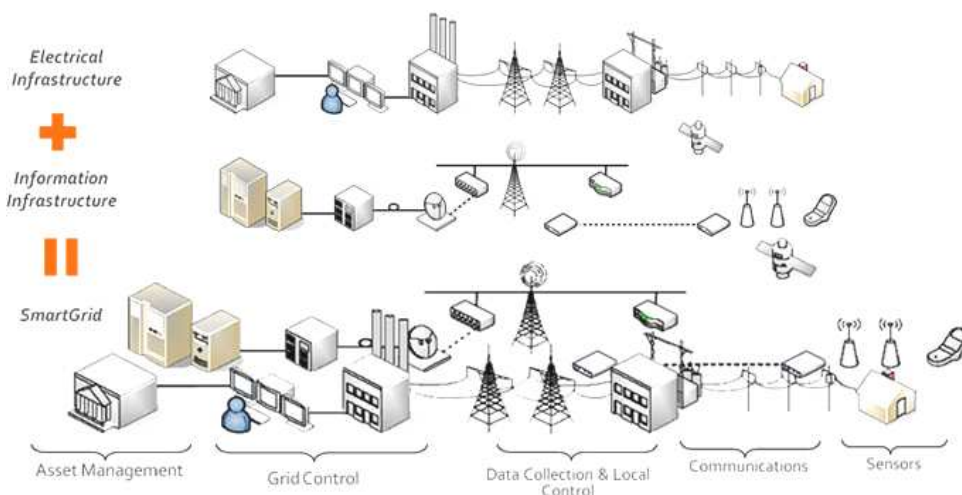


Gráfico 1.13: Red Inteligente, componentes y tecnología

Buscar un solo componente tecnológico para lograr la evolución del Sistema Eléctrico ha sido el principal punto débil del sector, las Smart Grids constituyen un complejo sistema que utiliza muchas tecnologías estrechamente ligadas para dotar de inteligencia a la red; en este proceso no es posible reemplazar todos los elementos viejos inmediatamente, siendo necesario buscar la forma de mejorar el

rendimiento integrando nuevas tecnologías en coexistencia con los elementos tradicionales. Las áreas tecnológicas fundamentales en las Smart Grids son: sistemas de comunicaciones, sensores y medición, componentes con tecnología de punta, métodos avanzados de supervisión y control, mejoramiento de interfaces y la utilización de software sofisticado.

1.6.1 SISTEMAS DE COMUNICACIONES

Una pieza clave que permite que todos los componentes de las Redes Inteligentes funcionen en conjunto son los sistemas de comunicaciones, los mismos que deben ser de alta velocidad para conectar dispositivos asociados al Sistema Eléctrico y a las viviendas para brindar información y control en tiempo real de manera bidireccional haciendo que la red moderna sea una plataforma dinámica que gracias a la arquitectura abierta va a crear un ambiente plug&play que permite a los componentes de la red hablar, escuchar e interactuar. La infraestructura eléctrica con un eficiente sistema de comunicaciones bidireccional es capaz de transmitir información de su estado y monitorearse a sí misma, identificando fallas, controlando el uso de los aparatos eléctricos para promover la Eficiencia Energética y usando la información meteorológica para predecir la generación a través de fuentes renovables; convirtiéndose así en un enlace de comunicaciones para la administración de energía eléctrica.

Los elementos de la red eléctrica tienen el potencial de ser nodos de Internet, en tal sentido los protocolos de comunicación y estandarización son necesarios; el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) tiene alrededor de 100 estándares que se aplican a las Smart Grids y muchos otros están en desarrollo con el propósito de definir lineamientos para la interoperabilidad entre las Redes Inteligentes, entre los principales estándares se destacan:

- El grupo de trabajo P2030 del IEEE considera la vulnerabilidad de la red eléctrica a actividades maliciosas.

- El estándar IEEE 1901 para las comunicaciones por líneas eléctricas aclara el uso de la red como enlace de comunicaciones para administrar el flujo bidireccional de energía.
- El estándar IEEE 802 referente a redes inalámbricas se preocupa de la infraestructura de comunicaciones mediante tecnologías GSM, 3G y 4G.
- El estándar IEEE 1547 se refiere a la interconexión de recursos distribuidos en sistemas de potencia, dando un aporte para evitar que la integración de energías renovables o la mala gestión hagan colapsar al sistema.
- El estándar IEEE P2030.1 para vehículos eléctricos se preocupa del flujo de energía y comunicaciones entre los vehículos eléctricos y la red.
- El IEEE también revisa la interoperabilidad y comunicación entre aparatos eléctricos y la red, a fin de detectar y corregir problemas, actualizar el software y programar operaciones de alto consumo de energía.

Es claro que ninguna organización que desarrolla normas será capaz de hacer todo lo que se necesita, es por ello que las organizaciones deben asociarse para cumplir con este propósito y aportar a la industria para que pueda desarrollar y fabricar productos que pueden ser utilizados en todo el mundo.

1.6.2 SENSORES Y MEDICIÓN

La utilización de sensores permite mejorar el monitoreo del sistema al evaluar el estado de los equipos, la integridad de la red y el apoyo de sistemas de protecciones avanzados, mediante lo cual es posible detectar y responder a los problemas identificando con rapidez que partes de la red fallan y reaccionando de inmediato a las perturbaciones de energía reduciendo el impacto del problema.

Los diseñadores de las Redes Inteligentes deben cubrir los sistemas actuales con sensores, controladores y otros dispositivos necesarios para la comunicación digital, el monitoreo y el control de las actividades de la red que permiten a los clientes ahorrar dinero al controlar automáticamente los dispositivos de alto

consumo de energía durante las horas pico trasladando su encendido a otros horarios. Toda la información generada por los sensores, actuadores y elementos de la red será almacenada en bases de datos que pueden ser consultadas en línea por todos los actores del sistema, permitiendo identificar patrones de demanda de los usuarios y optimizando la planificación del crecimiento de la red.

1.6.3 COMPONENTES CON TECNOLOGIA DE PUNTA

Los componentes con tecnología de punta desempeñan un papel protagónico al determinar el comportamiento de la red eléctrica e incrementar la densidad de potencia, fiabilidad y mejorar los medios de diagnóstico en tiempo real contribuyendo al buen funcionamiento y eficiencia de la infraestructura eléctrica. La automatización de la red eléctrica permitirá realizar un mantenimiento eficiente de todos sus componentes e implementar soluciones de gestión remota, por lo tanto será necesario realizar una fuerte inversión en la renovación de las infraestructuras existentes con el propósito de darles inteligencia.

En la generación la principal característica es el uso de fuentes de energía renovables y sistemas de almacenamiento de energía; la transmisión se orienta al uso de condensadores a lo largo de la red para almacenar energía por períodos cortos, transformadores eficientes, superconductores, cables de temperatura, FACTS, PMUS, RTUS y Sistemas SCADA; la distribución se basa en la automatización de subestaciones, uso de microrredes, subestaciones compactas, controladores y protecciones; los usuarios también adaptan gran parte de nuevos sistemas y componentes como los contadores inteligentes, la generación distribuida, los vehículos eléctricos, los electrodomésticos inteligentes y otros.

A continuación se aclaran conceptos importantes referidos en este tema:

- FACTS (Sistema Flexible de Transmisión de Corriente Alterna), es un sistema compuesto por equipos estáticos utilizados para la transmisión de

corriente alterna con el propósito de mejorar la capacidad de control y poder aumentar la capacidad de transferencia de la red.

- PMU (Unidad de Medición Fasorial), se coloca en lugares estratégicos dentro de la red para medir señales de entrada y determinar de esta manera los distintos tipos de inestabilidad que existen dentro del sistema.
- RTU (Unidad Terminal Remota), es una unidad terminal lógicamente programable que permiten la intervención humana.
- Sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un sistema que obtiene información del funcionamiento de los dispositivos asociados que están en el campo, envía los datos al centro de cómputo para el manejo y control de la información en tiempo real; el sistema cuenta con señales de entrada y salida, controladores, redes, interfaces de usuario (HMI), equipos de comunicación y el software asociado.

1.6.4 MÉTODOS AVANZADOS DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

Los nuevos métodos de supervisión y control se aplican para inspeccionar los componentes esenciales de la red eléctrica, dando un diagnóstico rápido y una respuesta oportuna y adecuada ante cualquier evento que mejore la gestión de activos; la intención de los sistemas es mejorar la eficiencia operacional al aplicar programas para monitorear, supervisar, medir, coordinar y operar de manera remota bancos de condensadores, dispositivos de corte y equipos de las subestaciones. La operación de las redes afecta directamente al servicio que reciben los clientes, por medio de la utilización de Redes Inteligentes y sus sistemas de automatización se pueden recopilar los datos directamente desde los dispositivos de campo, estos datos se llevan a sistemas de control jerárquicos que los convierten en información útil para conocer el estado de la red en un momento dado y de esa manera regular el suministro de energía desde las fuentes de generación o tomar las medidas correctivas en caso de problemas en la red.

1.6.5 MEJORAMIENTO DE INTERFACES

En muchas situaciones el tiempo disponible para los operadores al tomar decisiones se reduce a segundos, de este modo la red moderna exige el uso de aplicaciones y herramientas que permiten a los operadores y administradores de la red tomar decisiones rápidamente; por ello las Redes Inteligentes se caracterizan por dotar al sistema con interfaces prácticas de fácil entendimiento y utilización facilitando al operador mantener el buen estado del sistema.

1.6.6 UTILIZACIÓN DE SOFTWARE SOFISTICADO

El hardware que se utiliza para facilitar el desarrollo de las áreas tecnológicas es esencialmente el mismo a pesar de la variedad en las tecnologías aplicadas, sin embargo este requiere un software más sofisticado para funcionar; por tal razón las gigantes compañías mundiales de software están apostando al desarrollo de las Redes Inteligentes con programas para apoyar y facilitar sus aplicaciones; entre los que se destacan:

- Sistema de Administración de Energía (EMS) es una aplicación que brinda a los operadores de los centros de control la información sobre el estado de la red en tiempo real, complementan la información disponible en los centros de control a través del sistema SCADA y ayuda con un verdadero control del tiempo de carga y el flujo bidireccional de energía.
- Sistema de Información Geográfica (GIS) es un sistema de tecnología integrada con el GPS que se utiliza para identificar los problemas de transmisión y distribución en tiempo real.
- Distribution Management System (DMS) es un software para la gestión técnica de redes de distribución, su objetivo es el análisis del estado de la red, basado en supervisión tipo SCADA o estimaciones de carga obtenidas por otras fuentes, para estudiar el comportamiento de la red.

- Sistema de Gestión de Interrupción (OMS) es un sistema usado por los operadores del sistema para ayudar en la restauración de la energía, permite ubicar la localización de fusibles o interruptores cercanos a las fallas, priorizar los esfuerzos de restauración y gestionar los recursos basados en la ubicación de las instalaciones de emergencia, el tamaño y la duración de las interrupciones; proporcionan información sobre la magnitud de los cortes y el número de clientes afectados y calculan la estimación de los tiempos de la restauración y los equipos necesarios para la misma.

En resumen las tecnologías aplicadas en las Redes Inteligentes controlan, informan, comunican, integran otras tecnologías y optimizan el uso de la energía.

1.7 ACTORES INVOLUCRADOS EN EL DAsARROLLO DE LAS REDES INTELIGENTES ^{[2][3]}

La evolución hacia las Redes Inteligentes conlleva la consideración de un mayor número de actores que intervienen en el sistema eléctrico dando su aporte para desarrollar las Smart Grids de acuerdo a la siguiente descripción.

1.7.1 GENERADORES

El Sistema Eléctrico es un conjunto complejo de componentes con una fuerte interacción entre generadores, redes y demanda; es necesario fomentar la participación de agentes que puedan aportar energía a la red, dándoles facilidades a nivel tecnológico y normativo para que puedan promover la generación basada en energías renovables, integrando de manera eficiente y segura su producción a través de nuevos servicios y desarrollando la generación distribuida y almacenamiento de energía con el uso eficiente de sus activos.

1.7.2 OPERADORES DE LAS REDES DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Los operadores de las redes de transmisión y distribución son los responsables de responder a las necesidades de los usuarios de modo eficiente y económico, están obligados a realizar la investigación necesaria para garantizar el cumplimiento de los requisitos demandados y hacer tangible el ahorro obtenido al implementar mejoras en la red; ellos requieren invertir en nuevas tecnologías y soluciones basadas en un marco regulatorio claro y estable.

1.7.3 COMERCIALIZADORES

El libre comercio eléctrico está ocasionando la apertura de nuevos mercados, normas y procedimientos orientados a los clientes, los mismos que están en la capacidad de elegir el proveedor de energía que mejor se adapte a sus necesidades y les oferte nuevos servicios como gestión de energía, eficiencia, bajos precios y mejoras implementadas en los hogares gracias al ahorro obtenido por los cambios en el hábito de consumo energético de las personas.

1.7.4 AGENTES GUBERNAMENTALES

Las entidades gubernamentales deben preparar una nueva legislación que se encargue de regir todos los aspectos y trámites relacionados, apoyando la creación de sistemas tarifarios dinámicos que permitan optimizar el uso de recursos, dando financiamiento a proyectos de generación y optimización de sistemas de transmisión y distribución ya que de esta manera se podrá reducir y flexibilizar las tarifas, este desarrollo aportará al progreso económico y el aumento de la competitividad y la creación de empleo.

1.7.5 CONSUMIDORES

El rol del usuario en las Redes Inteligentes tendrá un cambio radical surgiendo la necesidad de nuevos y mejores servicios orientados al consumidor, el mismo que deja de ser un actor pasivo para convertirse en parte activa del Sistema Eléctrico realizando una gestión inteligente de su consumo y convirtiéndose en productor que vende el excedente energético que genera en su hogar a través de fuentes renovables; otras mejoras que se habilitarán para beneficio del usuario son la tarificación en tiempo real a fin de modificar sus patrones de consumo, la libertad para elegir los suministradores energéticos, la Eficiencia Energética y la introducción de nuevos productos y servicios basados en la domótica y la utilización del vehículo eléctrico posibles con el uso de contadores inteligentes.

1.7.6 INVESTIGADORES Y FABRICANTES DE EQUIPOS

El desarrollo de las Redes Inteligentes será posible únicamente tras realizar fuertes inversiones en investigaciones aplicadas a la generación y demanda, así como en tecnologías necesarias para dotar de inteligencia a la red e implementar el sistema de comunicaciones que sustente la transferencia de datos necesaria para la monitorización y control de la misma. La cooperación entre las universidades, centros de investigación y estandarización, compañías eléctricas, fabricantes, reguladores, legisladores y la sociedad en general será imprescindible para implementar el desarrollo tecnológico requerido.

1.8 BARRERAS EN EL DESARROLLO DE LAS REDES INTELIGENTES^{[9][10][17]}

Las Redes Inteligentes son necesarias en la sociedad del futuro, sin embargo existen barreras que obstaculizan su desarrollo y estas son:

- La necesidad de coexistir con la red actual durante un tiempo prolongado.
- Las tecnologías que sustentan la implementación de las Redes Inteligentes están en desarrollo y existe una inmadurez de estándares asociada a la falta de acuerdo entre las compañías implicadas.
- Existen escasas pruebas piloto de gran escala haciendo que las estimaciones económicas no sean fiables y aumente el riesgo de inversión.
- Los costos de inversión y operación son demasiado altos.
- Se deben regular múltiples aspectos como: la generación distribuida, el almacenamiento de energía, la gestión de la demanda, la privacidad de la información, tarifación horaria, propiedad de los contadores, etc.
- Existen limitaciones técnicas y faltan incentivos suficientes para fomentar el uso de energías renovables, priorizar la eficiencia energética, reducir las emisiones contaminantes y fomentar la inversión en las redes eléctricas.
- No se conoce con claridad la reacción del usuario a la implementación de proyectos relacionados con las Redes Inteligentes.
- El detalle y volumen de la información que estará disponible sobre cada consumidor puede generar perjuicios si se usa de manera inadecuada.

A pesar de la existencia de barreras en el desarrollo de las Redes Inteligentes, es factible su aplicación ya que existe un consenso mundial que las ubica como la mejor solución al calentamiento global y la dependencia energética.

En el presente capítulo se detalló una visión general de las Redes Inteligentes destacando sus ejes de desarrollo, componentes, tecnología y actores involucrados; dado que el proyecto se enfoca en el sistema de distribución es conveniente resaltar que el aspecto más importante en esta área es la utilización de contadores inteligentes que permiten gestionar la demanda, adaptar generación distribuida, almacenar eficientemente la energía e incluso masificar el uso del vehículo eléctrico a través de tecnología de punta presente en toda la red. El estudio preliminar de las Smart Grids permite que en el siguiente capítulo se identifique con claridad la importancia de las Redes Inteligentes al compararlas con la red eléctrica actual resaltando sus principales características y ventajas y los desafíos que existen para el Sistema de Distribución Eléctrica.

CAPÍTULO 2

IMPORTANCIA DE LAS REDES INTELIGENTES Y LA CONVENIENCIA DE SU UTILIZACIÓN

El desarrollo social de los últimos años se ha sustentado en la electricidad producida a través de fuentes hidráulicas y combustibles fósiles sin tomar en cuenta la contaminación ambiental ocasionada, en la actualidad es impostergable la necesidad de transformar la red hacia un modelo con diversas y distribuidas fuentes de energía renovable priorizando la eficiencia energética y dando al usuario la posibilidad de generar su propia energía e inyectar los excedentes a la red; reduciendo así las pérdidas técnicas en el proceso de transmisión y posibilitando el uso de sistemas de almacenamiento y la movilidad eléctrica.

Las necesidades del sector eléctrico actual impulsan la transformación de la red eléctrica en una Red Inteligente cuya descripción detallada se presentó en el capítulo anterior, siendo importante además resaltar las características, ventajas y desafíos de las Smart Grids tras compararlas con la red eléctrica actual.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL ^[18]

En términos generales el Sistema Eléctrico es el conjunto de subestaciones, transformadores, líneas y otros componentes que permiten transportar la electricidad desde los centros de generación y distribuirla hasta los consumidores; detallando las partes principales del Sistema Eléctrico se tiene:

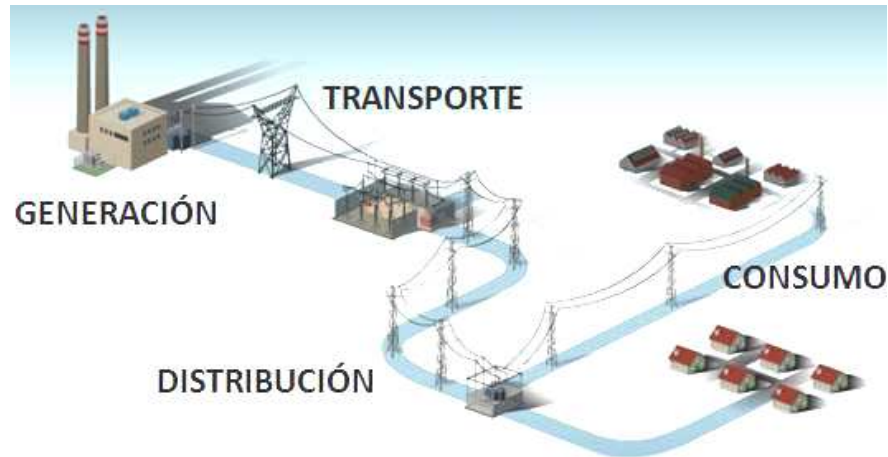


Gráfico 2.1: Red eléctrica actual

2.1.1 GENERACIÓN

La generación está constituida por centrales de grandes dimensiones ubicadas lejos de los centros de consumo en función de la disposición geográfica de los recursos hídricos en el caso de los generadores hidroeléctricos o aisladas al tratarse de generadores térmicos o nucleares; comúnmente la potencia de los generadores varía entre 100 y 600MW. La principal función de los generadores es proveer de energía y potencia al sistema, se encargan también de estabilizar la frecuencia y el suministro inyectando reactivos al sistema.

2.1.2 TRANSMISIÓN

La transmisión es la conducción de la electricidad desde los centros de generación a los consumidores a través de líneas extendidas a lo largo de un país o región, esta industria se considera como un monopolio natural regulado por el estado para garantizar la conexión a cualquier generador que requiera su uso. Su función es controlar el valor de voltaje en las subestaciones para minimizar las pérdidas, la energía fluye desde los generadores hacia el consumidor de modo

unidireccional; dado que el flujo es en grandes cantidades las líneas de transmisión deben ser de gran capacidad y trabajar a muy altos voltajes.

2.1.3 DISTRIBUCIÓN

La distribución consiste en el transporte de electricidad desde las redes de transmisión hasta los consumidores residenciales o industriales de pequeños consumos denominados clientes regulados que reciben la energía a través de las empresas distribuidoras; existen también consumidores no regulados que negocian la energía, potencia y precios en forma directa con los generadores mediante contratos que firman ambas partes y no utilizan los sistemas de distribución; por lo general las empresas distribuidoras son monopólicas y están repartidas según la distribución geográfica, normalmente se encargan también de la comercialización al comprar energía al sistema y venderla a los clientes. La función de las redes distribución es garantizar el suministro a los clientes que lo requieran, hecho que obliga a su continua expansión y mantenimiento, las redes trabajan con voltajes no muy elevados por su cercanía con el usuario.

2.1.4 OPERACIÓN DEL SISTEMA

La energía eléctrica no se puede almacenar en grandes cantidades, esto implica que la producción debe igualarse al consumo en todo momento, por otro lado todos los generadores utilizan las mismas líneas de transmisión y distribución por lo que la operación de todos los involucrados debe hacerse de manera coordinada para poder optimizar el funcionamiento del sistema y evitar situaciones de sobrecarga en las líneas o una sobregeneración por parte de los productores, tratando de operar siempre a los costos mínimos. La operación del sistema está a cargo de un organismo central independiente de las transacciones económicas, el mismo que debe evitar situaciones de contingencia mediante la constante observación de la demanda, las líneas y los generadores y opera en

base a la información continua que tiene del sistema tomando las decisiones necesarias para su buen desempeño.

2.2 COMPARACIÓN ENTRE LA RED ELÉCTRICA ACTUAL Y LAS REDES INTELIGENTES ^{[2][3][4][5]}

Tras haber analizado con profundidad todo lo que las Redes Inteligentes integran y revisar brevemente el estado del sistema actual se puede comparar los sistemas en los puntos de mayor interés e importancia.

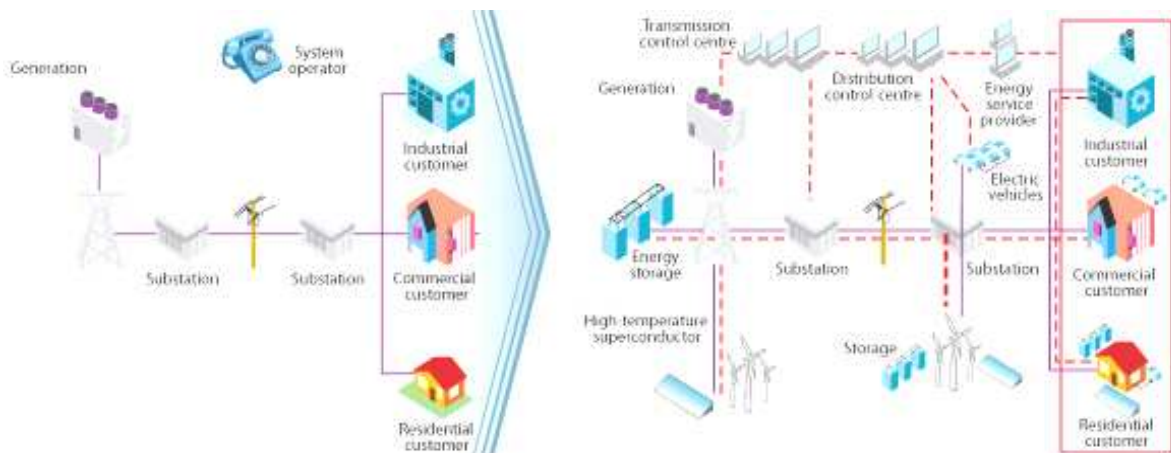


Gráfico 2.2: Comparación entre la red eléctrica actual y las Redes Inteligentes

2.2.1 GENERACIÓN

La generación y su sistema de control actualmente son centralizadas, utiliza fuentes de energía basadas en combustibles fósiles altamente contaminantes, no permite la integración a gran escala de las energías renovables, la potencia suministrada es altamente variable y de difícil previsión y es imposible almacenar los excedentes de la generación; el desarrollo de las Redes Inteligentes permitiría integrar la generación distribuida a gran escala, la interacción de generadores puros, generadores-consumidores, generadores-almacenadores y almacenadores

puros, la utilización de eficientes técnicas de almacenamiento y el aprovechamiento de la energía marginal proporcionada por el vehículo eléctrico.

2.2.2 TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Las redes actuales se caracterizan por ser unidireccionales con diseño y equipamiento ineficiente que genera altas pérdidas en la transportación y problemas en la calidad energética (armónicos y oscilaciones), tiene escasas protecciones en las redes de medio y bajo voltaje, esta sujeta a saturaciones y se cuenta con poca información de su desempeño siendo necesario el mantenimiento reactivo y manual; a diferencia de aquello las Redes Inteligentes son bidireccionales e incorporan nuevas tecnologías que permiten incrementar la capacidad de la red, optimizar la topología y reducir las pérdidas, tiene mayor sensorización que permite el monitoreo, ajuste y reparación de forma automática, se caracteriza por la predicción de fallas y la posibilidad de hacer mantenimientos preventivos y evitar cuellos de botella en el flujo eléctrico.

2.2.3 GESTIÓN DE LA DEMANDA

La red actual carece de información para gestionar la demanda por parte del operador o el usuario, los artefactos domésticos e industriales son pasivos, no diferencian entre horas pico o valle de consumo y tienen velocidad de funcionamiento constante; en cambio con el desarrollo de las Redes Inteligentes la gestión de la demanda constituye uno de los mayores avances del sector eléctrico ya que existen sistemas avanzados de medida que permiten gestionar la demanda por parte del operador mediante la tarificación y calidad del servicio y por parte del usuario a través de la eficiencia energética y optimización del consumo, además incorpora nuevos usos para la electricidad como el vehículo eléctrico.

2.2.4 OPERACIÓN DEL SISTEMA

Actualmente el sistema eléctrico tiene pocos actores para su funcionamiento con una reducida capacidad de interacción entre ellos, la toma de decisiones es centralizada y el volumen de información disponible es escaso y generalmente no informatizado, los modelos tarifarios son básicos y el sistema de facturación es simple y no diferenciado; las Redes Inteligentes necesariamente introducen nuevos actores al sistema (generadores puros, almacenadores, comercializadores puros, consumidores – generadores, etc) con un elevado volumen de información, adecuada protección de datos y seguridad que incluye una sofisticada gestión de clientes con métodos de facturación y tarifación complejos y diversificados.

En la tabla comparativa que se detalla a continuación, se resaltan las principales características de la red eléctrica actual y las Redes Inteligentes.

Red Eléctrica Actual	Redes Inteligentes
Electromecánica	Digital
Flujo energético unidireccional	Flujo energético bidireccional
Control centralizado y manual	Control distribuido y automático
Protección reactiva	Protección predictiva y preventiva
Poca comunicación unidireccional	Alta comunicación en todas las direcciones
Operación y reconexión manual	Operación y reconexión automática
Poco monitoreo con algunos sensores en la transmisión	Red monitorizada con varios sensores en todo el sistema
Propensa a fallas y apagones	Protecciones adaptativas
Comprobación manual del estado de los equipos	Equipos con operación y comprobación de estado remota
Decisiones de emergencia humanas	Decisiones basadas en sistemas autónomos
Control limitado de sobreflujos	Total control de sobreflujos
Información económica escasa	Información económica total
Diferencias normativas	Marco legal homogenizado que facilita comercio e interconexiones
Configuración manual de componentes	Interconexión Plug&Play de componentes
Baja calidad de la energía	Alta calidad de la energía

Generación grande y centralizada	Generación de pequeñas dimensiones y distribuida
Consumidor desinformado sin posibilidad de elección y participación	Consumidor protagonista y selectivo convertido en autogenerador
Sin gestión de la demanda en altas demandas o problemas en la red	Alta gestión de la demanda con el uso de artefactos inteligentes
Interconexiones fronterizas limitadas	Calidad, seguridad y fiabilidad en las múltiples interconexiones fronterizas
Infraestructura vulnerable	Resistente a ataques o desastres naturales con rápida capacidad de restauración
Insuficiente infraestructura para la incorporación de vehículos eléctricos	Fácil incorporación del vehículo eléctrico y uso de este como medio de almacenamiento
Gran emisión de gases contaminantes y fuerte impacto ambiental	Poca emisión de gases contaminantes y reducido impacto ambiental

Tabla 2.1: Comparación entre la red eléctrica actual y las Redes Inteligentes

La comparación planteada resalta marcadas diferencias en beneficio del Sistema Eléctrico, las mismas que se profundizan en detalle al revisar las características de las Redes Inteligentes y los beneficios asociados a estas.

2.3 CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS QUE RESALTAN LA IMPORTANCIA DE LAS REDES INTELIGENTES ^{[4][5][6][17][19]}

Tras comparar el Sistema Eléctrico actual y el futuro sistema basado en Redes Inteligentes es posible resaltar las principales características de las Smart Grids que denotan su importancia y la conveniencia de su utilización, estas características se enfocan en los aspectos más importantes del sistema y se pueden clasificar en cuatro enfoques generales: económico, tecnológico, ambiental y regulatorio; cada uno de estos enfoques no debe ser considerado de manera aislada ya que el conjunto de ellos permite el correcto análisis y visión sistémica de las Redes Inteligentes involucrando a todos los actores del sistema.

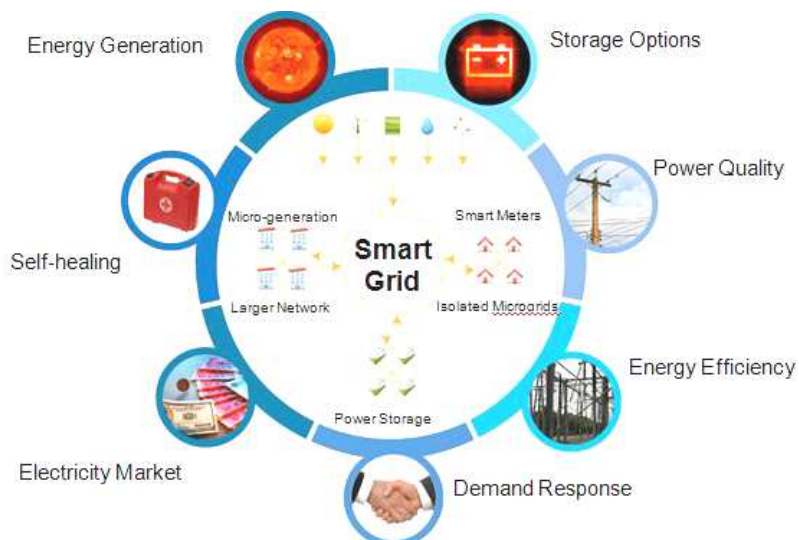


Gráfico 2.3: Beneficios de la utilización de Redes Inteligentes

2.3.1 ÁMBITO ECONÓMICO

El ámbito económico constituye un aspecto prioritario en el desarrollo de las Redes Inteligentes, según estudios del Instituto de Investigación de Potencia Eléctrica (EPRI) la consolidación de las Smart Grids permite mejorar la eficiencia y fiabilidad de la red con lo cual se espera conseguir un incremento en las utilidades del sector eléctrico logrado especialmente por la disminución de las inversiones en la infraestructura eléctrica, la reducción de las pérdidas ocasionadas por las interrupciones en el suministro eléctrico y la notable disminución del consumo de combustibles con la posterior rebaja de su precio, hecho que puede ser aprovechado en otros sectores del mercado; los principales beneficios económicos relacionados con el uso de las Redes Inteligentes son:

2.3.1.1 Optimización de la Infraestructura y Operabilidad de la Red Eléctrica

Para obtener el mayor provecho de la infraestructura eléctrica es necesario optimizar su funcionamiento, la particularidad de las Redes Inteligentes es su capacidad de adaptación automática ante cambios con lo cual se obtiene la funcionalidad requerida en el momento preciso de manera eficiente y a bajo costo.

El mayor aporte de las Smart Grids en la optimización de la infraestructura eléctrica se refleja en la reducción de pérdidas técnicas consiguiendo incrementar el factor de carga y la disminución de los costos de operación y mantenimiento, estas acciones se realizan con ayuda de la gran cantidad de sensores que emiten información continua en tiempo real y están distribuidos en toda la red y los sistemas de comunicación que ayudan a reunir, procesar y gestionar los datos para prevenir fallas y solucionar problemas en forma remota logrando una operación eficiente sin sobrepasar su capacidad máxima y aumentando el factor de carga con lo cual los usuarios tendrán un mejor servicio en el que prime la calidad de la energía y los apagones dejen de ser una realidad recurrente.

En las circunstancias mencionadas a más de cambiar la infraestructura eléctrica es necesario influir en la mentalidad y formación de los trabajadores y la metodología de trabajo de las empresas eléctricas de modo que puedan asimilar de forma adecuada que en lugar de corregir problemas existentes se debe hacer mantenimientos preventivos en función de la predicción autónoma del sistema.

2.3.1.2 Mejorar la Calidad de la Energía Eléctrica

La red eléctrica existente debido a su antigüedad no garantiza la calidad de la energía que la sociedad actual requiere, este aspecto es importante en el desarrollo de las Redes Inteligentes donde se prioriza un abastecimiento eléctrico sin interrupciones o perturbaciones que se evidencian en caídas de voltaje, sobrevoltajes o armónicos producto del uso de cargas no lineales.

Lograr una calidad de energía adecuada para el futuro desarrollo social solo es posible al usar sensores que monitorean parámetros que regulan la calidad de la energía a lo largo del sistema, eficientes sistemas de almacenamiento que permitan estabilizar el suministro eléctrico y mejorar la calidad de la energía y aparatos electrónicos eficientes que puedan corregir la deformación de las ondas eléctricas. Las Redes Inteligentes permiten que la energía disponible para el

usuario varié en calidad y precio, dando al consumidor la posibilidad de escoger entre distintas gamas de calidad y precio en función del uso que vaya a darle a la energía; hecho que aporta al crecimiento económico de la sociedad en general.

Actualmente no existen normativas que permitan ofrecer a los consumidores diferenciación en la calidad o precio de la energía en función de sus necesidades, circunstancia que limita el desarrollo de este aspecto siendo necesario que a nivel estatal se impulse el mejoramiento de la calidad eléctrica mediante el fomento de inversiones, incentivos y normas que contribuyan al desarrollo social.

2.3.1.3 Apertura de Nuevos Mercados Eléctricos

Las Redes Inteligentes se sustentan en la participación de todos los actores del Sistema Eléctrico actual y posibilitan la aparición de nuevos actores; la transmisión bidireccional aumentará notablemente el flujo eléctrico por lo que es necesario mejorar la gestión en este sentido permitiendo la utilización masiva de fuentes renovables sin que importe su capacidad o ubicación. La gestión de la demanda, los contadores inteligentes, la generación distribuida, los modernos sistemas de almacenamiento de energía, el uso del vehículo eléctrico y en si dotar de inteligencia a la red en base al uso de sensores, sistemas de comunicación y software permiten abrir un sinnúmero de nuevos segmentos del mercado eléctrico en el que ya están incursionando las grandes empresas tecnológicas mundiales.

Es importante tener en cuenta que el proceso de cambio del sector eléctrico está sujeto a la cultura de los usuarios y sus hábitos de consumo, en este sentido la existencia de comportamientos sociales arraigados puede limitar el desarrollo de las Redes Inteligentes.

2.3.2 ÁMBITO TECNOLÓGICO

El ámbito tecnológico se refiere a la infraestructura de la red eléctrica incluyendo el sistema de comunicaciones, la importancia de este aspecto se relaciona con la notoria obsolescencia de la red actual que tiene alrededor de un siglo de vida, ocasionando una marcada brecha entre las capacidades técnicas de la red y las crecientes necesidades de consumo que generan una gestión de la carga del flujo eléctrico siempre más problemática; los beneficios tecnológicos asociados son:

2.3.2.1 Capacidad de Operación y Restablecimiento Automático del Sistema Eléctrico

Las Redes Inteligentes tienen la capacidad de aislar los elementos problemáticos de la red y restablecer la operación normal del sistema con la mínima intervención humana, es decir opera y soluciona sus problemas en forma automática logrando disminuir las interrupciones de energía formando así una especie de sistema inmunológico que ejecuta autoevaluaciones y monitoreos constantes para predecir y detectar fallas y aplicar las respuestas correctivas en forma inmediata.

La operación automática es posible debido al uso de contadores inteligentes que facilitan la transmisión y almacenamiento de datos en tiempo real y la red de sensores instalados en todos los niveles del sistema, los mismos que permiten especificar un problema o falla y activar a los dispositivos más cercanos para restablecer el normal funcionamiento de la red, adicionalmente permiten detectar señales o comportamientos típicos para anticipar las averías del sistema con la posibilidad de atenuar las condiciones antes que el evento pronosticado ocurra.

El restablecimiento automático de energía permite que la mayor parte de consumidores mantengan el servicio eléctrico gracias a la capacidad del sistema de transferir y repartir instantáneamente la carga hacia fuentes eléctricas alternas (alimentadores no sobrecargados o fuentes de generación distribuida); otro aspecto a tomar en cuenta es la gestión directa de la demanda gracias a la cual es posible adaptar en tiempo real el nivel de carga a la capacidad generada.

En conclusión las Redes Inteligentes van a tener un gran conocimiento de sí mismas, de sus posibles problemas de operación y la mejor manera de resolverlos en forma autónoma y en el menor tiempo posible.

2.3.2.2 Resistencia a Desastres Naturales o Provocados

La mayor resistencia y fiabilidad del sistema ante desastres naturales o provocados por el hombre es una característica de las Redes Inteligentes posible gracias al control sobre su infraestructura, al monitoreo de sus componentes y a la capacidad de manejar simultáneamente un gran volumen de datos lograda con el uso a todo nivel de dispositivos digitales capacitados para la transmisión bidireccional de información y operables remotamente para la gestión de la red.

Es necesario identificar las amenazas provocadas por desastres naturales y los ataques humanos que en su mayoría son cibernéticos, en el caso de los desastres naturales la autosanación de la red permite enfrentar estos eventos incontrolables al incorporar datos de las condiciones ambientales en un modelo probabilístico que asegure a los operadores una mejor capacidad de interpretación y minimizar los riesgos que dichos eventos catastróficos provocan; al tratarse de ataques cibernéticos la Red Inteligente despliega protocolos de seguridad para prevenir, detectar, mitigar y responder automáticamente a los ataques minimizando su impacto en la red

La infraestructura eléctrica mundial es obsoleta e inadecuada, su modernización permite conseguir enormes beneficios, siendo importante tomar en cuenta que la conversión de la infraestructura analógica a digital genera un incremento exponencial de datos e información que incrementa los riesgos informáticos e intromisión de hackers que pueden utilizar el flujo bidireccional de información para invadir la privacidad del usuario y conocer los datos de consumo que reflejan su comportamiento.

2.3.3 ÁMBITO AMBIENTAL

La creciente contaminación atmosférica es el mayor problema de carácter ambiental, en tal virtud el mundo se está concientizando para disminuir y controlar las emisiones contaminantes. El sector eléctrico y el transporte son los mayores contaminantes ambientales siendo impostergable la necesidad de reducir las emisiones nocivas con la utilización de fuentes de energía renovables de manera distribuida logrando así una mayor eficiencia energética a nivel de todos los usuarios del sistema e introduciendo vehículos eléctricos, hechos posibles gracias a la consolidación de las Redes Inteligentes, los beneficios esperados en el campo ambiental son:

2.3.3.1 Incremento de la Generación a través de Fuentes de Energía Renovables

Es claro que las fuentes de energía renovables son inestables e impredecibles, sin embargo el uso de las Redes Inteligentes permite que el sistema se adapte a las características de estas fuentes de generación no contaminantes y se puedan aprovechar sus beneficios mediante el flujo bidireccional de la energía eléctrica sustentada en un continuo monitoreo y control que garantice su confiabilidad.

Las Redes Inteligentes restan importancia a las grandes centrales de generación y priorizan la generación distribuida cuya utilización se espera que incremente notablemente gracias al desarrollo tecnológico y la reducción de costos que se avecinan; la tendencia del mercado eléctrico es la consolidación del prosumer (productor y consumidor a la vez) con la utilización de fuentes de generación distribuidas y eficientes métodos de almacenamiento de energía de modo que coexistan las grandes centrales de generación y la generación distribuida, con el aprovechamiento de las energías renovables para ambos casos.

2.3.3.2 Reducción de Emisiones Contaminantes

Las Redes Inteligentes constituyen la solución ambiental en el Sistema Eléctrico, permiten reducir las emisiones contaminantes producto de la generación eléctrica y adicionalmente reducir el efecto contaminante de la movilidad ya que las Smart Grids constituyen el sustento de la futura transportación eléctrica.

La energía eléctrica ocasiona alrededor del 38% de la contaminación mundial debido al uso de combustibles fósiles en la generación, las Redes Inteligentes permiten eliminar el uso de fuentes contaminantes al priorizar la aplicación de fuentes de energía renovables en la generación distribuida, gestionar la demanda eléctrica reduciendo notablemente los picos de carga e impulsando la Eficiencia Energética en hogares, edificios públicos y comerciales; adicionalmente se puede reducir las pérdidas técnicas gracias al uso distribuido de la generación y al volver eficiente a la red. A nivel mundial se espera que el uso de las Smart Grids permita reducir las emisiones de CO₂ en aproximadamente un 20%.

2.3.4 ÁMBITO REGULATORIO

El ámbito regulatorio constituye un conjunto de decisiones y normativas emitidas por autoridades para regular el mercado eléctrico y priorizar su eficiencia en el complejo proceso de transformación de la red eléctrica actual en una Red Inteligente con el consecuente surgimiento de nuevos actores empresariales, adicionalmente la utilización de la generación distribuida y los contadores inteligentes permiten a los reguladores emprender políticas tarifarias que apuntan a sensibilizar y motivar al usuario en la gestión de su propio consumo, los beneficios regulatorios que se avecinan son:

2.3.4.1 Sensibilidad, Motivación y Participación del Usuario en el Sistema Eléctrico

En la Redes Inteligentes el usuario se convierte en una parte clave dejando de ser un simple actor pasivo para convertirse en un ente activo del Sistema Eléctrico. En este contexto las necesidades e interés de los consumidores van en continuo aumento por lo que las Smart Grids ayudan a educar al consumidor hacia una gestión óptima de su consumo energético, reduciendo los costos de suministro de energía eléctrica y provocando grandes beneficios ambientales.

Los usuarios actualmente compran la energía a precios ya determinados sin la posibilidad de escoger entre varias tarifas, sin embargo los costos de generación están sujetos a variaciones importantes dentro de cortos períodos de tiempo, la tarea es posibilitar al usuario gestionar su consumo de acuerdo a esta variación. Los contadores inteligentes usados en las Smart Grids dan al consumidor la información en tiempo real de su consumo eléctrico, el costo de la energía y el impacto ambiental que este genera; esta información permite que el usuario pueda gestionar su consumo en forma interactiva de acuerdo a la capacidad del sistema eléctrico para satisfacer la demanda pudiendo modificar las costumbres de los consumidores incentivando el ahorro energético y económico que beneficia al usuario y a todo el sistema eléctrico.

Al convertirse en una actor activo del sistema, el usuario debe comprender que el precio de la electricidad varía de acuerdo a su costo de producción y suministro y que en la actualidad el precio de la electricidad no siempre reflejan los costos reales de su producción, por lo cual sus decisiones pueden afectar al sistema si no toma en cuenta estos criterios.

2.3.4.2 Evolución de la Generación Centralizada a la Generación Distribuida

El mayor aporte del cambio del modelo de generación eléctrica se enfocó en el aspecto ambiental, sin embargo es prudente resaltar que es necesaria la

presencia de las autoridades para adaptar las normativas al nuevo modelo del mercado de generación eléctrica.

La red eléctrica actual transporta la energía desde las centrales de generación hacia los usuarios que tienen cargas predecibles y constantes, este hecho ha limitado el acceso al mercado de generadores más pequeños impidiendo así la masificación de la generación distribuida; sin embargo los gobiernos tienen la necesidad de priorizar el uso de energías renovables en sus matrices energéticas incentivando el surgimiento de múltiples sistemas distribuidos de menor tamaño. En estas condiciones el regulador debe establecer las reglas del mercado eléctrico para garantizar a los pequeños generadores distribuidos condiciones óptimas para su funcionamiento, a fin de utilizar las fuentes renovables de generación y lograr una mayor seguridad en el abastecimiento de la electricidad.

La preocupación ambiental, el creciente costo de la electricidad y los incentivos gubernamentales pueden provocar un rápido incremento de la generación distribuida renovable, logrando así que los usuarios se conviertan en consumidores productores (*prosumers*).

En el desarrollo de las Redes Inteligentes la diferenciación entre la transmisión y distribución no es muy marcada ya que la operación de las redes en el futuro sería única manteniendo la eficiencia y operación integrada a través de los diferentes niveles de la red, sin embargo por su utilidad y dimensiones las redes de distribución constituyen un componente crítico del Sistema Eléctrico que debe ser enfatizado resaltando los desafíos que existen y el proceso de conversión que se debería utilizar para dotar de inteligencia al sistema.

2.4 DESAFÍOS DE LAS REDES INTELIGENTES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA^[18]

La implementación de Redes Inteligentes constituye una gran oportunidad para las empresas distribuidoras pues permite mejorar la gestión de sus activos, lograr

Eficiencia Energética obteniendo un servicio confiable, seguro y de alta calidad; su desarrollo es la base para optimizar procesos operativos y de mantenimiento mediante una eficiente planificación orientada al cliente. Preparar los sistemas de distribución para la conversión a las Smart Grids significa reorganizar y actualizar la red en toda su infraestructura empezando por la implementación de sistemas de control y monitorización en las subestaciones y toda la red que permitan el flujo y manejo de información en tiempo real para analizar la operación, protecciones y pérdidas; este hecho se facilitará con la estandarización de la información de los sistemas de distribución y reconociendo que las empresas distribuidoras deben sustituir los contadores actuales por equipos inteligentes con la capacidad de realizar medidas y tarifación horaria y posibilitar la telegestión para medición y control remoto en zonas de la red que están fuera del alcance de los centros de control de las compañías eléctricas.

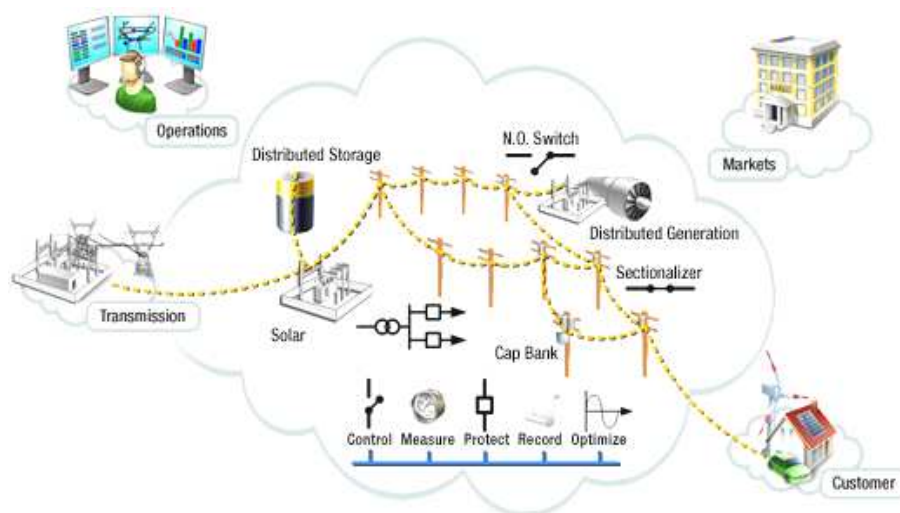


Gráfico 2.4: Redes Inteligentes en el Sistema de Distribución Eléctrica

Europa es el continente pionero en el desarrollo e implementación de las Smart Grids, en base a sus estudios ha identificado áreas de investigación para el fortalecimiento de las Redes Inteligentes en el sistema de distribución, siendo estas: infraestructura y operación de la red de distribución, el aporte de las Redes Inteligentes, su interoperabilidad y la participación del usuario.

2.4.1 INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Las redes de distribución del sistema eléctrico actual tienen una infraestructura simple constituida por grandes centros de generación que alimentan a cargas no controladas distribuidas en distintos puntos geográficos, las Redes Inteligentes obligan a la introducción de elementos en el sistema que permitan la participación de los consumidores por lo cual se plantean los siguientes desafíos:

- Se requiere una clara estimación de la capacidad de generación futura y la proyección de la demanda esperada para poder cubrir los futuros requerimientos del Sistema de Distribución implementando Smart Grids.
- Es prudente definir con anterioridad las estrategias que permitan adaptar de manera adecuada las nuevas tecnologías y minimizar la inversión necesaria para la conversión hacia las Redes Inteligentes.
- La introducción de la generación distribuida obliga a la utilización de eficientes herramientas computacionales para diseñar, planificar y modelar la integración de estas fuentes energéticas.

2.4.2 OPERACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN Y ADAPTACIÓN DE LOS ACTORES DEL SISTEMA

La operación actual del Sistema de Distribución se orienta a la existencia de plantas de generación centralizadas, dado que las Redes Inteligentes se basan en la utilización de la generación distribuida la futura operación debe incorporar herramientas que faciliten esta tarea y a la vez permitan responder adecuadamente a la demanda y su gestión que incorpora nuevas tecnologías de almacenamiento, en estas condiciones los desafíos relacionados son:

- Encontrar una adecuada manera de estimar la operación del Sistema de Distribución que integra generación a través de fuentes renovables distribuidas en los lugares de consumo.

- Capacidad de analizar en tiempo real la estabilidad del sistema y simular los flujos de carga y cortocircuitos sujetos a la variabilidad de las fuentes de energía renovable.
- El sistema debe contar con eficientes métodos y estrategias de control que permitan utilizar adecuadamente la generación distribuida, coordinar su comportamiento e impacto y aprovechar los beneficios que brinda.
- Implementar sistemas de generación distribuida a pequeña escala con sistemas tipo isla que permitan estudiar de manera real su impacto.
- Transformar el mercado eléctrico en una estructura tipo internet que tenga la capacidad de intercambiar información y energía obtenida a través de generación centraliza, distribuida y sistemas de almacenamiento.

2.4.3 APORTE DE LAS REDES INTELIGENTES Y SU GESTIÓN EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

Es necesario buscar los mecanismos adecuados para renovar la infraestructura actual enfatizando los beneficios socioeconómicos que implica la adopción de Redes Inteligentes pero sin descuidar la fuerte inversión de esta conversión con los consecuentes desafíos:

- Lograr la eficiencia en sistemas de intercambio de electricidad entre distintos centros de generación distribuida o regiones de gran tamaño basándose en el fortalecimiento de la confiabilidad y calidad de la energía.
- Implementar sistemas que permitan transportar las energías renovables a fin de abastecer de electricidad a lugares de difícil acceso geográfico y aprovechar la generación aislada que se encuentre a distancias muy considerables del lugar de consumo.

2.4.4 INTEROPERABILIDAD DE LAS REDES INTELIGENTES

En la actualidad se pone poca atención al control de voltaje, frecuencia y estabilidad del sistema; estos aspectos constituyen un aporte importante en los costos de operación de la red y son determinantes para la eficiencia y seguridad de la misma y la calidad de la energía; por ello para las Redes Inteligentes y su afán de priorizar estos aspectos se plantean los siguientes desafíos:

- Implementar nuevas tecnologías para el control de voltaje sobretodo al realizar transferencias de energía a grandes distancias.
- Contar con mecanismos adecuados para predecir la demanda y capacidad de la generación a través de fuentes renovables ya que en función de estos aspectos se podría transferir la energía disponible.
- Mejorar la interfaz con el usuario dándole la facilidad de revisar el estado del sistema especialmente en situaciones críticas.

2.4.5 PARTICIPACIÓN ACTIVA DEL USUARIO EN LAS REDES INTELIGENTES

Los usuarios predestinados a ser simples consumidores con el desarrollo de las Redes Inteligentes se convierten en actores activos del sistema, para conseguir este propósito requieren utilizar contadores inteligentes y sistemas de gestión de la demanda con capacidad de comunicación bidireccional que les permitan escoger dentro de una gama de opciones en el sistema eléctrico priorizando la libertad en las transacciones económicas y energéticas y facilitando la generación distribuida, los desafíos pendientes con respecto al usuario son:

- Definir los niveles de acceso de los usuarios al sistema a través de los contadores inteligentes y los sistemas de gestión de la demanda.
- Realizar pruebas y estudios en campo de la integración activa de los usuarios al sistema a fin de corregir errores y mejorar el proceso.

- Desarrollar e implementar un sistema de comunicación flexible, confiable, eficiente y económica a lo largo de toda la red eléctrica.
- Crear sistemas multienergéticos que incluyan y valoren la interconexión entre diferentes sistemas de energía.
- Integrar vehículos eléctricos en el sistema, tomando en cuenta que su recarga requiere mayor capacidad de potencia y puntos de conexión que obligarían a modificar la infraestructura eléctrica.
- Motivar a los usuarios para adoptar las nuevas tecnologías en las que se basan las Redes Inteligentes mediante normativas e incentivos.

Esta serie de desafíos se deben tener muy en cuenta en la conversión hacia las Redes Inteligentes a fin de realizar este proceso de manera eficiente, en base a este criterio se deben plantear los principales y elementales pasos a seguir en el proceso de transformación de las redes de distribución en Smart Grids.

Una vez analizado todo lo que el complejo sistema de las Redes Inteligentes incluye y tras enfatizar sus características y beneficios en comparación con la red eléctrica actual, es conveniente conocer que las Smart Grids son una realidad mundial que cada vez tiene mayor interés e importancia y que está tomando forma en los principales países del mundo, por tal motivo en el posterior capítulo se analizan las experiencias internacionales en el uso de Redes Inteligentes tomando como referencia varios proyectos en ejecución, sus motivaciones y actores, a fin de encontrar el mayor provecho de dichas prácticas en pro de utilizarlas en el Sistema de Distribución del Ecuador.

CAPÍTULO 3

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN REDES INTELIGENTES, EJECUCIÓN DE PROYECTOS ^[2]

Las Redes Inteligentes han dejado de ser teoría para convertirse en un concepto en evolución que ha ganado mucha importancia a nivel mundial, en especial por los grandes beneficios asociados que se detallaron en capítulos anteriores; por esta razón en la actualidad existe una enorme necesidad de transformar la infraestructura eléctrica para convertirla en una infraestructura inteligente que permita que la energía eléctrica generada en baja tensión a través de medios distribuidos basados en energías renovables pueda ser aprovechada por todos los usuarios de la red, pasando de un sistema centralizado con poca generación y muchos usuarios a un sistema parecido al Internet donde coexisten muchos productores y consumidores.

La evolución de las Smart Grids no ha surgido en forma aislada, su auge se debe a que todos los países están reconociendo la necesidad inmediata de abordar los problemas del calentamiento global, las emisiones contaminantes y la necesidad de ahorro de energía; las Redes Inteligentes responden a estos requerimientos. Actualmente la generación de electricidad es el mayor contribuyente a las emisiones de CO₂ y ofrece el mayor potencial para reducir estas emisiones en el corto y mediano plazo a través de las Smart Grids, en tal sentido han ido apareciendo una serie de iniciativas y proyectos a nivel mundial relacionados con la investigación y desarrollo de las Redes Inteligentes; para estudiar las experiencias internacionales se divide estos proyectos de acuerdo a su distribución geográfica citando los proyectos de mayor desarrollo en cada continente, resaltando las motivaciones y justificaciones de la implementación de las Redes Inteligentes a fin de obtener el mayor provecho de estas experiencias para su aplicación en el Sistema de Distribución del Ecuador.



Gráfico 3.1: Principales proyectos de Redes Inteligentes en el mundo

3.1 INTERNATIONAL SMART GRIDS ACTION NETWORK (ISGAN) ^[6]

En el Clean Energy Ministerial llevado a cabo en Washington en julio del 2010, con la participación de Estados Unidos, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, China, Francia, Alemania, India, Italia, Japón, Corea, México, Noruega, Rusia, Suecia, Suiza y Reino Unido se lanzó la ISGAN con el propósito de acelerar el desarrollo y la aplicación de las Redes Inteligentes en todo el mundo, esta iniciativa cuya participación es voluntaria se enfoca en la coordinación de alto nivel de las actividades para aligerar el desarrollo de las Smart Grids; los países trabajarán en estrecho contacto con otras agencias como la Agencia Internacional de Energía (IEA) y la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), para desarrollar un plano de acción conjunto, cuyos objetivos principales son:

- El crecimiento de las energías renovables.
- El involucramiento del usuario en la mejora de la Eficiencia Energética.
- La reducción de las emisiones de CO₂ en la generación eléctrica.

- La introducción de vehículos eléctricos.

ISGAN tiene la misión de facilitar el intercambio de conocimientos, la asistencia técnica, evaluación y coordinación de proyectos conjuntos entre los participantes y patrocinará actividades para acelerar la difusión de las Redes Inteligentes a través de grupos de trabajo que dirigen sus esfuerzos hacia 5 áreas clave:

- Políticas, reglamentación y financiación de las Redes Inteligentes.
- Políticas relativas a los estándares.
- Investigación, desarrollo y demostración de tecnologías.
- Formación y calificación de la fuerza de trabajo.
- Involucramiento de los usuarios en todos los niveles.

El presupuesto de ISGAN rodea los 8 millones de dólares anuales que vienen divididos en forma equitativa entre todos los participantes, siendo los actores relevantes Estados Unidos como proponente y Corea del Sur que la preside.

3.2 REDES INTELIGENTES EN EUROPA ^[49]

Los países de la Unión Europea en el 2007 tenían un consumo de energía de 1.825 millones de toneladas de petróleo, alrededor del 46% de este consumo se cubría con la producción interna y el 54% restante se importaba, siendo la energía nuclear la fuente primaria; el alto consumo y la dependencia energética impulsaron la introducción de una política energética obligatoria e integral basada en: aumentar la competencia del mercado interno fomentando la inversión, reforzar las interconexiones de las redes eléctricas, diversificar las fuentes de energía incrementando el uso de energías renovables, establecer un nuevo marco para la cooperación energética con otros países y aumentar la financiación de nuevas tecnologías energéticas como las Redes Inteligentes.

El plan energético obligatorio se denomina 20-20-20 y pretende disminuir el 20% de las emisiones contaminantes, lograr que las energías renovables representen el 20% de la generación y mejorar la eficiencia energética en un 20% para el año 2020 y además lograr un consumo mínimo del 10% de biocombustibles en el consumo total de transporte; en tan ambicioso plan las Redes Inteligentes constituyen un instrumento clave para lograr los objetivos planteados por la UE.

3.2.1 PLATAFORMA TECNOLÓGICA EUROPEA DE REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES (SMART GRIDS ETP) ^[50]

Con el propósito de cumplir las políticas europeas se fundó Smart Grids ETP que constituye el principal foro que impulsa la investigación de la tecnología y las vías de desarrollo de las Redes Inteligentes para alcanzar el objetivo 20-20-20.

La misión de la ETP es fomentar y apoyar el despliegue de las Smart Grids en Europa mediante el asesoramiento y coordinación de grupos de interés: Comisión Europea, Operadores de Redes de Transmisión (GRT), Operadores del Sistema de Distribución (DSO), proveedores, centros de investigación, industria, consumidores y reguladores.

En la Unión Europea existe un interés conjunto por el desarrollo de las Redes Inteligentes, hecho que se ve reflejado en las políticas que impulsan su fortalecimiento y en la gran cantidad de proyectos que están en ejecución, en el presente estudio se destacan los proyectos de mayor tamaño e importancia.

3.2.2 SMART GRID MALTA

Malta será el primer país de la Unión Europea y del mundo en implementar una Red Inteligente, el gobierno del archipiélago situado al sur de Italia con una inversión de 80 millones de euros está desarrollando un sistema para gestionar

agua y energía, reduciendo el costo de estos recursos y asegurando su sostenibilidad. La Red Inteligente de Malta servirá para la gestión de los recursos de creciente demanda ocasionados por el incremento de la población y el auge del turismo, en el proyecto están involucradas las compañías nacionales de energía y agua, Enamalta y Water Services junto a la multinacional IBM.

El sistema que desarrolla Malta inició su implementación en el 2009, tardará por lo menos 5 años en su ejecución y permite identificar las pérdidas de agua y electricidad en la red, facilitando a las empresas gestionar su inversión de forma inteligente y eficiente; con este propósito alrededor de 250.000 contadores inteligentes monitorean el uso de la electricidad en tiempo real, estableciendo tarifas variables e incentivando a los usuarios que menos consumen; miles de sensores instalados en la red y toda la infraestructura ayudarán a gestionar la distribución de electricidad de forma eficiente previniendo fallas, reduciendo los costos, el consumo y las emisiones contaminantes. Al gestionar los recursos hídricos y energéticos como un sistema único, el Gobierno de Malta puede ofrecer mayor y mejor información para tomar decisiones sobre el uso de estos recursos.

3.2.3 PERSPECTIVA DE LAS REDES INTELIGENTES EN ESPAÑA ^[7] [8]

El modelo energético español se caracteriza por la alta demanda energética limitada únicamente por la crisis económica, la elevada utilización de combustibles de origen fósil y la gran dependencia externa (alrededor del 80%); estos hechos motivan el intenso proceso de transformación del sector energético, el mismo que pretende afrontar el extraordinario crecimiento del sector eléctrico español que en 1985 tenía una potencia instalada de 41,4GW y en el 2010 superó los 100GW, mientras que la producción se incrementó de 127TWh hasta 300TWh; en el mismo año la potencia instalada en régimen especial (centrales distribuidas con potencia menor a 50MW que utilizan cogeneración, energías renovables o residuos para generar electricidad) llegó a 33,6GW correspondientes al 33% de la potencia total, con lo cual se generó alrededor de 90TWh.

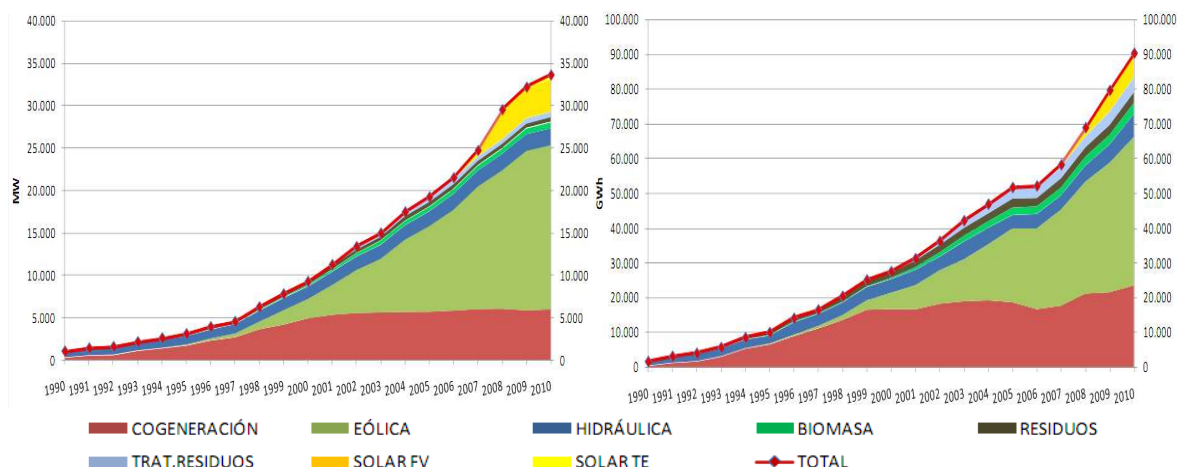


Gráfico 3.2: Potencia instalada y energía generada en España (régimen especial), 1990-2010

Para el año 2020 se espera que la electricidad aumente su participación sobre el consumo de energía final, pasando de un 21,5% en el 2009 a un 27,2%; crecimiento que permite una mayor incorporación de tecnologías renovables que de acuerdo al Plan de Energías Renovables alcanzarían el 38,1% de la potencia instalada con más de 60GW que alcanzarían una producción total de 139,6TWh.

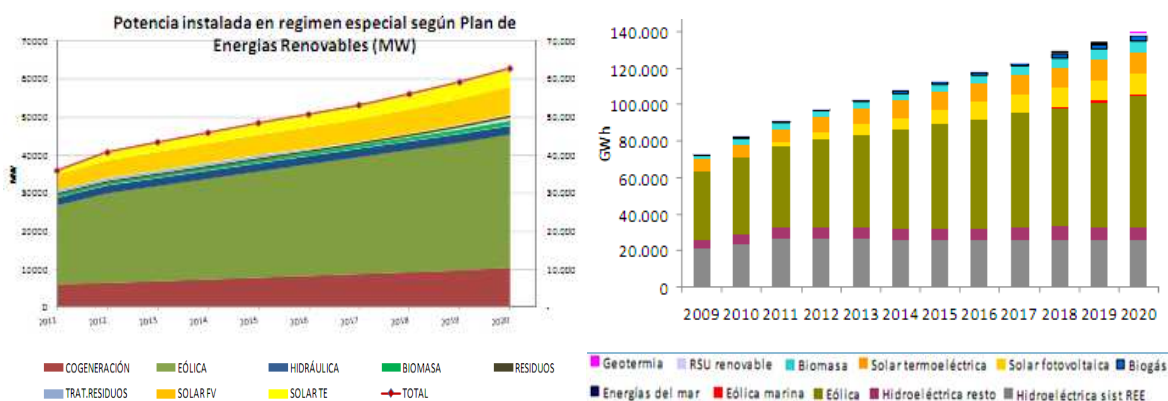


Gráfico 3.3: Potencia instalada y energía generada en España (régimen especial), 2011-2020

La electrificación del parque automovilístico es una realidad, a pesar que en el año 2011 solamente se vendieron alrededor de 400 vehículos y en el primer semestre del 2012 se alcanzó una venta de 279 unidades; en los próximos años el número de vehículos híbridos y eléctricos aumentará de forma casi exponencial de acuerdo al objetivo ambicioso que motiva la introducción de 250.000 nuevos

vehículos eléctricos y un millón de vehículos híbridos hasta finales del año 2014, teniendo un 85% en flotas y 15% en uso particular y personal.

Bajo la proyección planteada se están ejecutando y se proyectan una serie de iniciativas que permitan desarrollar las Redes Inteligentes en España a fin de alcanzar las cifras planteadas.

3.2.4 SMART CITY, MÁLAGA ^{[51][52]}

Smart City es un proyecto liderado por ENDESA con la participación de varias empresas como: Enel, Acciona, IBM, Sadiel, Ormazábal, Neo Metrics, Isotrol, Telvent, Ingeteam y Greenpower, universidades y centros de investigación; se desarrolla en Málaga en la zona de la Playa de la Misericordia y beneficiará a 300 clientes industriales, 900 clientes comerciales y 11.000 clientes residenciales.

El proyecto propone conseguir una integración óptima de la generación distribuida (13MW en media tensión y 33kW en baja tensión) al instalar paneles fotovoltaicos en edificios públicos, usar microgeneración eléctrica en hoteles y sistemas eólicos en las viviendas; a la vez contará con sistemas de almacenamiento energético en baterías (mayor a 200kWh) para facilitar su posterior uso en climatización, alumbrado público y transporte; potenciando el uso de vehículos eléctricos con la instalación de puntos de recarga y el impulso de este tipo de movilidad por parte del gobierno. Smart City pretende involucrar en todo el proceso a los usuarios, los mismos que dispondrán de contadores inteligentes con capacidad de telegestión para lograr un consumo eléctrico sostenible, adicional a ello la instalación de sistemas de comunicaciones y control en toda la red permitirán actuar en tiempo real y de forma automática haciendo posible el monitoreo y la gestión de la energía potenciando la calidad del servicio.

Smart City constituye un proyecto de demostración a gran escala que probará sistemas domóticos de control de energía, sistemas de carga de vehículos

eléctricos, sistemas de optimización en luminarias para la vía pública y sistemas de gestión de la red de distribución; recogiendo datos de consumo que aporten conclusiones que permitan exportar la experiencia a nuevas zonas urbanas a fin de cambiar el modelo energético actual hacia un modelo sostenible. El proyecto inició en el 2009 y tiene una duración de 4 años, cuenta con un presupuesto de 31 millones de euros financiados por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y se dio en Málaga por su gran potencial de crecimiento, amplias capacidades tecnológicas, fuerte presencia de universidades y empresas, apoyo decidido de la administración pública y excelente infraestructura eléctrica que harán que la ciudad se convierta en un referente mundial en las Smart Grids.

3.2.5 PROYECTO STAR, CASTELLÓN ^[53]

El grupo energético Iberdrola lideró el Proyecto STAR (Sistemas de Telegestión y Automatización de la Red) que pretende replicarse en varias ciudades españolas tras lograr una transformación tecnológica de las redes eléctricas en Castellón, convirtiéndola en la primera ciudad de España con una Red Inteligente en la que 180.000 clientes poseen contadores con los que se puede hacer lecturas remotas del consumo y localizar al instante el punto exacto de cualquier falla del suministro; los usuarios tienen información puntual de su consumo pudiendo modificar sus hábitos y con la regulación oportuna disfrutar de tarifas flexibles.

Iberdrola destinó al proyecto Star una inversión de 22 millones de euros y se ejecutó desde abril del 2010 permitiendo que la red de baja tensión con escasos puntos de monitoreo remoto, caracterizada por la operación y lecturas manuales se convierta en una red con un gran número de puntos de monitoreo con capacidad remota de lectura de energía y calidad; logrando así una mejor supervisión de las redes de medio y bajo voltaje mediante una detección instantánea de averías dando una respuesta automática e inmediata. El proyecto que concluirá en el 2017 tendrá la capacidad de recargar vehículos eléctricos, se

pretende masificar el uso de este tipo de transportación mediante un acuerdo estratégico que Iberdrola firmó con General Motors Europa.

3.2.6 PROYECTO ENERGOS ^[54]

El proyecto Energos está financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) de España, se llevará a cabo entre el 2009 y el 2012, está liderado por Unión Fenosa y cuenta con la participación de 37 organizaciones entre las que destacan Indra, SAC, Brainstrom Multimedia, Visual Tools, Aplicad, ZIV, DIMAT, Answare; centros de investigación y universidades como la Universidad Carlos III de Madrid, Tecnalía y la Universidad de la Coruña. Energos es un proyecto de investigación para el desarrollo de conocimientos y tecnologías que permitan avanzar en la implementación de Redes Inteligentes en el Sistema de Distribución, cuenta con un presupuesto de 24,3 millones de euros y está estructurado en diferentes áreas tecnológicas que se ajustan al cumplimiento de los siguientes desafíos:

- El Área de Gestión trabaja en el desarrollo de tecnologías para crear nuevos entornos de operación de la red, incluyendo herramientas de simulación y estimación de estados, la gestión activa de la demanda y la planificación y optimización de las operaciones.
- El Área de Integración y Comunicación se ocupa de los procesos de adquisición y tratamiento de información en tiempo real con la dificultad del enorme volumen de información que se genera y la criticidad de su disponibilidad, la infraestructura necesaria para la gestión y recarga de vehículos eléctricos y la supervisión y control de microrredes.
- Los Dispositivos Inteligentes de la Red, incluirán nuevas técnicas de captación de señales, el desarrollo de dispositivos inteligente de registro energético y de automatización de equipos de la Red.

La estructura del proyecto muestra una aproximación multidisciplinaria que abarca diversos campos y contempla soluciones tecnológicas novedosas como las microrredes y los contadores inteligentes incluyendo la integración del vehículo eléctrico y la gestión de sistemas de cogeneración.

3.2.7 PROYECTO GAD^[20]

El proyecto GAD (Gestión Activa de la Demanda) contó con una inversión de 23 millones de euros financiados por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) del Ministerio de Ciencia e Innovación de España, se llevó a cabo entre el 2007 y el 2010 y contó con la participación de un consorcio de empresas como Iberdrola, Red Eléctrica, Gas Natural Fenosa, Fagor, Siemens, ZIV; entidades de investigación como la Universidad Pontificia de Comillas, Universidad Politécnica de Madrid y los centros Tecnalía, ITE, ITA, etc.

El proyecto investigó nuevos mecanismos y tecnologías para optimizar el consumo eléctrico en usuarios residenciales, reduciendo costos y mejorando la calidad del servicio; su objetivo era desarrollar soluciones de hardware y software en todos los niveles de la red para lograr que el consumidor disponga de información detallada del consumo y precio de la energía, además posea herramientas de optimización del consumo eléctrico, de modo que se mantenga el confort deseado minimizando el impacto económico y ambiental, logrando gestionar la carga de los clientes para resolver problemas en la red y además aplanar la curva de demanda y reducir el costo del uso de la electricidad.

Los 4 años de investigación del Proyecto GAD han permitido extraer una serie de conclusiones que enmarcan los procesos de desarrollo llevados a cabo, así como las posibilidades futuras de implantación del sistema, junto con las ventajas, desventajas y beneficios esperados, además de las recomendaciones básicas a tener en cuenta; en resumen las conclusiones se enfocan en:

- Tecnológicamente el concepto GAD es viable, siempre y cuando se consoliden sistemas de comunicaciones bidireccionales.
- La GAD tiene un gran potencial en el sector residencial a pesar que no todos los electrodomésticos son gestionables.
- Antes de la implementación es necesario minimizar el consumo de energía de los dispositivos que permiten la comunicación con los electrodomésticos
- Para dar mayor fuerza a estas iniciativas deben existir fuertes campañas de concientización en aspectos económicos y ambientales dirigidos a los usuarios y al sector administrativo de las empresas.
- Es necesario definir las regulaciones pertinentes para involucrar la GAD en la construcción de nuevas infraestructuras.
- Los estándares de comunicaciones son de inminente necesidad en la consolidación de la GAD.

3.2.8 PROYECTO OPEN METER ^[55]

Open Meter es un proyecto de investigación, desarrollo e innovación liderado por la empresa Iberdrola que tiene como objetivo especificar un conjunto integral de normas abiertas y públicas para los sistemas de medición inteligente de electricidad, gas, agua y calor con capacidad de telegestión y se basa en el acuerdo de todos los actores relevantes en esta área.

El proyecto está estrechamente coordinado con el mandato de normalización de medición inteligente dada por la Comisión Europea a los organismos europeos de normalización CEN, CENELEC y ETSI y debe eliminar las barreras existentes para la adopción a gran escala de la medición inteligente en Europa, se basa en estándares internacionales abiertos para garantizar la interoperabilidad, permitiendo crear una nueva tipología de contadores capaces de influir en las decisiones sobre el consumo energético al disponer de información en tiempo real. La implantación de estos estándares abrirá el mercado de los equipos multimedida gracias a la participación conjunta de compañías eléctricas,

empresas de comunicaciones, centros de investigación y universidades de siete países europeos (España, Francia, Italia, Alemania, Holanda, Bélgica y Suiza).

3.2.9 PROYECTO FENIX ^[56]

El proyecto FENIX (Flexible Electricity Networks to Integrate the eXpected energy evolution) tiene como objetivo lograr que la generación distribuida tenga una importante contribución en el funcionamiento de las redes eléctricas, convirtiéndose en un medio similar o complementario a la generación centralizada que apoye a las redes con su aporte de potencia reactiva, control de voltaje, reservas de potencia activa y ayude a resolver problemas de sobrecarga. Su eje de acción es el desarrollo de las centrales de generación virtuales (VPP) que constituyen la unión de un conjunto de instalaciones reales de potencia reducida que funcionan en forma sincronizada como una única instalación de mayor potencia, la misma que puede convertirse en la solución para un futuro suministro eléctrico económico, seguro y sostenible en la Unión Europea. El proyecto está organizado en base a cinco objetivos secundarios:

- Desarrollar funciones para que la generación distribuida, las centrales virtuales y la gestión de la demanda contribuyan a la operación del sistema.
- Diseñar la interfaz de control e información entre las centrales virtuales y el operador del sistema (transmisión o distribución), incluyendo protocolos asociados y nuevas aplicaciones de gestión.
- Diseñar el marco comercial que contribuya a la operación del sistema bajo una arquitectura de red totalmente descentralizada y cuantificar los costos y los beneficios de la situación actual y del futuro con FENIX.
- Demostrar la viabilidad técnica del concepto de VPP, tanto mediante simulación como a través de la implantación real en campo.
- Dar a conocer los resultados del proyecto y crear grupos de expertos y agentes implicados para explotar totalmente los resultados del proyecto.

Para lograr los objetivos planteados el proyecto FENIX incorpora centros de investigación y universidades, empresas de transmisión y distribución, fabricantes con gran presencia en el sector de la energía, propietarios de medios distribuidos y organizaciones encargadas de la regulación, normalización.

3.2.10 PROYECTO 22 URBAN LAB, BARCELONA ^[57]

La municipalidad de Barcelona intenta consolidarse como una ciudad innovadora, potencializándose como laboratorio urbano que acoge pruebas de proyectos que se enfocan en las necesidades de los usuarios; en este contexto se destacan los siguientes proyectos:

- Implantación de 12 puntos de alumbrado público ecológico con tecnología LED, estos contarán con sensores de presencia, vibración, temperatura, antenas GSM, webcam, etc.
- Lectura remota de contadores de electricidad, gas y agua en más de 150 viviendas, para obtener datos de consumo en forma instantánea y transmitirlos a una central, evitando estimaciones de consumo.
- Proyecto de movilidad sostenible, despliegue de la infraestructura para la recarga de vehículos y motos eléctricas.
- Cámaras de control de tráfico conectadas por fibra óptica con la central de tránsito para controlar en tiempo real el tráfico.
- Fibra óptica en las viviendas para multiplicar el ancho de banda que puede dar el cableado de cobre tradicional.

Los objetivos de Barcelona se centran en fomentar la innovación empresarial, permitiendo a las empresas probar sus proyectos en un espacio real para que demuestran su valor y puedan posteriormente comercializarlos a gran escala en esta u otras ciudades del mundo, aprender y crear nuevos productos o servicios que puedan aportar mejoras a los ciudadanos de Barcelona.

3.2.11 AMSTERDAM SMART CITY ^[58]

El proyecto Amsterdam Smart City involucra a las empresas, el gobierno y el público en general para lograr crear un sistema de energía ideal desde todos los puntos de vista y cuyos beneficios fluyan tanto para la compañía eléctrica como para cada uno de los usuarios. El programa utiliza una Smart Grid con contadores inteligentes, tecnologías de edificios inteligentes y vehículos eléctricos para reducir el consumo de energía en los hogares, los edificios, las áreas públicas y el transporte, las pruebas iniciaron en la avenida comercial Utrecht y se espera gastar 100 millones de euros anuales hasta el 2016 para transformar toda la red urbana de Amsterdam.

3.2.12 SMART TRAFFIC ESTOCOLMO ^[59]

El Instituto de Tecnología de Estocolmo y la empresa IBM se asociaron con el propósito de reunir información en tiempo real del tráfico de la ciudad, en un intento de mejorar la gestión de transporte; los investigadores con ayuda de dispositivos GPS instalados en alrededor de 1.500 taxis de la ciudad que recogen la información que se transmite en forma continua con software IBM para observar el flujo de tráfico, tiempos de viaje y las rutas óptimas para viajar.

El sistema se ampliará para recopilar datos de los camiones, sensores de tráfico, sistemas de tránsito, monitores de contaminación e información meteorológica; al enviar un mensaje de texto que detalla la ubicación y el destino deseado, el sistema inmediatamente puede responder con los tiempos de viaje previstos con un vehículo o transporte público. IBM ha trabajado en Estocolmo alrededor de un año para monitorear el flujo de tráfico en las horas pico y con ello ha logrado disminuir el tráfico en la ciudad en un 20%, reducir los tiempos de viaje en casi un 50%, mitigar las emisiones contaminantes en un 10% e incrementar la utilización de vehículos ecológicos en un 9%.

La última versión del software de IBM incluye capacidad de análisis predictivo que pueden hacer pronósticos en tiempo real y trabaja con datos en movimiento, con lo cual se tiene un sistema de gran importancia para las ciudades que quieren administrar mejor sus sistemas de transporte o alumbrado público.

3.2.13 OTRAS INICIATIVAS EUROPEAS

A más de los proyectos mencionados, en Europa y especialmente en España se desarrollan varias iniciativas entre las que se destacan:

- Mobile Energy Resources for Grids of Electricity (MERGE) es un proyecto destinado a evaluar el impacto que los vehículos eléctricos tendrán en los sistemas de energía eléctrica de la UE.
- El proyecto PRIME (Powerline Related Intelligent Metering Evolution) busca la manera de lograr una arquitectura de comunicaciones abierta y no propietaria, basada en PLC, que soporte las nuevas funcionalidades de los sistemas inteligentes de medida para el desarrollo de Smart Grids.
- El proyecto de Distribución Energética Inteligente, Segura y Eficiente (DENISE) intenta sentar las bases para el desarrollo de la red de distribución eléctrica inteligente, segura, eficiente para lo cual se estudia la aplicación de tecnologías de última generación en el campo de las comunicaciones y automatización para integrar funcionalmente la electricidad y las telecomunicaciones en la red de distribución eléctrica.
- El plan Renove que se focaliza en la sustitución de electrodomésticos ineficientes en España, a partir del 2006 ha sustituido más de 20 millones de electrodomésticos y ha conseguido duplicar el número de consumidores que consultan la etiqueta el momento de comprarlos.

3.3 REDES INTELIGENTES EN ASIA

Los países de Asia no tienen una política común en lo referente a Redes Inteligentes; sin embargo Japón, Corea del Sur y China han invertido alrededor de 6.700 millones de euros en infraestructura y tecnología de información para hacer de las redes eléctricas un sistema eficiente e inteligente; se espera que el gasto del continente en Smart Grids supere al de Estados Unidos, China tiene previsto invertir alrededor de 5.400 millones de euros en el 2012 para llevar a cabo la construcción de Redes Inteligentes de una manera muy agresiva en comparación con el resto del mundo; IBM, Cisco y Microsoft están invirtiendo en China.

La inversión en las Redes Inteligentes asiáticas es notable, en los próximos 10 años China utilizará más de 75.000 millones de euros para mejorar la distribución eléctrica, por su parte hasta el año 2030 Corea del Sur pretende gastar 18.000 millones de euros. En Asia se evidencia la falta de incentivos que estimulen la inversión privada y normas para la construcción de Smart Gris, sin embargo se destacan los siguientes proyectos.

3.3.1 REDES INTELIGENTES EN CHINA

De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía, China emite 6.000 millones de toneladas de gases contaminantes al año, su generación eléctrica depende en más de un 70% del carbón y la demanda eléctrica se incrementa rápidamente; el país presenta deficiencias en la generación eléctrica y un bajo nivel de eficiencia que lo han puesto en una crisis energética y ambiental.

Las empresas españolas lideran el sector de las energías renovables a nivel mundial y dado que España es socio estratégico de China en sus relaciones comerciales, el país asiático se apoya en el conocimiento y tecnología española para desarrollar el sector energético de su país mediante la ejecución de proyectos de cooperación y transferencia tecnológica; con estas iniciativas China

pretende concretar un ambicioso plan para incorporar masivamente fuentes de energías renovables en su mix energético.

La ley de energías renovables en China se modificó para obligar a las empresas a comprar toda la energía renovable generada, facilitando la expansión acelerada del sector; la ley se implantó en el año 2006 para sanear problemas ambientales y actualmente es un soporte para cumplir los propósitos planteados para el 2020, los mismos que incluyen: contar con 100GW de capacidad eólica, incrementar 10GW de energía solar, conseguir 300GW de energía hidráulica e implementar Redes Inteligentes en base a un plan maestro que apunta a mejorar la eficiencia de la actual red eléctrica, expandir la red para cubrir áreas rurales, administrar la demanda energética para evitar apagones y sobrecargas; a diferencia de otras experiencias internacionales, la Red Inteligente en China está dirigida y financiada por el gobierno a través de la compañía StateGrid y cuenta con el apoyo de compañías especializadas como IBM o Landys+Gyr, el proyecto piloto chino se dio en la ciudad Yangzhou.

3.3.1.1 Proyecto Yangzhou, China

Yangzhou con el apoyo de General Electric pretende convertirse en un referente mundial en la Eficiencia Energética, la fiabilidad y la sostenibilidad; con este propósito va a implementar un Centro Inteligente de demostración de Smart Grids que abarca la infraestructura de comunicaciones y las necesidades asociadas a la energía incluyendo programas de voz y datos que pueden tener un amplio uso.

El Centro incluye una variedad de productos que afectan a la energía en los hogares, las líneas eléctricas y los centros de control; a nivel domiciliario se utiliza una avanzada infraestructura de lectura basada en contadores inteligentes con capacidad de tarificación horaria, electrodomésticos inteligentes que realizan sus actividades en función de la disponibilidad de la energía y su costo y sistemas de respuesta a la demanda que reducen la utilización de energía en el hogar en función de los picos de demanda e incluye estaciones de carga de vehículos eléctricos a nivel domiciliario a fin de masificar su uso; por su parte la

infraestructura y tecnologías de control tiene sistemas automáticos para identificar fallas y reponer el servicio gestionando la red en toda su infraestructura.

3.3.2 REDES INTELIGENTES EN JEJU, COREA DEL SUR ^[60]

La isla volcánica de Jeju ubicada al sur de Corea alberga el plan más importante en los proyectos de Redes Inteligentes del país, se trata de la construcción de una Smart Grid pionera que involucra 6.000 hogares, estaciones eólicas y líneas de distribución y servirá como banco de pruebas para los avances tecnológicos en el área, convirtiéndose en el mayor Centro Inteligente para probar tecnologías innovadores como medidores inteligentes y vehículos eléctricos desarrollando modelos de negocio exportables que aprovechen las investigaciones y desarrollos a nivel mundial. Con una inversión de 64 millones de dólares el Instituto Smart Grid impulsado por el gobierno coreano, las principales empresas tecnológicas del país y socios internacionales construirán este gran centro de pruebas entre el 2009 y el 2013 ayudando a lograr el objetivo final del Gobierno coreano que es aplicar las Redes Eléctricas Inteligentes hasta el año 2030.

3.3.3 SMART GRID CITY SINGAPORE ^[61]

El proyecto Smart Grid City de Singapur cuenta con la participación de Singapore Energy Market Authority (EMA), IBM, Accenture, Logica y Siemens y consiste en la creación de un laboratorio para Sistemas Inteligentes en el que se enfoquen aspectos claves como la respuesta a la demanda de energía, la gestión de la carga y el compromiso por parte del usuario; en todo ello juegan un papel fundamental los contadores inteligentes que permiten realizar medidas en tiempo real y con tecnología avanzada, reforzando la estabilidad de la red de Singapur ya que tiene una de las redes de electricidad más fiables del mundo, con un tiempo de interrupción promedio de menos de un minuto por cliente al año.

La red de Singapur cuenta con sistemas SCADA y canales de comunicación de dos vías que pueden detectar las interrupciones de suministro eléctrico de forma automática en la transmisión y distribución, siendo un lugar ideal para aprovechar las capacidades de su red eléctrica. El proyecto piloto se puso en marcha en noviembre del 2009 y tiene como fin analizar y evaluar nuevas aplicaciones y tecnologías en torno a las Redes Inteligentes, llevará a cabo la instalación de más de 4.500 contadores inteligentes residenciales, comerciales e industriales para realizar pruebas y evaluar la viabilidad de posibles soluciones y aplicaciones destinadas al consumidor y el uso de sistemas de comunicación adecuados; por otro lado se pretende integrar en el sistema fuentes de energía en la modalidad plug&play mediante el uso de sistemas fotovoltaicos y pequeñas plantas de cogeneración, para lo cual el proyecto se estructuró en dos fases principales:

- La primera fase incluye la instalación de la infraestructura necesaria que permita la implementación de un sistema de comunicaciones bidireccional, una tecnología de medición inteligente, una respuesta eficiente de la demanda y la integración de recursos distribuidos.
- La segunda fase se centrará en la relación y el compromiso entre la autoridad energética EMA y los consumidores por lo que será necesaria la participación de los usuarios a nivel particular e industrial.

Singapur ha creado un instituto llamado Energy Research Institute de la Nanyang Technological University que se centrará en áreas especiales e importantes para Singapur, como la energía solar, los vehículos eléctricos y las Redes Inteligentes.

3.3.4 MASDAR CITY, ABU DHABI ^[62]

Con el proyecto Masdar City en el que participan Abu Dhabi Future Energy Company, Consensus Business Group, Credit Suisse, Siemens Venture Capital, Conergy entre otras; Abu Dhabi se convertirá en la primera ciudad del mundo en eliminar el 100% de las emisiones contaminantes, generando la totalidad de su energía con fuentes renovables. El proyecto se centra en la consolidación de las

energías renovables especialmente la energía solar, el diseño de edificios con la última tecnología en eficiencia energética, la creación de un sistema pionero de transporte público, la eliminación de residuos contaminantes, la utilización de los sistemas de ahorro de agua para riego y reutilización; en este sentido inició la construcción de los primeros 6 edificios universitarios que usan un 54% menos agua y un 51% menos electricidad que el promedio, además el 30% de la demanda eléctrica es proporcionada por paneles fotovoltaicos y el 75% del agua caliente se obtiene de colectores térmicos instalados en el techo de los edificios.

El sistema de transporte se basa en el uso de cabinas sobre rieles magnéticas e incluye la posibilidad de introducir vehículos eléctricos alternativos y otros sistemas de transporte, se estudia la exploración de nuevas fuentes potenciales de energía como geotérmica y enfriamiento con energía solar térmica con proyectos piloto ya en curso para lograr el abastecimiento mediante energías renovables para el año 2025.

3.4 REDES INTELIGENTES EN ÁFRICA ^[63]

Es una realidad de conocimiento mundial que la parte de África habitada por personas de raza negra (África subsahariana) es uno de los sectores de mayor pobreza en el mundo, realidad que se refleja también en el sector eléctrico como lo indicó el estudio World Energy Outlook 2010 realizado por la Agencia Internacional de Energía, el mismo que indica que en el 2009 alrededor de 585 millones de personas no tenían acceso a la electricidad, cifra que se espera aumente significativamente en el 2030 a cerca de 652 millones.

En respuesta a tan lamentable situación, el Asesor de las Naciones Unidas y Secretario General del Grupo de Energía y Cambio Climático (AGECC) ha planteado el objetivo de asegurar el acceso universal, fiable, asequible y sostenible de los servicios energéticos para el año 2030; hecho que requiere el desarrollo masivo de la infraestructura eléctrica en el corto y mediano plazo, así

como mejorar la eficiencia, la gestión de la demanda, la óptima explotación de la red y el aumento del comercio de la electricidad en todos los países de África de modo que se pueda reducir al mínimo el volumen de las inversiones; por esta razón las Redes Inteligentes pueden hacer una importante contribución para lograr el acceso equitativo y justo para los servicios de electricidad en África. Se debe tomar en cuenta las grandes limitaciones que existen como la falta de incentivos, escasa inversión y personal entrenado e infraestructura inadecuada.

3.5 REDES INTELIGENTES EN AUSTRALIA ^[64]

El gobierno australiano ha fijado como meta para el año 2025 la reducción del 60% de las emisiones contaminantes reflejadas en el año 2000, además propone que en el mismo año alrededor del 20% de la energía proceda de fuentes renovables haciendo que el consumo de carbón descienda entre 15 y 20%.

La empresa distribuida Ausgrid de carácter estatal suministra energía a 1,6 millones de hogares y negocios a lo largo de Sydney y la Costa Central de Australia, esta empresa en asociación con Ericsson usará la tecnología inalámbrica 4G como parte integral de las Redes Inteligentes; Ericsson ha diseñado e integrado una red de proveedores múltiples de acceso inalámbrico que permite la comunicación bidireccional entre elementos de la red eléctrica que incluye más de 200 subestaciones grandes, 500 mil postes, 30 mil pequeñas subestaciones de distribución y cerca de 50 mil km de cables aéreos y subterráneos. La compañía estatal ha operado por más de 100 años y requiere tecnologías inteligentes para mejorar la fiabilidad del suministro, reducir el costo de mantenimiento y lograr que los clientes estén más informados acerca del uso de la energía y las emisiones contaminantes; contexto en el cual se destacan los siguientes proyectos.

3.5.1 SMART GRID, SMART CITY

Smart Grid, Smart City es un proyecto que mantendrá a Australia a la vanguardia de la tecnología de la energía y al efectuar cambios importantes en la industria energética, el proyecto con sede en Newcastle reunirá información acerca de los costos y beneficios de las Redes Inteligentes de modo que sirvan de soporte para las futuras decisiones del gobierno, proveedores de tecnología y consumidores. El proyecto dirigido por Ausgrid probará tecnologías Smart y la garantía de su idoneidad para las condiciones de Australia, constituyendo un conglomerado integrado por varias empresas, universidades y entidades gubernamentales.

3.5.2 NEWINGTON SMART VILLAGE

El proyecto Smart Village ofrece a los usuarios la oportunidad de instalar las mejores soluciones del mundo en la gestión de energía y agua, para incentivar la implantación de esta tecnología se darán incentivos y descuentos en las facturas de energía y la compra de electrodomésticos. El innovador programa va a instalar alrededor de mil contadores inteligentes con capacidad de comunicación bidireccional con lo cual Ausgrid puede comunicarse con los consumidores para implantar programas de ahorro e incentivos que cambien los hábitos de consumo de la energía, reduciendo las emisiones contaminantes. La nueva infraestructura de medición inteligente instalada en los hogares se integrarán en una red que incluye monitoreo y control remoto para lograr un ahorro aproximado de 355 mil dólares y la reducción de la demanda pico de 69kW y 112KW en verano e invierno respectivamente que cubren la demanda de más de 30 viviendas.

3.5.3 SMART HOME

La Casa Inteligente es un proyecto creado por Ausgrid y Sydney Water y presenta las últimas soluciones tecnológicas de energía y agua para ayudar a las comunidades frente a los desafíos actuales, está situada en el suburbio de Sydney Olympic de Newington y brinda la oportunidad para que familias comunes pongan a prueba estas tecnologías, las características del proyecto incluyen:

- Generación de electricidad en el sitio y capacidad de exportar excedentes.
- Utilización de paneles solares sobre las azoteas.
- Una celda de combustible que convierte el gas natural en electricidad.
- Una unidad de almacenamiento para aprovechar la energía en la noche.
- Contiene muebles hechos con materiales reciclados y sostenibles.
- Presenta más de 20 electrodomésticos de uso eficiente de energía y agua.
- Contiene iluminación LED y un dispositivo para extraer energía de reserva en el salón para reducir las emisiones de carbono.
- Utiliza agua reciclada, lo que reduce la cantidad utilizada en más de la mitad que la utilizada en un hogar tradicional de tamaño similar.

La Casa Inteligente permite que las empresas involucradas aprendan y tomen mejores decisiones para el futuro, desde julio del 2010 la casa fue probada por una familia cuya información se difundía a través de Internet en tiempo real; al término del primer año de convivencia se sacó las siguientes conclusiones:

- La mayor parte del tiempo la generación distribuida produjo más electricidad que la necesaria para las actividades de la familia.
- La celda de combustible fue el mayor contribuyente a la generación, la misma que estuvo cerca de alcanzar la autosuficiencia debido a que en los pico de invierno y verano se importó electricidad de la red.
- El consumo de electricidad superó la expectativa por acción del equipo de enfriamiento, los sistemas de control, el vehículo eléctrico y la falta de

ahorro energético reflejada en el uso de luces, secadora de ropa, calentador de gas y otros aparatos durante períodos prolongados.

- El vehículo eléctrico tuvo buen desempeño, se usó un promedio de 8 veces al mes por más de 5.000km, con un promedio de consumo de 2,5kWh al día; siendo 75% más económico que un vehículo convencional.

3.6 REDES INTELIGENTES EN NORTE AMÉRICA ^{[65][66]}

Estado Unidos mediante sus programas energéticos demuestra que tiene una visión clara y directa para mejorar su Sistema Eléctrico, el Departamento de Energía (DOE) está enfocado en mejorar las tecnologías existentes, desarrollar nuevas tecnologías para generar energía a través de fuentes renovables y almacenarla mediante pilas de combustible, hidrógeno y el vehículo eléctrico. Tras superar la recesión económica en Estados Unidos existe un consenso cada vez mayor a favor de la energía limpia como una plataforma para la reconstrucción de la economía, siendo las Redes Inteligentes esenciales para un futuro energético sostenible; por tal razón a principios del 2010 el paquete de estímulo económico del presidente otorgó 4.000 millones de dólares para el desarrollo de las Smart Grids que rápidamente han ganado impulso y están cerca de convertirse en un aspecto dominante en los próximos años.

La implementación de Redes Inteligentes en Estados Unidos permitirá reducir el uso de combustibles fósiles y ahorrar en la economía del país alrededor de 350 millones de euros al año por cada 775 millones invertidos, creando 30.000 empleos y reduciendo las emisiones contaminantes en unas 592.600 toneladas entre los años 2012 y 2020, sentando así las bases para un crecimiento duradero y la prosperidad; en consecuencia a esto como parte de las políticas del país, el DOE creó SmartGrid.gov que es un medio para obtener información y patrocinio en proyectos sobre Redes Inteligentes, la información ayuda a entender los conceptos básicos de Smart Grids, la gama de tecnologías inteligentes existentes y sus beneficios. Por su parte el Instituto de Investigación de Potencia Eléctrica

(EPRI) es una organización independiente que realiza investigaciones sobre temas de interés de la industria eléctrica en Estados Unidos, es una entidad fundada por las organizaciones de producción, distribución y con intereses en la industria eléctrica con la participación de empresas y organizaciones extranjeras; en la actualidad EPRI provee soluciones y servicios a más de mil organizaciones relacionadas con la energía en más de 40 países, posee más de 900 patentes y tiene un centro especializado en el estudio de Redes Inteligentes.

El gobierno de Canadá se planteó como meta para el año 2020 reducir el 20% de las emisiones contaminantes que generó en el año 2006 y hasta el año 2050 reducir entre el 60 y 70% de dichas emisiones, también pretenden conseguir que en el 2020 el 90% de la electricidad generada no emita gases contaminantes, se proyecta el uso de generación hidráulica, nuclear, con carbón limpio y especialmente eólica que pretende superar los 3.000MW; hecho que junto a otras formas de microgeneración, supondrá una pieza clave en la modernización de la red y del desarrollo de las tecnologías relacionadas con las Redes Inteligentes.

3.6.1 SMART GRID CITY, BOULDER, COLORADO ^[67]

Smart Grid City es un proyecto de la empresa Xcel Energy que suministrador gas y electricidad en Colorado, se orienta a experimentar y aprender sobre las Redes Inteligentes en proyectos reales a fin de determinar las herramientas relacionadas con la gestión de la energía que los usuarios prefieren, las tecnologías más eficientes para mejorar el suministro de energía, la mejor forma de incorporar la tecnología Smart Grid mejorando la eficiencia y reduciendo las emisiones.

El proyecto abarca una ciudad entera completamente integrada en una Red Inteligente que incluye la conexión de 35.000 hogares y empresas con sistemas automatizados para aprovechar todo tipo de energías renovables a través de sistemas de comunicaciones bidireccionales, subestaciones y transformadores; con estas incorporaciones el usuario reduce su consumo de energía y las

emisiones contaminantes y la empresa puede detectar rápidamente las fallas, lo que resulta en una rápida restauración del servicio y la recopilación de datos de consumo de forma inalámbrica ayudando a mejorar la precisión en la facturación.

3.6.2 SMART GRID INNOVATION, RUSTON, LOUISIANA ^[68]

El mejor proyecto sobre Redes Inteligentes de Estados Unidos se da en la ciudad de Ruston en un área de cobertura de 41 km² que cuenta con alrededor de 10.600 contadores eléctricos y 8.872 medidores de agua, el eje del programa es el uso de contadores inteligentes e incluye un sistema de monitoreo y automatización de la distribución para proporcionar una red mejorada con funcionalidad inteligentes como la integración y normalización de las lecturas, agregación y supresión de datos, perfiles de carga, almacenamiento centralizado de información del contador y un sistema de información del análisis de las pérdidas (LARS) que proporcionará una visión global de las pérdidas de las línea eléctricas de forma sistemática; de este modo se puede localizar donde se producen pérdidas operacionales y las correcciones que se podrían hacer para recuperar entradas brutas de energía y aumentar así la eficiencia de la red eléctrica de distribución.

3.6.3 CONSUMERS ENERGY, JACKSON, MICHIGAN ^[69]

En el año 2019 los habitantes del Condado de Jackson podrán rastrear el uso de energía y los costos asociados a la misma; este hecho es posible gracias a la tecnología de las Redes Inteligentes cuya instalación inició en el año 2009 con 6.500 contadores inteligentes que permiten a los usuarios ver con exactitud y en tiempo real cuánta energía usan y así ajustar su consumo; también tiene la capacidad de alertar a la empresa cuando se corta el servicio sin que el cliente lo reporte ayudando a localizar el problema y encontrar rutas alternativas para el suministro de energía evitando cortes o racionamientos.

Como primer paso en el desarrollo de las Redes Inteligentes de Jackson se puso en marcha un programa piloto en Grand Rapids llamado Smart Street, donde alrededor de 60 clientes comerciales y residenciales tienen medidores inteligentes, el piloto ayudará a los clientes a lograr Eficiencia Energética mediante el seguimiento de su consumo de energía eléctrica a través de portales web, demostrando los beneficios de la tecnología Smart Grid. Los residentes puede obtener más información sobre la Red Inteligente recorriendo el Centro de Servicios Inteligentes, este centro es similar a una casa promedio y cuenta con medidores y líneas de energía que demuestran cómo los contadores inteligentes interactuar con los dispositivos dentro de la casa; el centro también permite a los técnicos probar y evaluar equipos antes de su instalación.

3.6.4 OHIO GRID SMART

El proyecto en el que participan AEP, IBM, Control4, Batelle, SmartSynch consiste en crear un sistema de comunicaciones bidireccional entre la empresa eléctrica (AEP) y los consumidores para el uso eficiente de la electricidad. AEP Ohio cambió alrededor de 110.000 contadores eléctricos por equipos inteligentes en el año 2010, durante el proyecto se pretenden probar nuevas tecnologías como: vehículos eléctricos, sistemas de almacenamiento de energía, elementos de generación distribuida (70KW en paneles fotovoltaicos), elementos web y dispositivos informativos, a fin de cuantificar el impacto de dichos elementos en la red eléctrica. Para el año 2015 se van a instalar 5 millones de contadores inteligentes, con lo cual se busca determinar si los gastos de estos dispositivos superan los beneficios a obtener.

3.6.5 SMART GRID ONTARIO

Las Redes Inteligentes en Ontario se desarrollan a través de la instalación generalizada de contadores inteligentes e iniciativas de gestión de la demanda, el

objetivo de esta provincia canadiense es satisfacer la demanda de electricidad durante los próximos 20 años, lograr la conservación de la energía y el uso de los recursos energéticos renovables para cubrir toda la demanda hasta el año 2014.

Las compañías eléctricas de Ontario, Hydro One y Toronto Hydro están desarrollando varias actividades Smart Grid, Hydro One se centra en la integración de la generación con fuentes renovables, la gestión de la demanda del cliente y la automatización del sistema, lleva a cabo proyectos piloto para investigar, comprender y prepararse para las nuevas tecnologías que permiten dar inteligencia a la red. Toronto Hydro incluye varias iniciativas centradas en la seguridad energética y la satisfacción del cliente, sus actividades serán en el área de conservación y gestión de la demanda, la automatización de la red de distribución y el uso de sistemas de gestión energética en el hogar. Hydro One a más los medidores inteligentes usa una variable llamada Net Metering que le permite al suscriptor generar energía distribuida y aportarla a la red, por lo que existen usuarios que venden energía sin invertir valores adicionales para generarla, la empresa paga a estos suscriptores cuando aportan energía.

3.7 REDES INTELIGENTES EN AMÉRICA LATINA ^[6]

La adopción de Redes Eléctricas Inteligentes en Latinoamérica empieza a tener importantes efectos sobre los gobiernos, empresas eléctricas y consumidores volviéndose una idea muy popular en la región, así lo evidencia el taller que tuvo lugar en la ciudad de México en junio del 2011 con el afán de explorar las oportunidades y desafíos relacionados con el desarrollo de las Redes Inteligentes en América Latina y el Caribe, alrededor de 200 expertos de gobiernos, organizaciones internacionales y el sector privado asistieron al taller organizado por el Programa Internacional de Tecnologías de bajas emisiones de carbón de AIE con la colaboración de la Secretaría de Energía de México y apoyada por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para la América Latina y el Caribe.

Las discusiones en el transcurso del taller ayudaron a comprender los temas a abordar, así como los componentes que necesitan las redes para convertirse en sistemas inteligentes, su implementación se destacó como un método para ayudar a reducir las altas pérdidas en las redes de distribución de electricidad, proporcionar acceso a servicios modernos de energía en las zonas rurales a través de la generación distribuida e integrar las energías renovables.

Los países de la región y sus sistemas eléctricos son muy diversos en cuanto a su desarrollo, antecedentes, estructura, reglamentación, gestión, operación, etc; por ello no existen soluciones de Smart Grids que sean adecuadas para todos los casos, en tal sentido existen muchos retos que se deben superar para apoyar la implementación de las Redes Inteligentes, hecho que pone de manifiesto la necesidad de una mayor colaboración internacional y el valor de adoptar una visión regional para el despliegue de las Smart Grids.

3.7.1 REDES INTELIGENTES EN MÉXICO ^[21]

México está bien posicionado y pretende liderar la implementación de Redes Inteligentes en América Latina, una de sus ventajas es contar con una empresa de distribución única para todo el país denominada Comisión Federal de Electricidad (CFE), hecho que garantiza que el desarrollo de las Smart Grids se efectúe rápidamente y pueda replicarse en los sistemas de agua potable.

La Secretaría de Energía (SENER) es la responsable del desarrollo e implementación de la política energética en México, esta elaboró la Estrategia Nacional de Energía 2011-2025 que establece el camino hacia el futuro del sector energético mexicano a través de tres lineamientos principales: Seguridad Energética cuyo objetivo es diversificar la disponibilidad y uso de la energía para satisfacer las necesidades de la población y el desarrollo tecnológico y del capital humano; Eficiencia Económica y Productiva con el propósito de proveer energía de calidad al menor costo posible, administrar la demanda y adoptar las mejores

prácticas o ejemplos internacionales; y Sustentabilidad Ambiental a fin de reducir los impactos ambientales y fomentar el uso racional de recursos naturales y la mitigación de los impactos producidos.

Los primeros pasos dentro del desarrollo de las Redes Inteligentes en México son: la instalación de alrededor de 200 Unidades de Medición Fasorial (PMU) en el sistema de transmisión nacional, las mismas que pueden obtener un promedio de 20 mediciones por segundo, por otro lado existe una gran cantidad de estudios en proceso a cargo de las universidades que abordan los siguientes temas:

- Creación de controladores para la generación distribuida.
- Desarrollo de algoritmos de protecciones para sistemas de medición.
- Oscilaciones de baja frecuencia y mitigación de su impacto en el sistema mediante el uso de PMU.
- Evaluación de esquemas de monitoreo, supervisión y control de redes eléctricas orientados al desarrollo de Redes Inteligentes.
- Mejoramiento de la calidad y confiabilidad del suministro mediante el uso de transformadores electrónicos de potencia.
- Reconfiguración de redes de distribución en tiempo real.
- Identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia de empresas distribuidoras.
- Impacto de vehículos eléctricos en el suministro y demanda de los sistemas de distribución.

Adicionalmente la CFE está desarrollando un proyecto piloto basado en la instalación de medidores inteligentes en el valle mexicano.

3.7.1.1 Proyecto Piloto en el Valle de México

El Valle de México cubre un área de 20.531km² y contienen más de 7 millones de clientes con un crecimiento anual promedio de la demanda de 1,86% lo que representa el 19,4% de la energía eléctrica del país. Las pérdidas de energía

eléctrica en la distribución del Valle de México registradas en el año 2009 fueron de 30,83% de las cuales se estima que el 8,03% representa a las pérdidas técnicas y el 22,8% restante a las pérdidas no técnicas, a diferencia del resto del país donde las pérdidas técnicas fueron 9,43% y las pérdidas no técnicas 3,03%.

En este sector de México están instalados alrededor de 7,5 millones de contadores de los cuales se estima que el 30% han llegado al término de su vida útil, estos obsoletos equipos provocan errores en la medición e interrupciones en el servicio, dado que se encuentran en el interior de los domicilios su lectura se dificulta y en muchos casos resulta una tarea imposible para el personal de la empresa, existen clientes que no tienen instalado el equipo de medición y en otros casos en servicios bifásicos y trifásicos se mantiene el uso de contadores monofásicos, hecho que provoca un mayor número de lecturas y la desconexión y reconexión de más de un equipo para un cliente y finalmente para vender excedentes de energía provenientes de fuentes renovables es necesario cambiar el medidor por uno con capacidad de realizar mediciones bidireccionales.

Para el desarrollo de este proyecto la CFE ha seleccionado un contador inteligente de la compañía ENERI que utiliza un sistema de comunicación de radiofrecuencia; este sistema permite conocer el consumo eléctrico a nivel del usuario con resolución de 15 minutos, ubicar pérdidas de energía y conectar o desconectar remotamente el suministro de energía, el sistema de gestión de datos transfiere directamente la información de los consumos al sistema comercial de la CFE, mejorando y modernizando así el proceso de toma de lecturas y facturación en tiempo real con exactitud; esta tecnología ha sido desarrollada en su totalidad por la empresa mexicana ENERI con el apoyo de empresas globales de semiconductores y manufactura electrónica así como de universidades nacionales, el contador tiene las siguientes características: Sistemas para la gestión de medición de datos (MDMS), Comunicaciones con el Hardware a través de protocolos HTTP, Detección de pérdidas al balancear entre el consumo del transformador y la medición del usuario, Interfaz con las herramientas utilitarias del sistema, Acciones automáticas configurables desde el envío de alarmas, hasta servicios de conexión y desconexión, Transmisión de mensajes in-house, Agrupar

o desagrupar mediciones para medidores de dos fases y medidores trifásicos, Conexión y desconexión remota de medidores; siendo lo primeros en la industria en proporcionar el servicio de Desconexión a distancia, Lectura remota del consumo y la Posibilidad de interactuar con el programa EQ ENERI o Google Powermeter para el seguimiento del consumo de energía.

Las pruebas de conexión se han hecho con WiMax y TV por cable con resultados positivos, los procesos de información ENERI se transmiten a través de una red inalámbrica a 2,4GHZ a una distancia máxima de 300m, el software de comunicaciones se ejecuta en un equipo basado en Intel que toma los datos de la placa base, lo procesa y lo entrega a un módem de comunicaciones que usan el protocolo IP para enviarlos al servidor; el equipo de medición cuenta con seguridad física para la conexión o desconexión dentro de cada medidor que se sella en el proceso de fabricación, además tiene sensores de apertura y disparos de alarma, puede hacer conexión y desconexión remota (120A) y su instalación se diseñó para reducir el tiempo y la complejidad al llevarse a cabo por personal competente logrando alto rendimiento, calidad y bajo costo.

3.7.2 REDES INTELIGENTES EN CENTRO AMÉRICA ^[70]

La consultora Mecsoft realizó un estudio de viabilidad y las primeras pruebas para la implementación a nivel masivo de Redes Inteligentes, constituyéndose así en el proyecto pionero en Centroamérica, el mismo que intenta convertir a Costa Rica en el primer país en utilizar Smart Grid en la región central del continente. El proyecto consiste en hacer las primeras pruebas para que la compañía eléctrica defina si financia el proyecto o no, teniendo que solventar incluso problemas legales ya que no existen proyectos de ley que abarquen este campo en el país, además la implementación a gran escala obligaría a la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (Aresep) a definir una tarifa diferente.

El Instituto Nacional de Biodiversidad (InBio) y la Universidad Earth en el parque del instituto presentaron un proyecto piloto en el que se instalaron 20 contadores inteligentes, cinco de los cuáles se encuentra visibles al público para medir y controlar el consumo de electricidad en los inmuebles que albergan el instituto, el proyecto pretende integrar un sistema que permita controlar la demanda de energía y hacer un uso eficiente de la misma al medir los picos de energía y observar en cual edificio se está consumiendo más energía y direccionarla al lugar de menor consumo. El sistema va a estar arrojando estadísticas de cuáles son los picos mas altos en forma diaria y mensual para que a partir de esos datos se puedan ir realizando ajustes y controlar el gasto y la demanda eléctrica.

3.7.3 REDES INTELIGENTES EN BRASIL

En Brasil la Asociación Nacional de Distribución Eléctrica (ABRADEE) se encuentra a cargo de pronosticar la penetración de la generación distribuida, los vehículos eléctricos, el almacenamiento de energía y la implementación de proyectos de Smart Grid para los próximos 30 años; una serie de iniciativas están en desarrollo y serán la base para consolidar los beneficios y el análisis de los costos de las Redes Inteligentes, cuya particularidad en Brasil se caracteriza por:

- El volumen de pérdidas (técnicas y no técnicas) ofrece un interesante enfoque para impulsar los programas de Redes Inteligentes, sin embargo se cree que este aspecto por sí solo no justifica la adopción de Smart Grids
- Las empresas de distribución necesitan ganar penetración en las redes locales y regionales, debido a que los nuevos participantes del mercado ofrecen nuevos servicios a los consumidores finales.
- La Eficiencia Energética y el uso de fuentes renovables son objetivos que requieren de subsidios como se observa en las estrategias de otros países, los incentivos también motivan el cambio de comportamiento del cliente.

Las entidades gubernamentales están interesadas en la definición del camino a seguir, proyectos estratégicos se desarrollan en Brasil bajo la guía de ABRADDEE y otros servicios públicos; estos se centran en el estudio del impacto de la Smart Grid en las grandes redes de Brasil y serán cruciales en la definición de una hoja de ruta fiable para la industria energética brasileña.

3.7.3.1 Ciudad Inteligente Buzíos, Brasil ^[71]

La empresa Endesa con una inversión de 13,5 millones de euros replicará en Brasil el proyecto Smart City de Málaga en la ciudad de Buzíos ubicada en el estado de Río de Janeiro, se espera concluir con el proyecto a mediados del 2013 logrando así construir la primera ciudad inteligente en Latinoamérica, la misma que contará con sistemas de información en la red, medidores inteligentes digitales y un modelo de automatización capaz de integrar toda la generación existente, las nuevas energías renovables y los vehículos eléctricos.

Endesa, las autoridades de Río de Janeiro y la alcaldía de Buzíos firmaron un convenio para desarrollar este proyecto para convertir a la ciudad en un referente en el consumo eficiente de la electricidad en Brasil y América Latina, la iniciativa pretende alcanzar beneficios propios de las Redes Inteligentes entre los que se destacan la aplicación de tarifas diferenciadas de acuerdo con el horario de uso y la mejora de la eficiencia de los edificios públicos, permitiendo controlar el consumo en tiempo real, disminuir con rapidez las pérdidas de energía y aumentar los niveles de calidad del servicio y seguridad de los clientes; se proyecta la utilización de lámparas LED en el alumbrado público, incentivo a la Eficiencia Energética y seguimiento del consumo por parte del usuario.

3.7.4 REDES INTELIGENTES EN CHILE

Chile podría implementar Redes Inteligentes ya que según la empresa General Electric que está desarrollando esta tecnología alrededor del mundo, el país sería una excelente plataforma para desarrollar esta iniciativa por su estabilidad y desarrollo económico; Chile tiene una industria de telecomunicaciones muy desarrollada y un sector de distribución eléctrica que ya ha hecho suyo el foco tecnológico, sin embargo es necesario impulsar iniciativas a nivel de gobierno que apoyen a las distribuidoras en materia de incentivos para aumentar la eficiencia e integrar más energías renovables. Estos dos conceptos son parte de las claves para que la incorporación de las Redes Inteligentes sea una realidad.

En este sentido, existen ciertos avances asociados tanto a inversiones puntuales en equipos, como a programas de investigación en empresas y universidades. Por ejemplo, el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) cuenta desde 2009 con un sistema de almacenamiento con baterías (BESS) de 12MW, que en 2010 aportó aproximadamente 96GWh. Así mismo, en el Sistema Interconectado Central (SIC) fue puesto en servicio este año un compensador estático síncrono (STATCOM), que permite un control más eficiente de los flujos de potencia del sistema de transmisión troncal en la zona metropolitana. También en los últimos años, clientes industriales han incorporado equipos de medición avanzados para el mejor monitoreo de sus consumos y, algunas empresas distribuidoras ya tienen iniciativas piloto de medición inteligente a nivel residencial.

Actualmente a nivel legislativo se discute en el país una iniciativa que permita a los usuarios de las redes de distribución obtener medios de generación para su propio consumo e inyectar los excedentes de potencia de las energías renovables a la red; estos usuarios deberán implementar sistemas de medición bidireccional, que permitan la medición neta de los flujos de electricidad. El Presidente anunció un plan para el 2020, el mismo que consiste en que el 20% de la matriz energética del país provenga de energías renovables y ha enfatizado la importancia de desarrollar energías limpias, aprovechando la riqueza del país en renovables como: solar, eólica, geotérmica, mareomotriz y bioenergía.

3.7.4.1 ESUSCON, Huatocondo, Chile ^[72]

Una pequeña localidad aislada llamada Huatocondo en el norte de Chile con alrededor de 80 habitantes cuenta por primera vez con energía eléctrica durante todo el día a partir de octubre del 2011 gracias a un sistema que utiliza energías renovables, antes dependía de una unidad diésel que proporcionaba electricidad durante 10 horas entre semana y 8 horas en los fines de semana; gracias a este sistema Huatocondo es la primera localidad de Chile con una microrred de generación eléctrica basada en energías renovables, el proyecto nombrado por la comunidad como ESUSCON (Energía Sustentable Cóndor) se llevó a cabo en conjunto por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile y la minera Doña Inés de Collahuasi.

El proyecto usa la abundante energía eólica y solar de la localidad, reutiliza la unidad diésel y cuenta con baterías capaces de almacenar y transmitir la energía acumulada, los habitantes disponen además de relojes-semáforos que informan cuánta energía tendrá el pueblo en las próximas horas: la luz roja indica insuficiencia de energía por lo cual el usuario debe ser cuidadoso con el consumo, la luz amarilla señala niveles normales y la verde muestra buena producción que sugiere desplazar consumos pico como planchar, cocinar, lavar, etc. El Centro de Energía de la FCFM está en conversaciones con instituciones privadas y públicas para replicar el proyecto a mayor escala en otras localidades del norte chileno, que cuentan con la misma riqueza en energía solar y eólica.

Con ESUSCON la localidad podrá mejorar su calidad de vida, fortaleciendo su desarrollo social y productivo, en tal sentido en el proceso de instalación los habitantes ejercieron un rol activo y serán los encargados de autogestionar el sistema y velar por su correcto funcionamiento. El proyecto de energización sustentable se desarrollará en etapas; en la primera se instalaron paneles solares fotovoltaicos, una turbina eólica y un banco de baterías para almacenar la energía excedente, el generador diésel, en tanto, será usado como respaldo; en la segunda etapa, se estudia la posibilidad de integrar un biodigestor que utiliza los desechos orgánicos para producir biogas.

3.7.5 REDES INTELIGENTES EN COLOMBIA ^[23]

El concepto de Redes Inteligentes actualmente es el de mayor importancia en el sector eléctrico a nivel mundial, por tal motivo la Compañía XM de Expertos en Mercados, el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico (CIDET), el Comité Colombiano de la Comisión de Integración Energética Regional (COCIER), el Consejo Nacional de Operación (CON), el Comité Asesor de Comercialización (CAC) y el Centro de Investigación de las Comunicaciones (CINTEL) vienen estructurando una propuesta de proyecto cuyo objetivo es establecer concertadamente con las principales empresas del sector eléctrico y demás actores relacionados, un marco de lineamientos, políticas y estrategias para el desarrollo óptimo de las Redes Inteligentes en el sistema eléctrico colombiano.

Estos organismos conscientes de la necesidad de integrar esfuerzos entre los interesados proponen fomentar el desarrollo de un proyecto nacional conjunto dando lugar a la aparición de Colombia Inteligente que es una iniciativa en la que todo el sector eléctrico está comprometiéndose para trabajar en función de desarrollar las Redes Inteligentes en Colombia en base a las mejores prácticas internacionales. En el 2026 Colombia espera convertirse en un país inteligente mediante el uso de un sistema de energía sostenible que ayude a reducir los cortes de electricidad y disminuir la vulnerabilidad de las redes ante daños, el proyecto se divide en tres etapas:

- La primera etapa dada entre el 2011 y 2012 es la de conceptualización, en la que Colombia reconoce la importancia de los sistemas de energía inteligentes y eficientes e inicia el estudio de las bases teóricas y experiencias internacionales consolidando el enfoque a dar en el país, elaborando el mapa de ruta y definiendo proyectos a desarrollar.
- La segunda etapa es la de desarrollo y se llevará a cabo hasta el 2025, consiste en utilizar las nuevas tecnologías eficientes e inteligentes e integrarlas en el sistema eléctrico colombiano, a la vez que se da un proceso de interiorización del sistema a los empresarios y usuarios.

- La tercera etapa iniciada en el 2026 se orienta a lograr que Colombia sea un Estado que utiliza eficientemente la energía con altos niveles de calidad y protegiendo el medio ambiente, creando una cultura energética que permita masificar las tecnologías inteligentes.

La primera definición del programa Colombia Inteligente resalta al país como una nación comprometida con un programa de Energía Sostenible donde todos los sectores usen de manera eficiente los recursos energéticos preservando el medio ambiente y logrando niveles adecuados de calidad. Todo en concordancia con políticas, estrategias, planes, acciones y servicios que integren diferentes fuentes de energía, redes eléctricas y tecnologías de información y comunicaciones con una participación activa de la demanda; intentando lograr la eficiencia y sostenibilidad que garantice una operación segura y confiable basada en la medición inteligente, demanda activa, generación distribuida, transmisión y distribución confiable y automática siendo necesario implantar nuevas tecnologías especialmente en el ámbito de las comunicaciones e información con un importante aporte humano que base su trabajo en las normas y regulación estatales. Colombia Inteligentes se estructura de la siguiente manera:



Gráfico 3.2: Estructura de Colombia Inteligente

El estudio de las redes Inteligentes, su desarrollo e implementación en todo el mundo, permite tener una visión clara de su estado; es notorio que la Unión Europea se encuentra liderando el campo de las Smart Grids ya que hace un trabajo en conjunto entre todos sus miembros, manteniendo políticas claras y ejecutando una gran cantidad de proyectos que servirán como base para el desarrollo de esta tecnología en el resto del mundo. A más de la Unión Europea existen regiones que dan un gran impulso al desarrollo de Redes Inteligentes, la desventaja que poseen es que su trabajo puede convertirse en esfuerzos aislados cuyo fortalecimiento se ve mermado por la falta de cooperación.

Al acercarse a la realidad propia del país tenemos los referentes latinoamericanos que están dando los primeros pasos en el desarrollo e implementación de las Redes Inteligentes, la cooperación internacional de esta región es reducida haciendo visible el lento desarrollo de las Smart Grids, el mismo que a pesar de verse nutrido de experiencias internacionales en especial europeas no se consolida o lo hará de forma lenta a menos que exista una sólida planificación regional en favor del desarrollo de las Redes Inteligentes.

Para el desarrollo de las Smart Grids en Ecuador existen muchas visiones o puntos de partida a obtener de la variada gama de experiencias internacionales, sin embargo se debe entender con claridad la realidad del país y ajustar dichas experiencias a la misma, las visiones más cercanas sin duda se encuentra en la región latinoamericana sin embargo se debe tratar de aprovechar al máximo todas las experiencias internacionales.

En el presente capítulo se abordó las experiencias internacionales de mayor importancia, destacando el desarrollo de Redes Inteligentes en cada continente, para poder enfocar este estudio en beneficio del Ecuador es necesario conocer con claridad como se encuentra el sistema eléctrico del país, enfocándose en el sistema de distribución; en tal sentido el siguiente capítulo detalla el estudio del Sistema de Distribución Ecuatoriano y las sugerencias para el desarrollo de las Redes Inteligentes en el país.

CAPÍTULO 4

APLICACIONES DE LAS REDES INTELIGENTES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL ECUADOR ^{[24][25]}

En capítulos anteriores se estudió la definición de las Redes Inteligentes, la tecnología que utilizan, la importancia y las ventajas de su aplicación; por otra parte se pudo conocer su estado y desarrollo en el mundo a través de proyectos internacionales representativos. Antes de aplicar estos conocimientos en el Sistema de Distribución del Ecuador es necesario analizar la situación del país y su Sector Eléctrico en base al Boletín Estadístico del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2010 desarrollado por el Concejo Nacional de Electricidad (CONELEC) que refleja los principales indicadores del Sector en base a la información reportada por los agentes eléctricos y el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE).

4.1 GENERALIDADES ^[26]

Ecuador es un país en creciente desarrollo social y económico con un territorio de 256.370km², la evolución del estilo de vida de sus habitantes que según el censo nacional de población y vivienda efectuado por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2010 llegó a 14'483.499 habitantes hace indispensable la permanente planificación del sector energético a fin de garantizar este bien a la población, la misma que se distribuye en 3'748.919 viviendas de las cuales el 93,35% cuenta con electricidad y el 6,65% no dispone de este servicio.

A partir de Julio del 2007 de acuerdo a Decreto Ejecutivo se define que las facultades y deberes relacionados con la electricidad y la energía renovable corresponden al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER)

encargado de la planificación y ejecución de las políticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano, el mismo que está constituido por 16 generadoras, 27 autogeneradoras, 1 transmisor; 20 distribuidoras (13 con generación propia), 85 grandes consumidores y 67 consumidores que compran a las autogeneradoras.

El Fondo de Solidaridad constituía el accionista mayoritario de las Empresas de Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica del Ecuador y resolvió en marzo del 2009 agrupar en la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) a diez de sus distribuidoras: Bolívar, El Oro, Esmeraldas, Guayas–Los Ríos, Los Ríos, Manabí, Milagro, Santa Elena, Santo Domingo y Sucumbíos; por otro lado la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC) se constituyó por la fusión de las empresas generadoras Hidropaute, Electroguayas, Termoesmeraldas, Termopichincha, Hidroagoyán y la transmisora Transelectric.

4.2 SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO ^[26]

La producción de energía eléctrica del Ecuador en el año 2010 se incrementó con respecto al 2009 en 1.244,9GWh que corresponden al 6,82%, en consecuencia a esto la importación de energía se redujo en 247,52GWh equivalentes al 22,09%; en estas circunstancias la energía bruta total aumentó 997,39GWh correspondientes al 5,15%, hecho que se debe a las buenas condiciones hidrológicas de las cuencas de los ríos que alimentan a las principales centrales hidroeléctricas y al ingreso de nuevas centrales de generación.

El total de la energía disponible en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano entre los años 2005 y 2010 se muestra en la tabla, la energía generada bruta (1) corresponde a la energía suministrada por todo el parque generador del país (Incorporado y No Incorporado al Sistema Nacional Inteconectado (SNI)) y la energía generada no disponible para servicio público (2) es la energía producida por autogeneradoras y utilizada internamente para procesos productivos y de explotación.

CONCEPTO	AÑO						
	Unidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Energía generada bruta (1)	GWh	13.404,02	15.115,85	17.336,65	18.608,53	18.264,62	19.509,85
Energía importada desde Colombia	GWh	1.716,01	1.570,47	860,87	500,16	1.058,20	794,51
Energía importada desde Perú	GWh	7,44	-	-	-	62,55	78,39
Energía bruta total	GWh	15.127,47	16.686,32	18.197,52	19.108,69	19.385,37	20.382,76
Energía generada no disponible para servicio público (2)	GWh	1.219,30	1.850,67	2.540,75	2.610,30	2.219,64	2.746,03
	%	8,1%	11,1%	14,0%	13,7%	11,5%	13,5%
Energía generada e importada para servicio público	GWh	13.908,16	14.835,65	15.656,78	16.498,39	17.165,72	17.636,72

Tabla 4.1: Producción e importación de energía eléctrica, años 2005 a 2010

Dado que en el 2010 se dió una mayor producción de energía eléctrica a nivel nacional, la energía entregada a los clientes finales (energía para servicio público) a través de los sistemas de transmisión y distribución creció en 471GWh equivalentes al 2,74% con respecto al 2009; en la tabla se muestra el balance de energía entre la producción a través de fuentes renovables, no renovables y la importación, las pérdidas y el consumo; las pérdidas de transmisión incluyen el total de energía incluso la que no fluye por el Sistema Nacional de Transmisión.

La producción térmica de turbovapor (1) corresponde a la generación con Biomasa (bagazo de caña), el consumo total de auxiliares (2) y las pérdidas de transmisión (3) están referidas a la producción nacional total, la energía exportada (4) corresponde a la energía vendida a Colombia por la interconexión de 230kV y 138kV y la energía vendida a Perú por la Empresa Eléctrica Sur, el consumo de energía comercial (5) incluye la energía de clientes regulados y no regulados para uso comercial y los consumos propios de las autogeneradoras que entran al S.N.I., el consumo de energía industrial (6) incluye la energía de clientes regulados y no regulados para uso industrial en general, las pérdidas totales en distribución (7) están referidos a la energía disponible para servicio público.

1. Producción total de energía e importaciones		GWh	%
Energía renovable	Hidráulica	8.636,40	42,37%
	Eólica	3,43	0,02%
	Solar	-	0,00%
	Térmica Turbovapor (1)	235,56	1,16%
Total energía renovable		8.875,40	43,54%
Energía energía no renovable	Térmica MCI	4.087,07	20,60%
	Térmica Turbogas	3.820,33	18,17%
	Térmica Turbovapor	2.727,06	13,40%
Total energía no renovable		10.634,46	52,17%
Total producción nacional		19.509,85	95,72%
Interconexión	Importación	872,90	4,28%
Total producción nacional + Importación		20.382,76	100,00%

2. Energía entregada para servicio no público		GWh	%
Energía renovable	Hidráulica	77,30	2,86%
	Eólica	-	0,00%
	Solar	-	0,00%
	Térmica	110,51	4,08%
Total energía renovable		187,80	6,94%
Energía energía no renovable	Térmica MCI	2.002,19	74,00%
	Térmica Turbogas	453,91	16,78%
	Térmica Turbovapor	61,62	2,28%
Total energía no renovable		2.517,72	93,06%
Total energía entregada para servicio no público		2.705,52	100,00%

3. Energía entregada para servicio público		GWh	%
Energía Renovable	Hidráulica	8.541,53	49,16%
	Eólica	3,43	0,02%
	Solar	-	0,00%
	Térmica Turbovapor (1)	115,32	0,66%
Total energía renovable		8.660,29	49,84%
Energía energía no renovable	Térmica MCI	2.147,07	12,36%
	Térmica Turbogas	3.186,36	18,34%
	Térmica Turbovapor	2.509,93	14,44%
Total energía no renovable		7.843,36	45,14%
Interconexión	Importación	872,90	5,02%
Total energía entregada para servicio público		17.376,55	100,00%

4. Energía disponible para servicio público		GWh	%
Consumo total de auxiliares de unidades y otros (2)		260,18	1,48%
Pérdidas en transmisión (3)		542,44	3,08%
Total energía disponible para servicio público (3)		16.834,11	95,45%
Energía exportada (4)		10,06	0,06%
Total energía disponible en los sistemas de distribución		16.824,04	100,00%

5. Consumo de energía para servicio público y pérdidas		GWh	%
Consumo de energía a nivel nacional	Residencial	5.114,18	30,40%
	Comercial (5)	2.672,33	15,88%
	Industrial (6)	4.416,76	26,25%
	A. Público	812,04	4,83%
	Otros	1.061,30	6,31%
Total consumo de energía para servicio público		14.076,61	83,67%
Pérdidas en distribución	Técnicas	1.499,69	8,91%
	No Técnicas	1.247,73	7,42%
Total pérdidas de energía en distribución (7)		2.747,43	16,33%

Tabla 4.2: Balance nacional de energía del Sistema Eléctrico Ecuatoriano, año 2010

4.2.1 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Las centrales de generación eléctrica son de dos tipos: conectadas al S.N.I. o aisladas del mismo, en la gráfica se representan la potencia nominal, potencia efectiva y el porcentaje de participación de las centrales de generación según esta clasificación; los valores no incluyen las interconexiones internacionales.

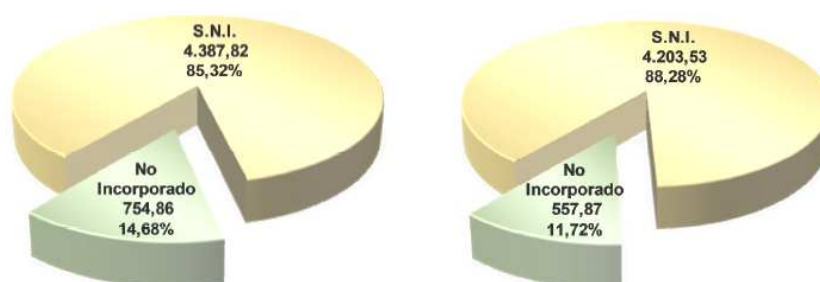


Gráfico 4.1: Potencia nominal y potencia efectiva por sistema (MW), año 2010

La unidad CELEC-Hidropaute posee las centrales hidroeléctricas más grandes del país: Paute y Mazar que representan el 28,89% de la potencia instalada y el 30,33% de la potencia efectiva; en el caso de la generación termoeléctrica la unidad CELEC-Electroguayas es la de mayor tamaño con las centrales Enrique García, Gonzalo Cevallos (Gas y Vapor), Pascuales II y Trinitaria que representan el 12,49% de la potencia instalada y el 12,39% de la potencia efectiva.

La energía que corresponde a las interconexiones con Colombia y Perú se mantuvo con respecto al año 2009 tanto en potencia nominal como efectiva, los valores se muestran en la tabla.

Procedencia	País	Potencia Nominal		Potencia Efectiva	
		(MW)	(%)	(MW)	(%)
Interconexión	Colombia	540,00	83,08	525,00	82,68
	Perú	110,00	16,92	110,00	17,32
Total general		650,00	100,00	635,00	100,00

Tabla 4.3: Potencia de las interconexiones eléctricas, año 2010

La energía total proviene de generadoras, distribuidoras con generación y autogeneradoras, cada grupo tiene diferente porcentaje de participación en el total de la capacidad instalada y efectiva del país, siendo para el año 2010 las empresas generadoras las de mayor aporte como se muestra en el gráfico.

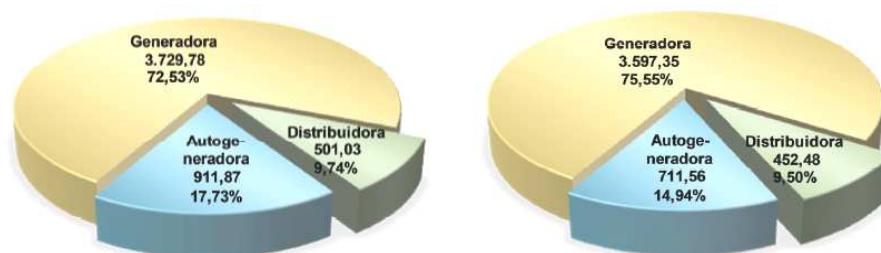


Gráfico 4.2: Potencia nominal y potencia efectiva por tipo de empresa (MW), año 2010

Es importante identificar la potencia de las centrales eléctricas en función de la fuente primaria que usan, reflejando así el nivel de contaminación que provocan; siendo las de mayor representación las centrales termoeléctricas con el 53,43% de la potencia efectiva, las centrales hidroeléctricas solo aportan el 46,52%.

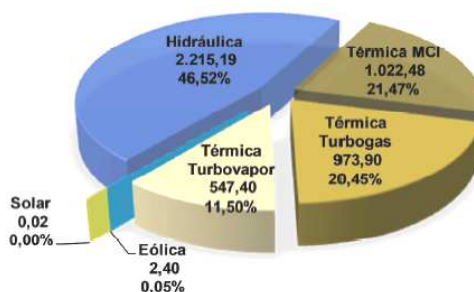


Gráfico 4.3: Potencia efectiva por fuente primaria usada para la generación (MW), año 2010

La generación eléctrica de acuerdo al tipo de fuente primaria utilizada se detalla en la tabla, la energía renovable tiene 2.346,13MW de potencia instalada y 2.311,01MW de potencia efectiva, este valor incluye la potencia de las centrales térmicas que utilizan el bagazo de caña como combustible (1); el 54,38% de la energía proviene de fuentes no renovables, demostrando así que Ecuador es un país dependiente de los derivados del petróleo.

Tipo de energía	Tipo de Central	Potencia Nominal		Potencia Efectiva	
		MW	%	MW	%
Renovable	Hidráulica	2.242,42	43,60	2.215,19	46,52
	Térmica Turbovapor (1)	101,30	1,97	93,40	1,96
	Eólica	2,40	0,05	2,40	0,05
	Solar	0,02	0,00	0,02	0,00
Total Renovable		2.346,13	45,62	2.311,01	48,54
No Renovable	Térmica MCI	1.259,56	24,49	1.022,48	21,47
	Térmica Turbogas	1.078,99	20,98	973,90	20,45
	Térmica Turbovapor	458,00	8,91	454,00	9,54
Total No Renovable		2.796,55	54,38	2.450,38	51,46
Total general		5.142,68	100,00	4.761,39	100,00

Tabla 4.4: Potencia por tipo de energía y tipo de central, año 2010

El gráfico muestra la energía bruta en GWh y los porcentajes de participación de acuerdo al tipo de central disponible en el país, la generación solar (ubicada en las Islas Galápagos) no tuvo producción de energía por daño de los equipos.

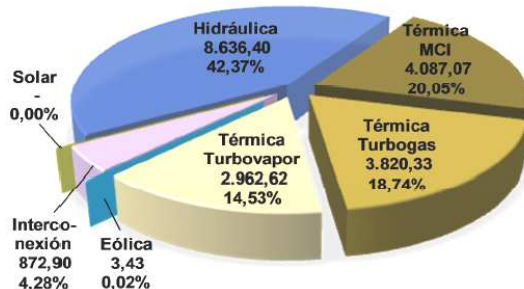


Gráfico 4.4: Producción de energía por tipo de central (GWh), año 2010

La siguiente tabla identifica que el 43,54% de la energía producida corresponde a fuentes renovables, el 52,17% proviene de fuentes no renovables y el 4,28% se obtiene de las importaciones.

Tipo Energía	Tipo de Central	Energía Bruta	
		GWh	%
Renovable	Hidráulica	8.636,40	42,37
	Térmica Turbovapor *	235,56	1,16
	Eólica	3,43	0,02
	Solar	-	-
Total Renovable		8.875,40	43,54
No Renovable	Térmica MCI	4.087,07	20,05
	Térmica Turbogas	3.820,33	18,74
	Térmica Turbovapor	2.727,06	13,38
Total No Renovable		10.634,46	52,17
Interconexión		872,90	4,28
Total Interconexión		872,90	4,28
Total general		20.382,76	100,00

Tabla 4.5: Producción de energía bruta por tipo de energía y tipo de central, año 2010

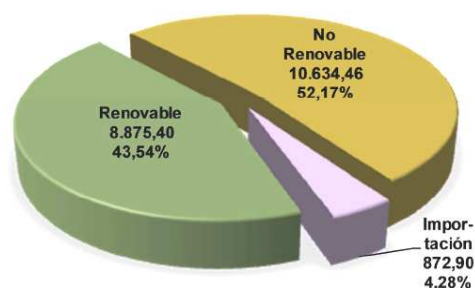


Gráfico 4.5: Producción bruta por tipo de energía (GWh), año 2010

Las centrales de generación térmica utilizan varios tipos de combustibles para su funcionamiento, en el 2010 el combustible más utilizado por ser considerado una fuente de energía renovable fue el bagazo de caña; mientras que los combustibles de mayor utilización considerados como fuentes de energía no renovables fueron el diesel 2 y el fuel oil, en la tabla se detalla esta información.

Tipo de Empresa	Fuel Oil (Mill gal)	Diesel 2 (Mill gal)	Nafta (Mill gal)	Gas Natural (Mill pc)	Residuo (Mill gal)	Crudo (Mill gal)	LPG (Mill gal)	Bagazo de caña (Miles Tn)
Generadora	206,10	201,09	14,64	11,69	20,74	-	-	-
Distribuidora	29,32	39,48	-	-	-	2,47	-	-
Autogeneradora	-	74,63	-	8,35	17,69	58,06	7,75	912,30
Total general	235,42	315,20	14,64	20,04	38,43	60,53	7,75	912,30

Tabla 4.6: Consumo de combustibles por tipo de empresa, año 2010

El Mercado Eléctrico (ME) abarca todas las transacciones de suministro eléctrico que llevan a cabo sus agentes, estas pueden ser a través de contratos de corto o largo plazo, mercados ocasionales o transacciones internacionales; los contratos a plazo son liquidados por la producción real de energía eléctrica y son asignados a las distribuidoras en proporción a su demanda regulada. El CENACE liquida las transacciones comerciales del mercado eléctrico, determinando los importes que deben abonar y percibir los distintos participantes conforme a los términos establecidos en los contratos de compraventa, incluyendo las importaciones y exportaciones de electricidad. En el 2010 la energía comercializada en el ME fue de 16.303,96GWh por un monto de 860,33 millones de dólares dando como resultado un precio medio de 5,28 ¢\$/kWh, tal como se detalla en la tabla.

Tipo de Transacción	Energía vendida (GWh)		Total (Millones USD)	Precio medio (USD ¢/KWh)
	GWh	%		
Contratos	14.403,44	88,34	709,79	4,93
Mercado Ocasional	1.017,55	6,24	57,37	5,64
Importación	872,90	5,35	92,59	10,61
Exportación	10,06	0,06	0,57	5,71
Total general	16.303,96	100,00	860,33	5,28

Tabla 4.7: Precio medio de la energía por tipo de transacción, año 2010

4.2.2 SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISIÓN

La empresa pública CELEC, a través de su Unidad de Negocio Transelectric administra, planifica y opera el Sistema Nacional de Transmisión (SNT) que cuenta con 37 subestaciones (14 a 230kV, 21 a 138kV y 2 móviles).

Nombre de la Subestación	Ubicación		Tipo	Voltaje (kV)				Capacidad de la Subestación (MVA)			
	Provincia	Canton		1	2	3	4	OA	FA	FOA	
Ambato	Tungurahua	Ambato	R	138,0	69,0	13,8	-	33,0	43,0	43,0	
Babahoyo	Los Rios	Babahoyo		138,0	69,0	13,8	-	40,0	53,3	66,7	
Chone	Manabí	Chone		138,0	69,0	13,8	-	40,0	50,0	60,0	
Cuenca	Azuay	Cuenca		138,0	69,0	13,8	-	80,0	106,7	133,3	
Dos Cerritos	Guayas	Guayaquil		230,0	69,0	13,8	-	132,0	178,0	220,0	
Esmeraldas	Esmeraldas	Esmeraldas		138,0	69,0	13,8	-	44,8	59,7	75,0	
Ibarra	Imbabura	Ibarra		138,0	69,0	13,8	-	90,0	119,6	139,3	
Loja	Loja	Loja		138,0	69,0	13,8	-	40,0	53,3	66,7	
Machala	El oro	Machala		230,0	138,0	69,0	13,8	252,0	336,0	420,0	
Mitlago	Guayas	Mitlago		230,0	138,0	69,0	13,8	268,3	357,8	447,2	
Molino	Morona Santiago	Santiago		E	230,0	138,0	13,8	-	525,0	700,0	875,0
Movil					138,0	69,0	46,0	13,8	30,0	32,0	32,0
Movil 2					69,0	13,8	-	-	10,0	10,0	10,0
Mulabó	Cotopaxi	Latacunga		R	138,0	69,0	13,8	-	40,0	53,3	66,7
Orellana	Orellana	Orellana	138,0		69,0	13,8	-	20,0	26,7	33,3	
Paacualee	Guayas	Guayaquil	230,0		138,0	69,0	13,8	584,4	788,0	974,0	
Policentro	Guayas	Guayaquil	138,0		69,0	13,8	-	120,0	160,0	200,0	
Pomasqui	Pichincha	Quito	230,0		138,0	13,8	-	180,0	240,0	300,0	
Portoviejo	Manabí	Portoviejo	138,0		69,0	13,8	-	89,6	119,4	150,0	
Posorja	Guayas	Playas	138,0		69,0	13,8	-	20,0	26,7	33,3	
Pucará	Tungurahua	Pillaro	S		138,0	138,0	-	-	-	-	-
Puyo	Paetaza	Paetaza	R		138,0	69,0	13,8	-	20,0	26,7	33,3
Quevedo	Los rios	Quevedo			230,0	138,0	69,0	13,8	266,6	355,5	444,0
Riobamba	Chimborazo	Riobamba		230,0	69,0	13,8	-	80,0	106,8	133,3	
Salitral	Guayas	Guayaquil		138,0	69,0	13,8	-	240,0	320,0	400,0	
San Gregorio	Manabí	Portoviejo		230,0	138,0	13,8	-	135,0	180,0	225,0	
San Idelfonso	El Oro	El Guabo	S	138,0	138,0	-	-	-	-	-	
Santa Elena	Santa Elena	Santa elena	R	138,0	69,0	13,8	-	40,0	53,3	66,7	
Santa Rosa	Pichincha	Mejía		230,0	138,0	46,0	13,8	615,0	820,0	1.025,0	
Santo Domingo	Santo Domingo	Santo Domingo		230,0	138,0	69,0	13,8	193,3	257,8	322,0	
Sinincay	Azuay	Cuenca		230,0	69,0	13,8	-	100,0	133,2	165,5	
Tena	Napo	Tena		138,0	69,0	13,8	-	20,0	26,7	33,3	
Totoras	Tungurahua	Ambato		230,0	138,0	69,0	13,8	160,0	213,6	266,6	
Trinitaria	Guayas	Guayaquil		230,0	138,0	69,0	13,8	255,0	340,0	425,0	
Tulcan	Carchi	Tulcan		138,0	69,0	13,8	-	20,0	26,7	33,3	
Vicentina	Pichincha	Quito		138,0	46,0	6,3	-	97,0	128,1	148,1	
Zhoray	Cañar	Azogues		S	230,0	230,0	-	-	-	-	-
Total general								4.681,1	6.479,6	8.066,6	

Tabla 4.8: Subestaciones de transmisión, año 2010

En el 2010 las subestaciones del SNT recibieron 15.745,87GWh de energía y entregaron 15.208,38GWh, es decir que las pérdidas fueron de 512,88GWh equivalentes al 3,26%; la facturación efectuada por CELEC-Transelectric fue de 53,40 millones de dólares. En la tabla se indicó la descripción de las subestaciones del SNT que están a cargo de CELEC-Transelectric, se detallan en función del sistema de enfriamiento de los transformadores.

Las líneas de transmisión del SNT tienen una longitud de 3.605km, de los cuales 1.882,54km corresponden a líneas de 138kV y 1.722,46km a líneas de 230kV.

4.2.3 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

El CONELEC concede el servicio de distribución de electricidad a las empresas de acuerdo a la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE), estas deben garantizar la eficiente atención a los usuarios y el preferente interés nacional adquiriendo la energía por contratos en el ME y empleando el SNT o por abastecimiento con generación propia. Las empresas concesionadas son: Eléctrica de Guayaquil, nueve Empresas Eléctricas y CNEL con diez Gerencias Regionales; la tabla muestra la superficie y provincias que cubre cada empresa.

Empresa	Provincias a las que sirve de manera total o parcial	Área de Concesión (km ²)
E.E. Ambato	Tungurahua, Pastaza, %Morona, %Napo	40.805
CNEL-Sucumbios	Sucumbios, Napo, Orellana	37.842
E.E. Centro Sur	Azuay, %Cañar, Morona	28.962
E.E. Sur	Loja, Zamora, %Morona	22.721
CNEL-Manabí	Manabí	16.865
CNEL-Esmeraldas	Esmeraldas	15.366
E.E. Quito	Pichincha, %Napo	14.971
E.E. Norte	Carchi, Imbabura, %Pichincha, %Sucumbios	11.979
CNEL-Guayas Los Ríos	Guayas, Los Ríos, %Manabí, %Cotopaxi, %Azuay	10.511
E.E. Galápagos	Galápagos	7.942
CNEL-Sta. Elena	% Guayas, Sta. Elena	6.774
CNEL-EI Oro	El Oro, %Azuay	6.745
CNEL-Sto. Domingo	Sto. Domingo, % Esmeraldas	6.574
CNEL-Milagro	% Guayas, %Cañar, % Chimborazo	6.175
E.E. Riobamba	Chimborazo	5.940
E.E. Cotopaxi	Cotopaxi	5.556
CNEL-Los Ríos	% Los Ríos, %Guayas, %Bolivar, %Cotopaxi	4.059
CNEL-Bolívar	Bolívar	3.997
Eléctrica de Guayaquil	% Guayas	1.399
E.E. Azogues	% Cañar	1.187

Tabla 4.9: Áreas de concesión de las empresas eléctricas distribuidoras, año 2010

De acuerdo al último censo del INEC (noviembre 2010), la cobertura del servicio eléctrico en el país alcanzó el 93,35%, la tabla muestra el indicador por empresa.

Distribuidora	Total Viviendas con Servicio Eléctrico	Total Viviendas	Cobertura (%)
CNEL-Bolívar	41,468	47,110	88.02%
CNEL-El Oro	166,060	171,670	96.73%
CNEL-Esmeraldas	98,777	114,551	86.23%
CNEL-Guayas Los Ríos	276,466	308,487	89.62%
CNEL-Los Ríos	98,854	112,293	88.03%
CNEL-Manabí	279,174	309,225	90.28%
CNEL-Milagro	123,934	133,890	92.56%
CNEL-Sta. Elena	85,987	98,069	87.68%
CNEL-Sto. Domingo	129,343	139,238	92.89%
CNEL-Sucumbios	60,424	72,851	82.94%
E.E. Ambato	163,859	174,672	93.81%
E.E. Azogues	21,341	22,435	95.12%
E.E. Centro Sur	218,757	231,549	94.48%
E.E. Cotopaxi	82,620	90,734	91.06%
E.E. Galápagos	7,096	7,161	99.09%
E.E. Norte	167,876	173,149	96.95%
E.E. Quito	694,011	700,009	99.14%
E.E. Riobamba	110,872	120,471	92.03%
E.E. Sur	126,789	135,833	93.34%
Eléctrica de Guayaquil	545,993	585,522	93.25%
Total	3,499,701	3,748,919	93.35%

Tabla 4.10: Cobertura del servicio de energía eléctrica por empresa distribuidora, año 2010

La empresa distribuidora de mayor tamaño en el país es CNEL que abarca el 45% del territorio para dar servicio al 35% de los usuarios (1'385.637); en el 2010 fue atendida con una energía de 5.757,76GWh correspondientes al 34,22% del total de la energía disponible en los sistemas de distribución.

4.2.3.1 Clientes Finales de las Empresas Distribuidoras

Los clientes finales de las empresas distribuidoras de energía eléctrica se clasifican en dos grandes grupos: Clientes Regulados cuya facturación se rige por el pliego tarifario establecido por el CONELEC y Clientes No Regulados cuya facturación obedece a un contrato a término o de libre pactación. A finales del 2010 las distribuidoras contaron con 3'951.991 clientes, de los cuales 3'951.935 son regulados y 56 no regulados (4 grandes consumidores y 51 de consumo propio), por su parte clientes del norte del Perú son atendidos por la Empresa Eléctrica Sur, que los considera como un cliente no regulado del sector comercial.

Grupo	Empresa	Sector de Consumo							Clientes Regulados	Clientes No Regulados	Clientes Finales
		Residencial R	Comercial R	NR	Industrial R	NR	A. Público R	Otros R			
Corporación Nacional de Electricidad CNEL	CNEL-Bolivar	48.773	2.304	-	87	-	7	1.345	52.516	-	52.516
	CNEL-EI Oro	172.987	18.718	-	1.687	-	67	2.807	196.266	-	196.266
	CNEL-Esmeraldas	94.132	7.846	-	657	1	6	2.046	104.687	1	104.688
	CNEL-Guayas Los Rios	240.408	13.089	-	885	3	70	2.620	257.072	3	257.075
	CNEL-Los Rios	79.715	6.698	-	551	-	15	1.267	88.246	-	88.246
	CNEL-Manabi	236.211	14.858	-	151	4	1	2.553	253.774	4	253.778
	CNEL-Milagro	109.272	15.174	-	190	3	40	1.543	126.219	3	126.222
	CNEL-Sta. Elena	93.238	7.020	-	349	1	11	1.182	101.800	1	101.801
	CNEL-Sto. Domingo	124.543	16.219	-	249	3	1	2.024	143.036	3	143.039
CNEL-Sucumbios	50.401	8.547	-	666	-	1	2.391	62.006	-	62.006	
Total CNEL	1.249.680	110.473	-	5.472	15	219	19.778	1.385.622	15	1.385.637	
Empresas Eléctricas	E.E. Ambato	179.524	20.947	-	6.070	3	22	4.581	211.144	3	211.147
	E.E. Azogues	28.036	1.963	-	407	-	1	500	30.907	-	30.907
	E.E. Centro Sur	266.277	23.881	-	6.331	4	31	3.960	300.480	4	300.484
	E.E. Cotopaxi	88.743	6.011	-	4.267	2	1	2.135	101.157	2	101.159
	E.E. Galápagos	6.574	1.231	-	151	-	4	313	8.273	-	8.273
	E.E. Norte	170.267	18.514	-	3.202	5	14	3.548	195.545	5	195.550
	E.E. Quito	724.447	106.617	-	13.665	11	1	4.350	849.080	11	849.091
	E.E. Riobamba	128.733	14.890	-	795	-	1	2.697	147.116	-	147.116
	E.E. Sur	134.796	13.905	1	1.682	-	26	5.195	155.604	1	155.605
Eléctrica de Guayaquil	493.254	68.206	-	3.206	15	42	2.299	567.007	15	567.022	
Total Empresas Eléctricas	2.220.651	276.165	1	39.776	40	143	29.578	2.566.313	41	2.566.354	
Total Nacional	3.470.331	386.638	1	45.248	55	362	49.356	3.951.935	56	3.951.991	

R: Clientes Regulados
NR: Clientes No Regulados

Tabla 4.11: Clientes regulados y no regulados de las distribuidoras, año 2010

En el gráfico se detalla la distribución de los clientes finales a nivel nacional de acuerdo al sector de consumo.

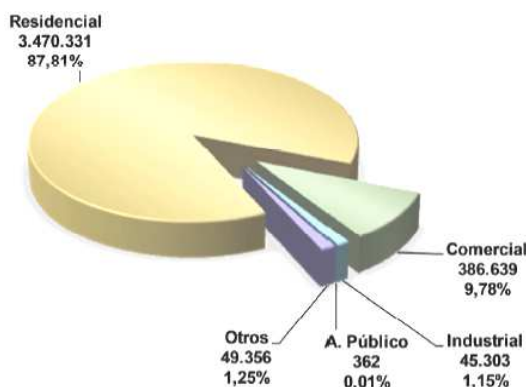


Gráfico 4.6: Clientes finales por tipo de consumo, año 2010

En el 2010 se incrementaron 205.254 clientes finales que corresponden a un crecimiento del 5,48%, el mismo que se distribuye en 5,52% a nivel residencial; 4,94% en el sector comercial; 4,51% en la industria; 3,72% para el alumbrado público y 7,74% en otros sectores; el crecimiento promedio de clientes en las empresas distribuidoras está entre el 4 y 7%, dado que el 70% de las mismas tuvo un crecimiento de clientes en este rango.

La demanda en el año 2010 se incrementó en 6,5% (858,69GWh) a nivel nacional; en el sector residencial el incremento fue de 9,46% (441,9GWh); en el comercial 5,51% (139,63GWh); en el industrial 6,48% (268,89GWh); en el alumbrado público y otros 0,44% (8,27GWh); teniendo que el 35% de las empresas distribuidoras presentaron un crecimiento entre 4 y 7% y el 40% de las mismas tienen un incremento en la demanda superior al 7%; en tal contexto el 70% de las distribuidoras tuvieron un crecimiento de la demanda medio-alto. Esta información se detalla en la tabla, el color naranja resalta el mayor crecimiento y el amarillo el menor crecimiento.

Grupo	Empresa	Crecimiento 2010 vs 2009			
		Clientes	%	Energía GWh	%
Corporación Nacional de Electricidad CNEL	CNEL-Bolívar	3012	6,08	2,46	4,79
	CNEL-El Oro	10418	5,61	45,23	9,05
	CNEL-Esmeraldas	5705	5,76	8,73	2,90
	CNEL-Guayas Los Ríos	16947	7,06	101,01	10,34
	CNEL-Los Ríos	2423	2,82	5,59	2,57
	CNEL-Manabí	21663	9,33	59,54	7,66
	CNEL-Milagro	6624	5,54	35,33	8,84
	CNEL-Sta. Elena	5597	5,82	23,08	7,27
	CNEL-Sto. Domingo	7982	5,91	22,44	6,54
	CNEL-Sucumbios	6946	12,62	22,64	17,87
Total CNEL		87.317	6,73	326,04	8,13
Empresas Eléctricas	E.E. Ambato	10531	5,25	27,62	6,82
	E.E. Azogues	1288	4,35	0,67	0,77
	E.E. Centro Sur	11592	4,01	38,67	5,64
	E.E. Cotopaxi	3030	3,09	67,16	23,19
	E.E. Galápagos	479	6,15	0,70	2,41
	E.E. Norte	6575	3,48	16,02	4,02
	E.E. Quito	38123	4,70	104,08	3,19
	E.E. Riobamba	6698	4,77	15,53	7,06
	E.E. Sur	6246	4,18	11,65	5,57
	Eléctrica de Guayaquil	33375	6,25	250,55	6,92
Total Empresas Eléctricas		117.937	4,82	532,65	5,79
Total Nacional		205.254	5,48	858,69	6,50

Tabla 4.12: Crecimiento de clientes finales y energía de las distribuidoras, año 2010

4.2.3.2 Facturación a Clientes Finales de las Empresas Distribuidoras

La energía facturada a los clientes de las empresas distribuidoras fue de 14.076,61GWh; el 97,82% (13.769,73GWh) corresponde a clientes regulados y el 2,18% (306,88GWh) a los cliente no regulados; el sector de mayor consumo es el residencial que registró una demanda del 36% (5.114GWh) del total de la energía.

En el 2010 el consumo promedio nacional por cliente fue de 126kWh/mes en el sector residencial, 589kWh/mes en el comercial y 8.303kWh/mes en el industrial; la demanda de 14.076,61GWh tuvo un valor facturado de \$1.091,66 millones de los que se recaudó el 96,47% (\$1.053,09 millones). La distribución de estos rubros se detalla en la gráfica, el sector residencial recibió 5.114GWh por \$471,47 millones; el comercial 2.672GWh por \$209,64 millones; el industrial 4.117GWh por \$268,20 millones; el alumbrado público 812GWh por \$80,08 millones y otros consumos 1.061GWh por \$62,22 millones. El precio medio nacional por facturación de electricidad fue 7,93 ¢\$/kWh; 9,22 ¢\$/kWh para el sector residencial; 7,85 ¢\$/kWh para el comercial y 6,53 ¢\$/kWh para el industrial.

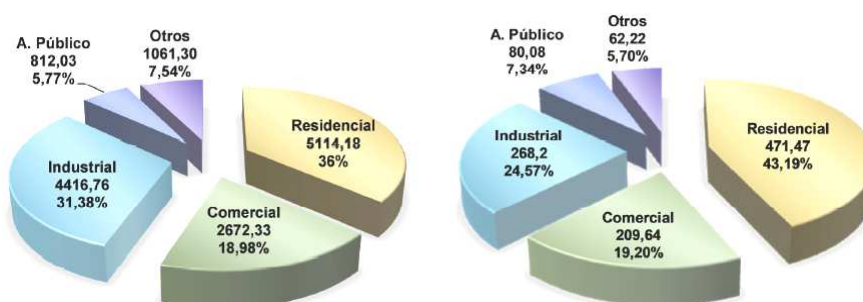


Gráfico 4.7: Facturación de energía eléctrica a clientes finales por tipo de consumo en GWh y millones de dólares, año 2010

En la tabla se detalla la facturación de clientes regulados y no regulados por grupos de consumo.

Tipo de Cliente	Cliente	Tipo de Vendedor	Grupo de Consumo	Energía Facturada (GWh)	Facturación Servicio Eléctrico (Miles USD)	Total Impuestos (Miles USD)	Total Peajes Energía (Miles USD)	Total Peajes Potencia (Miles USD)	Total Facturación (Miles USD)	Precio Medio USD ¢/kWh	
Regulado	Regulado	Distribuidora	Residencial	5.114,18	471.467,42	175.848,77	-	-	647.316,18	9,22	
			Comercial	2.672,01	209.643,69	67.250,13	-	-	276.893,83	7,85	
			Industrial	4.110,20	268.255,10	44.205,46	-	-	312.460,56	6,53	
			A. Público	812,03	80.077,20	-1.023,27	-	-	79.053,93	9,86	
			Otros	1.061,30	62.218,98	13.263,96	-	-	75.482,94	5,86	
Total Regulado				13.769,73	1.091.662,39	299.545,04	-	-	1.391.207,44	7,93	
No Regulado	Consumo Propio	Distribuidora	Autogeneradora	Industrial	260,81	-	465,54	408,16	1.250,20	2.123,90	0,81
			Distribuidora	Comercial	0,881	-	5,78	11,83	1,89	19,50	2,21
			Generadora	Industrial	1,22	-	1,09	2,14	2,40	5,63	0,46
	Total Consumo Propio				262,92	-	472,42	422,13	1.254,49	2.149,03	0,82
	Gran Consumidor	Distribuidora	Autogeneradora	Industrial	29,82	-	5,32	44,37	71,11	120,81	0,41
			Distribuidora	Industrial	1,42	-	6,53	1,60	29,14	37,27	2,63
			Generadora	Industrial	12,41	-	28,08	14,29	9,95	52,33	0,42
	Total Gran Consumidor				43,65	-	39,94	60,26	110,20	210,41	0,48
	Exportación		Distribuidora	Otros	0,32	33,11	-	-	-	33,11	10,41
	Total Exportación				0,32	33,11	-	-	-	33,11	10,41
Total No Regulado				306,88	33,11	512,36	482,39	1.364,69	2.392,55	0,78	
Total general				14.076,61	1.091.695,50	300.057,40	482,39	1.364,69	1.393.633,10	*7,76	
Precio Medio por Servicio Eléctrico (USD ¢/kWh): Facturación Servicio Eléctrico/Energía Facturada											
Precio Medio por Servicio de Transporte de Energía (USD ¢/kWh): Total Facturación/Energía Facturada (Clientes No Regulados)											
* Precio Medio por servicio eléctrico no considera facturación de energía de clientes no regulados (consumos propios y grandes consumidores no presentan información).											

Tabla 4.13: Energía facturada a clientes finales en el sistema de distribución, año 2010

El gráfico detalla los precios medios por área de concesión.

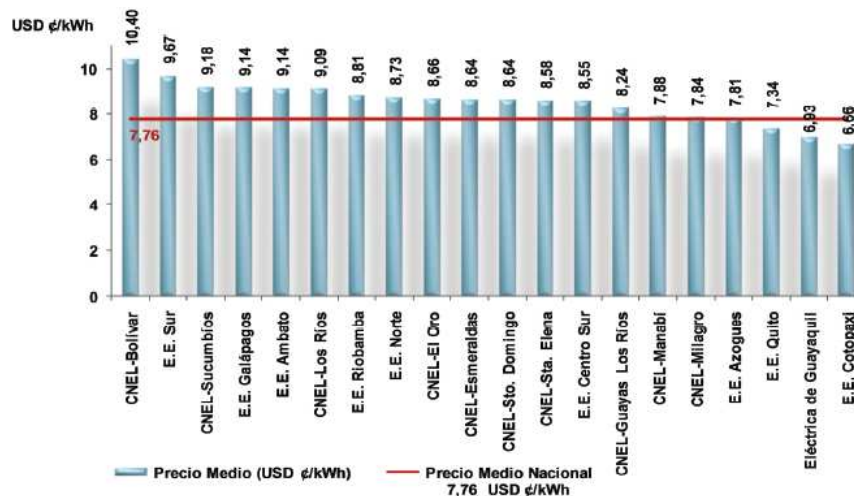


Gráfico 4.8: Precio medio de electricidad a clientes finales por área de concesión, año 2010

En la tabla se presenta el consumo promedio mensual de clientes finales de las distribuidoras clasificados por grupo de consumo, en tomate se resaltan los de mayor consumo y en amarillo los de menor consumo.

Grupo	Empresa	Sector de Consumo					Consumo Promedio General
		Residencial	Comercial	Industrial	A. Público	Otros	
Corporación Nacional de Electricidad CNEL	CNEL-Bolívar	52	254	293	139.728	303	88
	CNEL-EI Oro	113	405	6.324	61.260	1.506	237
	CNEL-Esmeraldas	109	584	8.355	332.790	1.991	254
	CNEL-Guayas Los Ríos	173	905	32.844	48.898	2.459	360
	CNEL-Los Ríos	128	448	4.816	86.348	1.470	214
	CNEL-Manabí	116	806	100.889	9.030.714	3.072	288
	CNEL-Miagro	99	495	68.170	69.678	2.067	295
	CNEL-Sta. Elena	107	627	21.739	186.514	2.960	284
	CNEL-Sto. Domingo	110	353	24.182	2.219.184	1.644	218
	CNEL-Sucumbios	104	354	2.088	866.639	1.005	210
Total CNEL		121	545	18.977	134.797	1.888	289
Empresas Eléctricas	E.E. Ambato	86	274	1.530	128.762	818	175
	E.E. Azogues	72	288	10.189	516.824	389	242
	E.E. Centro Sur	92	380	3.221	150.444	658	204
	E.E. Cotopaxi	67	291	3.830	1.591.892	1.938	297
	E.E. Galápagos	171	675	215	25.908	1.499	308
	E.E. Norte	84	278	3.193	198.848	725	180
	E.E. Quito	151	579	8.387	14.319.041	3.197	338
	E.E. Riobamba	63	213	6.256	2.148.078	521	136
	E.E. Sur	74	293	477	73.888	363	120
	Eléctrica de Guayaquil	193	1.107	42.349	252.720	9.056	587
Total Empresas Eléctricas		129	607	7.088	292.086	1.815	324
TOTAL NACIONAL		128	589	8.303	196.714	1.838	304

Tabla 4.14: Consumo promedio mensual por sector de consumo (kWh/cliente), año 2010

4.2.3.3 Compra y Venta de Energía de los Sistemas de Distribución

Los distribuidores compran la mayor parte de la energía requerida en el MEM y la diferencia a autogeneradoras o distribuidoras vecinas para atender a localidades

lejanas dentro de su área de concesión. En el 2010 las distribuidoras compraron 16.333GWh, el 88,08% (14.386,63GWh) adquirido a través de contratos y el 11,91% (1.946,02GWh) restante en el Mercado Ocasional.

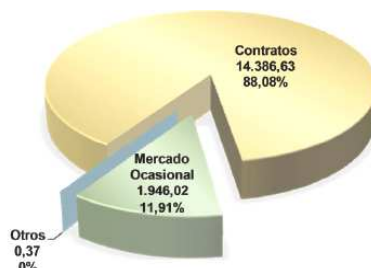


Gráfico 4.9: Compra de energía de las distribuidoras por tipo de transacción en GWh, 2010

La energía comprada en contratos (14.386,63GWh) generó una facturación en millones de \$600,3 por energía; \$11,66 por servicios (potencia, energía reactiva, generación obligada, restricciones, etc.) y \$2,73 por transmisión; con un total de \$642,7 y un precio medio de 4,37 ¢\$/kWh. La energía comprada en el mercado ocasional (1.946,02GWh) provocó una facturación en millones de \$142,46 por energía; \$54,83 por servicios y \$49,12 por transmisión, con un total de \$246,41 y un precio medio de 12,66 ¢\$/kWh. Del total de la energía comprada el 86,48% (14.125,42GWh) fue abastecida por generadoras, las autogeneradoras aportaron el 1,26% (205,08GWh) y entre distribuidoras se dieron transacciones por 56,69GWh (0,35%), en la tabla se muestran estos valores.

Grupo Empresa	Empresa	Energía Comprada (GWh)	Factura Energía (Miles USD)	Servicios (Miles USD)	Transmisión (Miles USD)	Total Facturado (Miles USD)	Precio Medio USD c/kWh	Valor Pagado (Miles USD)	Valor Pagado (%)
Corporación Nacional de Electricidad CNEL	CNEL-Bolivar	64,70	2.959,69	343,59	262,39	3.565,66	5,51	2.484,24	69,67
	CNEL-El Oro	651,32	25.110,23	1.047,54	2.077,40	28.235,18	4,34	0,00	0,00
	CNEL-Esmeraldas	427,16	20.339,82	1.815,66	1.373,54	23.529,01	5,51	1.695,78	7,21
	CNEL-Los Rios	315,96	14.565,24	919,69	1.796,28	17.281,20	5,47	-	-
	CNEL-Manabi	1.281,29	62.206,60	2.402,93	4.044,25	68.653,78	5,36	61.093,80	88,99
	CNEL-Miagto	560,25	26.320,17	932,14	3.121,38	30.373,69	5,42	21.990,99	72,43
	CNEL-Ita. Elena	404,07	19.101,80	1.495,12	1.158,98	21.755,90	5,38	0,00	0,00
	CNEL-Ita. Domingo	403,98	18.164,56	2.681,87	1.311,34	22.157,77	5,48	4.390,84	19,82
	CNEL-Sucumbios	133,51	6.239,74	687,41	454,37	7.381,52	5,53	7.381,52	100,00
	CNEL-Guayas Los Rios	1.394,43	66.913,97	-97,13	7.567,61	74.384,44	5,33	0,00	0,00
Total CNEL		5.838,88	281.921,81	12.228,82	23.187,54	287.318,18	5,27	89.037,18	33,31
Empresas Electricas	E.E. Ambato	450,00	20.151,61	211,59	0,00	20.363,20	4,53	14.378,33	70,61
	E.E. Azoques	93,34	4.476,47	193,00	300,01	4.969,48	5,32	2.694,37	54,22
	E.E. Centro Sur	742,40	34.598,59	2.540,57	4.485,42	41.604,58	5,60	41.786,77	100,44
	E.E. Cotopaxi	312,92	14.262,20	1.014,80	1.823,52	17.100,51	5,46	17.100,51	100,00
	E.E. Galapagos	3,43	440,35	0,00	0,00	440,35	12,82	440,35	100,00
	E.E. Norte	455,74	25.666,65	-2.401,41	1.572,21	24.837,44	5,45	-	-
	E.E. Quito	3.525,28	165.223,79	16.470,04	11.267,41	192.961,23	5,47	149.533,37	77,49
	E.E. Riobamba	288,44	14.282,92	-433,83	951,59	14.800,68	5,51	11.750,17	79,39
	E.E. Sur	252,14	11.954,99	364,11	1.524,88	13.843,98	5,49	11.367,71	82,11
	Electrica de Guayaquil	4.592,66	217.793,26	36.311,60	6.777,68	260.882,53	5,68	131.001,02	50,21
Total Empresas Electricas	10.898,34	508.850,82	54.270,48	28.882,72	591.804,00	5,53	380.052,80	84,22	
TOTAL		16.333,02	770.772,83	66.498,28	51.850,26	889.122,18	5,44	479.089,78	53,88

Agente no presenta información

Servicios: Incluye valores por Energía Reactiva, Inflexibilidades o Generación Obligada, Restricciones, Potencia y Otros.

Tabla 4.15: Compra de energía de las distribuidoras, año 2010

4.2.3.4 Balance de Energía y Pérdidas del Sistema de Distribución

El Balance de Energía en el Sistema de Distribución se refiere al equilibrio entre la energía que recibe el sistema de las empresas distribuidoras y la energía entregada a los usuarios; las pérdidas en distribución constituyen la diferencia entre estos dos rubros. La energía disponible en el sistema de distribución para el 2010 fue de 16.824GWh, las pérdidas fueron 2.747,43GWh equivalentes al 16,33%; 1.499,69GWh (54,59%) corresponden a pérdidas técnicas y 1.247,73GWh (45,41%) a pérdidas no técnicas.

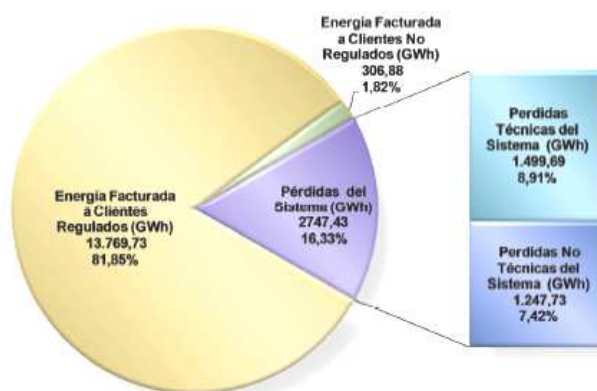


Gráfico 4.10: Participación de la energía disponible en el sistema de distribución, año 2010

La participación de las empresas distribuidoras se detalla en el gráfico.

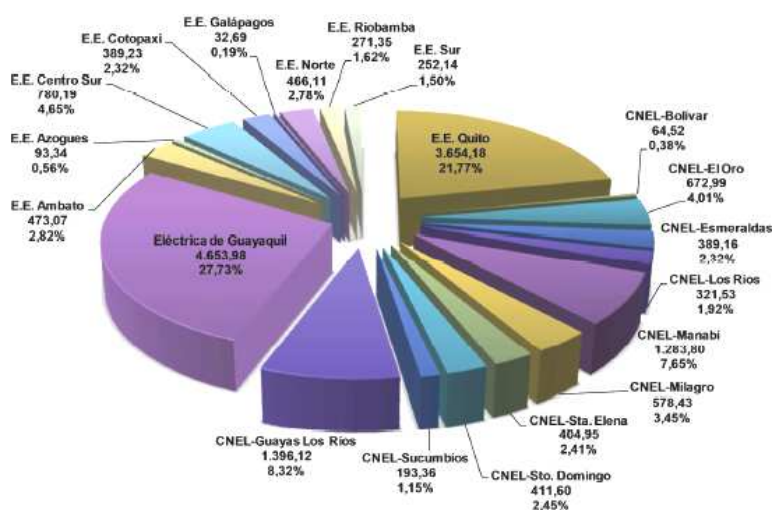


Gráfico 4.11: Energía disponible en los sistemas de distribución en GWh, año 2010

Del total de la energía disponible CNEL tuvo una participación del 34,22% (5.757,76GWh) con un valor de 1.420,61GWh en pérdidas de energía; mientras que las empresas eléctricas tuvieron una participación del 65,78% (11.066,27GWh) con 1.326,82GWh correspondientes a pérdidas de energía, estas cifras se detallan en la tabla.

Grupo Empresa	Distribuidora	Energía Disponible (GWh)	Energía Facturada a Clientes No Regulados (GWh)	Energía Facturada a Clientes Regulados (GWh)	Pérdidas del Sistema (GWh)	Pérdidas del Sistema (%)	Pérdidas Técnicas del Sistema (GWh)	Pérdidas No Técnicas del Sistema (GWh)
Corporación Nacional de Electricidad CNEL	CNEL-Manabi	1.283,80	2,51	834,78	446,51	34,78	171,03	275,48
	CNEL-Los Rios	321,53	-	223,58	97,95	30,46	38,71	59,24
	CNEL-Esmeraldas	430,46	4,02	305,89	120,54	28,00	56,68	63,86
	CNEL-Milagro	578,43	18,06	416,92	143,45	24,80	46,96	96,50
	CNEL-Guayas Los Rios	1.396,13	10,69	1.066,93	318,51	22,81	165,80	152,71
	CNEL-Sucumbios	193,36	-	149,31	44,05	22,78	25,87	18,18
	CNEL-Ei Oro	672,99	-	544,75	128,23	19,05	60,53	67,71
	CNEL-Bolivar	64,52	-	53,77	10,75	16,66	7,84	2,91
	CNEL-Sta. Elena	404,95	0,88	339,75	64,32	15,88	46,10	18,22
CNEL-Sto. Domingo	411,60	7,50	357,81	46,29	11,25	39,64	6,65	
Total CNEL		5.757,76	43,68	4.293,48	1.420,61	24,67	659,14	761,47
Empresas Eléctricas	Eléctrica de Guayaquil	4.653,98	55,90	3.815,86	782,23	16,81	409,02	373,20
	E.E. Riobamba	271,35	-	235,60	35,75	13,17	24,67	11,08
	E.E. Sur	252,14	0,32	220,29	31,53	12,50	25,15	6,38
	E.E. Norte	466,11	10,38	404,53	51,20	10,99	25,41	25,80
	E.E. Galápagos	32,69	-	29,71	2,98	9,13	2,03	0,95
	E.E. Ambato	473,07	2,13	430,58	40,36	8,53	32,83	7,53
	E.E. Cotopaxi	389,23	63,54	293,17	32,51	8,35	21,31	11,20
	E.E. Quito	3.654,18	128,78	3.236,25	289,15	7,91	252,05	37,10
	E.E. Centro Sur	780,19	2,17	721,62	56,40	7,23	45,00	11,40
	E.E. Azogues	93,34	-	88,63	4,71	5,04	3,08	1,62
Total Empresas Eléctricas		11.066,27	263,21	9.476	1.326,82	11,99	840,55	486,26
TOTAL NACIONAL		16.824,04	306,88	13.770	2.747,43	16,33	1.499,69	1.247,73

Tabla 4.16: Balance de energía del sistema de distribución, año 2010

A finales del año 2010, el indicador de pérdidas de energía a nivel nacional se ubicó en 16,33%, con una disminución de 0,98% respecto del año 2009. El desvío a nivel nacional respecto a la meta que plantea el Sistema de Gobernabilidad (SIGOB) que es de 15,2% a diciembre de 2010 es de -1,13%, alcanzando en el grupo de la CNEL -3,87%, y en las empresas eléctricas 0,21%, como se detalla en la tabla. Por su parte el mapa del Ecuador muestra la clasificación de las distribuidoras de acuerdo a su porcentaje de pérdidas, teniendo 7 con valores inferiores al 11% (color verde), 3 con pérdidas entre el 11% y 15% (color amarillo), 4 con valores entre el 15% y 20% (color naranja) y 6 cuyas pérdidas superan el 20% (color tomate).

Grupo	Distribuidora	Energía Disponible (GWh)	Pérdidas de Energía Eléctrica						Meta SIGOB a Dic_10 (%)	Desvío Meta SIGOB a Dic_10 - Dic_10 (%)
			Totales (GWh)	Técnicas (GWh)	No Técnicas (GWh)	Totales (%)	Técnicas (%)	No Técnicas (%)		
Corporación Nacional de Electricidad	CNEL-Manabí	1.283,80	446,51	171,03	275,48	34,78%	13,32%	21,46%	29,0%	-5,78%
	CNEL-Los Ríos	321,53	97,95	38,71	59,24	30,46%	12,04%	18,42%	20,0%	-10,46%
	CNEL-Esmeraldas	430,46	120,54	56,68	63,86	28,00%	13,17%	14,84%	20,0%	-8,00%
	CNEL-Milagro	578,43	143,45	46,96	96,50	24,80%	8,12%	16,68%	20,0%	-4,80%
	CNEL-Sucumbios	193,36	44,05	25,87	18,18	22,78%	13,38%	9,40%	22,0%	-0,78%
	CNEL-Guayas Los	1.396,13	318,51	165,80	152,71	22,81%	11,88%	10,94%	20,0%	-2,81%
	CNEL-El Oro	672,99	128,23	60,53	67,71	19,05%	8,99%	10,06%	15,5%	-3,55%
	CNEL-Bolívar	64,52	10,75	7,84	2,91	16,66%	12,15%	4,52%	14,0%	-2,66%
	CNEL-Sta. Elena	404,95	64,32	46,19	18,13	15,88%	11,41%	4,48%	15,0%	-0,88%
CNEL-Sto. Domingo	411,60	46,29	39,64	6,65	11,25%	9,63%	1,62%	12,0%	0,75%	
Total CNEL	5.757,76	1.420,61	659,23	761,38	24,67%	11,45%	13,22%	20,8%	-3,87%	
Empresas Eléctricas	Eléctrica de Guayaquil	4.653,98	782,23	409,02	373,20	16,81%	8,79%	8,02%	17,0%	0,19%
	E.E. Riobamba	271,35	35,75	24,67	11,08	13,17%	9,09%	4,08%	13,0%	-0,17%
	E.E. Sur	252,14	31,53	25,15	6,38	12,50%	9,97%	2,53%	12,0%	-0,50%
	E.E. Norte	466,11	51,20	25,41	25,80	10,99%	5,45%	5,53%	10,0%	-0,99%
	E.E. Galápagos	32,69	2,98	2,03	0,95	9,13%	6,21%	2,92%	7,0%	-2,13%
	E.E. Ambato	473,07	40,36	32,83	7,53	8,53%	6,94%	1,59%	9,0%	0,47%
	E.E. Cotopaxi	389,23	32,51	21,31	11,20	8,35%	5,48%	2,88%	9,0%	0,65%
	E.E. Quito	3.654,18	289,15	252,05	37,10	7,91%	6,90%	1,02%	8,0%	0,09%
	E.E. Centro Sur	780,19	56,40	45,00	11,40	7,23%	5,77%	1,46%	6,9%	-0,33%
	E.E. Azogues	93,34	4,71	3,08	1,62	5,04%	3,30%	1,74%	5,5%	0,46%
Total Empresas Eléctricas	11.066,27	1.326,82	840,55	486,26	11,99%	7,60%	4,39%	12,2%	0,21%	
Total Nacional	16.824,04	2.747,43	1.499,79	1.247,64	16,33%	8,91%	7,42%	15,2%	-1,13%	

Tabla 4.17: Energía disponible, pérdidas y desvíos respecto a la meta SIGOB en el sistema de distribución, diciembre 2010

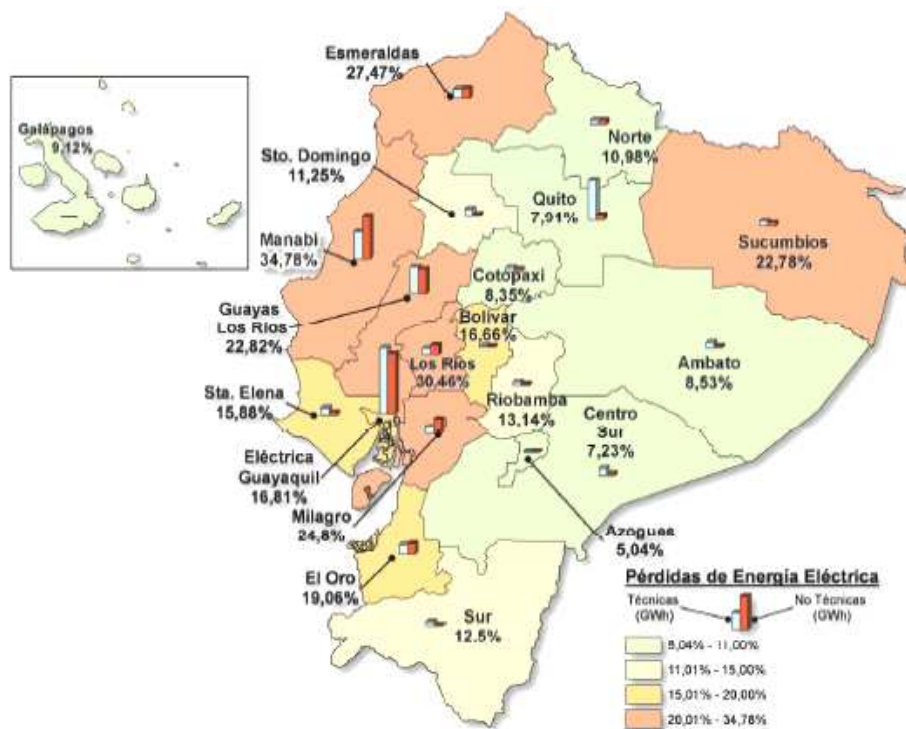


Gráfico 4.12: Pérdidas de energía por distribuidora, año 2010

Es evidente que varias distribuidoras mantienen valores elevados de pérdidas, especialmente No Técnicas, siendo la Eléctrica de Guayaquil la que mantiene el mayor índice de pérdidas seguida por las regionales de CNEL: Manabí, Guayas-Los Ríos, Milagro, El Oro, Esmeraldas y Los Ríos.

4.2.3.5 Características Técnicas de las Distribuidoras

Con el propósito de conocer la infraestructura con la que cuentan las empresas distribuidoras, a continuación mediante el uso de tablas se presenta las características técnicas de dichas empresas, sus recursos humanos y la principal infraestructura eléctrica con la que contaron en el año 2010.

Grupo de Empresa	Empresa	Empleados
Corporación Nacional de Electricidad CNEL	CNEL-Bolívar	213
	CNEL-El Oro	574
	CNEL-Esmeraldas	306
	CNEL-Guayas Los Ríos	814
	CNEL-Los Ríos	269
	CNEL-Manabí	842
	CNEL-Milagro	288
	CNEL-Sta. Elena	327
	CNEL-Sto. Domingo	290
CNEL-Sucumbíos	277	
Total CNEL		4.200
Empresas Eléctricas	E.E. Ambato	298
	E.E. Azogues	132
	E.E. Centro Sur	546
	E.E. Cotopaxi	339
	E.E. Galápagos	70
	E.E. Norte	593
	E.E. Quito	1.572
	E.E. Riobamba	415
	E.E. Sur	494
Eléctrica de Guayaquil	1.662	
Total Empresas Eléctricas		6.121
Total Nacional		10.321

Tabla 4.18: Número de empleados de las distribuidoras, año 2010

Grupo	Empresa	Centrales de Generación			Subestaciones de Distribución (MVA)	Demanda Máxima No Coincidente del Sistema (MW)	Lineas de transmisión y subtransmisión (km)	Redes de Medio Voltaje (km)
		Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)	Cantidad N°				
Corporación Nacional de Electricidad CNEL	CNEL-Bolívar	1,66	1,33	1	23	15	109	745
	CNEL-El Oro	0,27	0,22	2	196	114	259	3.455
	CNEL-Esmeraldas	1,10	0,90	1	144	80	286	2.307
	CNEL-Guayas Los Ríos				283	62	380	1.820
	CNEL-Los Ríos				65	223	98	1.595
	CNEL-Manabí				313	130	722	8.389
	CNEL-Milagro				173	72	231	2.123
	CNEL-Sta. Elena				116	71	184	1.425
	CNEL-Sto. Domingo				107	38	160	4.216
Total CNEL								
		43,64	32,04	7	120	239	153	2.565
		46,66	34,49	11	1.540	1.043	2.582	28.640
Empresas Eléctricas	E.E. Ambato	8,00	6,20	2	195	91	137	4.138
	E.E. Azogues				13	16	27	627
	E.E. Centro Sur	0,50	0,40	1	261	141	274	7.392
	E.E. Cotopaxi	12,19	11,88	5	115	67	116	2.733
	E.E. Galápagos	9,81	7,69	5	14	6	12	174
	E.E. Norte	14,77	14,07	4	156	87	243	4.846
	E.E. Quito	140,37	136,05	8	1.456	647	268	7.113
	E.E. Riobamba	16,34	15,30	4	116	52	155	3.181
	E.E. Sur	16,31	14,40	2	110	51	554	6.644
Eléctrica de Guayaquil	236,07	212,00	3	1.050	783	229	1.142	
Total Empresas Eléctricas								
		454,37	417,99	34	3.485	1.940	2.014	37.990
TOTAL NACIONAL		501,03	452,48	45	5.025	2.984	4.596	66.630
Empresa no presenta información								

Grupo	Empresa	Transformadores de Distribución			Redes de Bajo Voltaje (km)	Luminarias		Acometidas (#)	Medidores (#)
		Monofásico (#)	Trifásico (#)	Total (MVA)		Cantidad (#)	Potencia (kW)		
Corporación Nacional de Electricidad CNEL	CNEL-Bolívar				15.667	10.478	2.427	52.410	52.044
	CNEL-El Oro	7.638	1.271	283	49.824	62.454	11.069	193.075	186.158
	CNEL-Esmeraldas	4.320	581	167	16.716	25.731	5.188	101.239	92.386
	CNEL-Guayas Los Ríos	15.760	1.163	417	85.297	49.548	10.249	257.071	235.463
	CNEL-Los Ríos	5.123	318	130	18.346	13.548	3.053	88.245	88.245
	CNEL-Manabí	19.839	454	547	166.760	92.220	21.060	255.229	247.519
	CNEL-Morona	6.239	286	164	11.469	31.476	5.769	126.088	126.088
	CNEL-Sta. Elena	5.201	134	165	17.007	28.673	4.839	101.851	101.851
	CNEL-Sto. Domingo	10.458	550	219	18.099	33.340	4.689	115.549	143.683
CNEL-Sucumbios	3.307	408	87	28.411	18.438	2.344	62.380	61.318	
Total CNEL	77.885	5.165	2.181	407.597	365.913	70.884	1.353.137	1.334.754	
Empresas Eléctricas	E.E. Ambato	9.207	1.715	259	72.862	51.015	7.778	211.144	211.144
	E.E. Azogues	1.172	150	27	12.765	9.979	1.459	30.796	30.797
	E.E. Centro Sur	12.472	2.952	445	118.223	78.537	12.951	246.412	299.507
	E.E. Cotopaxi	4.303	624	108	50.464	27.714	4.116	101.346	101.544
	E.E. Galapagos	352	88	13	2.478	2.234	248	6.777	8.264
	E.E. Norte	10.849	1.989	318	60.215	60.433	7.591	137.215	195.110
	E.E. Quito	19.039	13.284	2.041	76.420	198.911	29.374	418.078	849.329
	E.E. Riobamba	7.788	497	153	59.782	25.199	3.617	140.604	145.638
	E.E. Sur	11.463	405	172	43.544	39.164	4.797	111.058	155.238
Eléctrica de Guayaquil	23.039	915	1.491	35.750	134.583	20.789	498.061	571.964	
Total Empresas Eléctricas	99.684	22.599	5.027	532.504	627.789	92.700	1.901.491	2.568.531	
TOTAL NACIONAL	177.569	27.764	7.207	940.101,27	993.682	163.584	3.254.628	3.903.285	
Empresa no presenta información									

Tabla 4.19: Principales características técnicas de las distribuidoras, año 2010

En base a las estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano se aprecia que el 6,65% de las viviendas del país no disponen de servicio eléctrico a pesar de que la cantidad de clientes finales de las distribuidoras se incrementó en 5,48% ocasionando un aumento de la demanda del 6,5% y un 6,82% de crecimiento en la generación eléctrica por acción de las favorables condiciones hidrológicas y el ingreso de nuevas centrales, hecho que permitió disminuir la importación de energía en el 22,09% reduciendo así la dependencia energética internacional.

La generación eléctrica en su mayor parte proviene de fuentes de energía no renovables (54,38%), siendo las centrales termoeléctricas las que cubren el 53,43% de la potencia efectiva, estas centrales ocupan como fuente primaria derivados del petróleo ocasionando dependencia energética del petróleo, altos niveles de contaminación y un elevado costo de la electricidad.

La transmisión es llevada a cabo por una empresa pública que cuenta con 37 subestaciones, las mismas que tienen un bajo nivel de automatización y monitoreo con pérdidas equivalentes al 3,26%; los niveles de voltaje de transmisión son de 230kV en líneas con una longitud de 1.722,46km y 138kV en líneas con una longitud de 1.882,54km, teniendo una longitud total de 3.605km.

En el 2010 las empresas distribuidoras llegaron a casi 4 millones de clientes cuyo consumo promedio mensual a nivel nacional fue de 126kWh en el sector residencial, 589kWh a nivel comercial y 8.303kWh en el sector industrial, estos consumos ocasionaron un precio medio por facturación de energía eléctrica para clientes regulados de 9,22 ¢\$/kWh para el sector residencial; 7,85 ¢\$/kWh para el comercial y 6,53 ¢\$/kWh para la industria. La energía disponible en el sistema de distribución fue de 16.824GWh, las pérdidas de energía fueron de 2.747,43GWh equivalentes al 16,33%, de las cuales el 54,59% corresponden a pérdidas técnicas y el 45,41% a pérdidas no técnicas.

Las cifras planteadas reflejan que el Sistema Eléctrico Ecuatoriano presenta problemas que deben superarse y constituyen un reto que la implementación de las Redes Inteligentes podría superar, es necesario que la cobertura eléctrica se acerque al 100% sin que este hecho incremente la dependencia de los derivados del petróleo en la generación eléctrica o la necesidad de importar energía de países vecinos; por otro lado el costo de la electricidad y los niveles de contaminación pueden reducirse al modificar la matriz energética y priorizar las fuentes de energía renovables a nivel centralizado y distribuido para cubrir la creciente demanda energética; finalmente el sistema de distribución presenta un alto nivel de pérdidas técnicas y no técnicas que hacen notorio el hecho de que este sistema no tiene el suficiente control y necesita modernización e inteligencia.

4.3 PROYECTOS RELACIONADOS CON REDES INTELIGENTES EN ECUADOR ^[73]

El actual modelo energético del Ecuador, es contaminante, ineficiente, basado en el uso intensivo de fuentes de generación no renovables y derivados del petróleo y socialmente injusto; al ritmo de consumo actual es muy probable que las reservas de petróleo se agoten en 30 años, el gas en 80 y el carbón en 200. En base a esta realidad la nueva Constitución del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir; en tal sentido el estado promueve, en el

sector público y privado, el uso de tecnologías no contaminantes y de bajo impacto, en pro de crear un modelo energético sostenible, descentralizado, bajo en emisiones, equitativo y con uso intensivo de fuentes de energía limpias; en virtud a ello se ejecutan proyectos que sirven como base para el desarrollo e implementación de las Redes Inteligentes en el Ecuador.

4.3.1 CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA ^[27]

La Matriz Energética (ME) es un sistema de información que muestra la situación energética del Ecuador, cuantifica la existencia, oferta y demanda de los recursos energéticos revelando el potencial exportador y el grado de dependencia energética; la ME proyecta la situación futura constituyendo una herramienta para la toma de decisiones que conviertan al Ecuador en un país autosuficiente, sustentable y soberano en materia energética ya que se espera que para el 2020 la generación hidráulica tenga un participación mayor al 90% y reduzca con ello de forma evidente la generación térmica y las importaciones de energía.

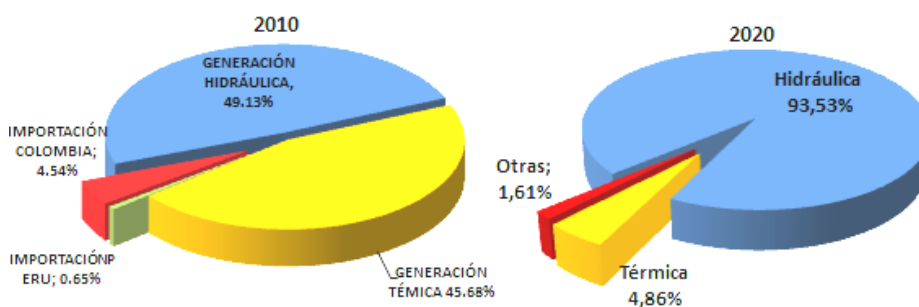


Gráfico 4.13: Comparación del cambio de la matriz energética, año 2010 (izq) y proyección al año 2020 (der)

Como una de las principales iniciativas para cambiar el panorama energético del país, el MEER desarrolló Políticas y Estrategias para el Cambio de la Matriz Energética del Ecuador, hecho que constituye la base para establecer un nuevo modelo energético; las políticas y estrategias se detallan a continuación:

- Desarrollo de los Recursos Energéticos Nacionales, con el propósito de diversificar la oferta energética nacional con fuentes propias; en virtud a ello existen varios proyectos hidroeléctricos en marcha, los mismos que aportarán alrededor de 26.000GWh/año duplicando la capacidad actual.
- Control de la Demanda y Uso Eficiente de la Energía, actualmente se ha dado paso a una dinámica de uso racional y eficiente de la energía a nivel de todos los sectores de consumo, implementando oportunidades de ahorro sin afectar el confort y calidad de vida de los usuarios.
- Introducir Vehículos Híbridos, dado que el transporte consume más del 50% de la energía y es el principal usuario de combustibles fósiles con la consecuente contaminación ambiental; se pretende reemplazar alrededor del 20% de los autos convencionales por híbridos, reduciendo el uso de combustibles en un 12%.
- Uso de Biocombustibles y Gas Natural en la Transportación, ya que al usar combustibles de origen vegetal se reduce el uso de combustibles fósiles.
- Uso de Energía Solar en Aplicaciones Térmicas, el calentamiento de agua y calefacción pueden ser atendidos en forma eficiente con el uso de paneles solares, reduciendo alrededor del 20% del consumo de energía.
- Ampliar la Capacidad de Refinación, la construcción de la refinería de Manabí permitirá la producción de 169 millones de barriles de derivados, que cubren la demanda local e incluso pueden ser exportados.
- Generación Térmica Eficiente, es importante contar con una reserva térmica que funcione ante eventualidades; por ello es necesario buscar su eficiencia reemplazando unidades obsoletas y aprovechando el uso de gas natural y aceites vegetales para la generación eléctrica.
- Responsabilidad Socio Ambiental, los proyectos en curso deben velar por el bienestar de la población y la conservación del entorno natural.
- Reducción de Costos y Seguridad de Abastecimiento, la energía es un recurso básico para el desarrollo y su precio es un factor decisivo en la competitividad; en este sentido se intenta convertirlo en un factor de inclusión social y redistribución de la riqueza del país.

4.3.2 GENERACIÓN ELÉCTRICA Y USO DE ENERGÍAS RENOVABLES ^[73]

Desde hace más de dos décadas la falta de inversión y la crisis del sector eléctrico frenaron el crecimiento de la oferta convirtiendo al desabastecimiento y sus graves efectos sobre la economía del país en una realidad recurrente; tal situación ha puesto en peligro el suministro de energía eléctrica, impidiendo la reducción natural de las tarifas y obligando al estado a crear subsidios directos e indirectos y ocasionando que la generación mantenga un alto componente termoeléctrico y una dependencia de la energía importada de Colombia a pesar de la gran disponibilidad de recursos hídricos del país. Para dar respuesta a esta problemática el Gobierno Nacional pretende revertir esta condición al construir grandes, medianos y pequeños proyectos hidroeléctricos, instalar generación térmica eficiente y el aprovechamiento de fuentes de energía renovable; garantizando el abastecimiento de la demanda futura, creando mejores condiciones de vida para la población y apoyando la competitividad productiva.

4.3.2.1 Grandes Proyectos de Generación Hidroeléctrica

El potencial hídrico estimado del país es de 15.000m³/s, dado que este no ha sido aprovechado el MEER busca fórmulas e incentivos a fin de lograr que el potencial hidroeléctrico supere los 90GW, la tabla resume y describe los principales proyectos impulsados por el MEER que están en proceso de ejecución.

Proyecto	Potencia (MW)	Energía (GWh/año)	Emisiones de CO ₂ evitadas (tonel CO ₂ /año)	Fecha de Operación
Coca Codo Sinclair	1.500	8.743,0	4'400.000	Enero 2016
Sopladora	487	2.800,0	1'560.000	Diciembre 2014
Minas San Francisco	275	1.290,0	700.000	Diciembre 2015
Toachi Pilatón	253	1.120,0	600.000	Enero 2015
Delsitanisagua	115	904,0	500.000	Diciembre 2015
Quijos	50	355,0	200.000	Diciembre 2015
Mazar Dudas	21	125,4	70.000	Diciembre 2013
TOTAL	2.701	15.337,4	8'030.000	

Tabla 4.20: Grandes proyectos de generación hidroeléctrica

4.3.2.2 Proyectos de Generación a través de Energía Solar

Ecuador tiene variadas características topográficas, diversidad climática y condiciones únicas que generan un elevado potencial de energías renovables. El diseño de políticas, estrategias e incentivos para el uso de energías limpias, se fundamenta en su cuantificación y disponibilidad, la necesidad de contar con un documento técnico que cumpla estas exigencias para impulsar su uso motivó al CONELEC a publicar en agosto de 2008, el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”. Se estima que en el país se han instalado 2.000 sistemas fotovoltaicos principalmente en la Región Amazónica, en los últimos años gracias a los recursos del FERUM se han instalado aproximadamente 450 sistemas fotovoltaicos unifamiliares en las provincias de Sucumbíos, Loja y Zamora Chinchipe, estos y otros proyectos se detallan a continuación:

Proyecto Fotovoltaico	Financiamiento	Potencia (MW)	Energía (GWh/año)	Emisiones de CO ₂ evitadas (tonel CO ₂ /año)	Año de Operación
Isla Santa Cruz	Corea y GN	1,5	1,90	1.360	2013
Isla Baltra	Japón y GN	0,2	0,85	850	2014
TOTAL		1,7	2,75	2.210	

Tabla 4.21: Proyectos fotovoltaicos de generación eléctrica

- El proyecto Calentadores de Agua, dotará de 10.905 sistemas solares térmicos para beneficiar a 49.073 usuarios, al calentar agua sanitaria en viviendas del MIDUVI, reduciendo 0,725 toneladas de CO₂/año por familia.
- El proyecto Yantsa ii Etsari (Luz de Nuestro Sol en Shuar) en su primera etapa benefició a 850 familias nativas al instalar sistemas fotovoltaicos en sus comunidades, el proyecto contempla 2.500 sistemas para dotar de electricidad a familias dispersas en 95 comunidades en Morona Santiago.
- El programa EUROSOLAR impulsado por el MEER y la UE beneficiará a 91 comunidades rurales mediante un kit que incluye 7 paneles fotovoltaicos de 160W, 1 regulador, 2 inversores y un banco de baterías de 1000A/h; tendrá conexión a internet y telefonía IP y para la salud incluye una nevera

para preservar medicinas y un purificador de agua; fomentando la educación y el desarrollo social de la comunidad sin descuidar su salud.

4.3.2.3 Proyectos de Generación a través de Energía Eólica

Las zonas localizadas geográficamente sobre la línea ecuatorial no son ricas en vientos, a pesar de ello Ecuador tiene zonas de alto interés eólico gracias a los Andes y la cercanía al Océano Pacífico; el MEER está desarrollando el Atlas Eólico del Ecuador con fines de Generación Eléctrica, se pueden citar sitios de alto potencial eólico para la generación de electricidad de acuerdo a la tabla:

Provincia	Localidad
Carchi	El Ángel
Imbabura	Salinas
Pichincha	Machachi, Makhingui,
	Páramo Grande
Cotopaxi	Mintrac, Tigua
Chimborazo	Chimborazo, Txán, Altar
Bolívar	Salinas, Simiatug
Azuay	Huascachaca
Loja	Saraquro, El Tablón, Manú
	Villonaco, Membrillo,
	Chinchas
Galápagos	San Cristóbal

Tabla 4.22: Localidades con posible interés para generación de electricidad con viento

Los proyectos eólicos de mayor importancia son:

- La Central Eólica Galápagos en la Isla de San Cristóbal de 2,4MW cuenta con una energía media de 3,20GWh/año; el proyecto desarrollado en el 2007 se financió en un 80% por capital extranjero, mientras que el 20% por Elecgalápagos y el Municipio de San Cristóbal.
- El proyecto eólico Villonaco en Loja de 16,5MW aportará 59GWh/año de energía, los mismos que permitirán una reducción de 38.000 toneladas de CO₂ al año y se pondrá en marcha a fines del 2012.

4.3.2.4 Proyectos de Generación a través de Biomasa

El potencial de biomasa en el Ecuador es de gran importancia por ser un país agrícola y ganadero, actividades que generan gran cantidad de desechos que pueden ser aprovechados energéticamente; la leña y bagazo ocupan un lugar importante en la energía primaria y se puede utilizar otros recursos como: desechos sólidos urbanos, desechos de tipo animal, carbón vegetal, etc. Los proyectos de generación eléctrica a través de biomasa son:

- La empresa San Carlos tiene una central a vapor de 35MW que usa bagazo de caña para la generación eléctrica a partir de enero del 2005.
- La empresa Ecoelectric tiene una central a vapor de 36,5MW que usa bagazo de caña del Ingenio Valdez, inició operaciones en junio del 2005 con 6MW y en el 2007 incrementó su potencia a 36,5MW.
- La empresa Ecudos tiene una planta a vapor de 29,8 MW que utiliza bagazo de caña de La Troncal Cañar, opera desde julio del 2005 con 13MW y desde julio de 2006 con 29,8 MW.

4.3.2.5 Proyectos de Generación a través de Recursos Geotérmicos

El carácter vulcanológico de Ecuador hace que disponga de un gran potencial geotérmico, esto se evidencia por la gran cantidad de fuentes termales de la superficie del territorio ecuatoriano (alrededor de 180). Los estudios geotérmicos realizados han identificado 17 sitios con fines de generación eléctrica, en Tufiño-Chiles, Chachimbiro y Chalupas se ha cuantificado una potencia instalable de 534 MW, la tabla muestra las principales zonas geotermales del Ecuador.

ZONA GEOTÉRMICA	PROVINCIA	CARACTERIZACIÓN
Tufiño	Carchi	Recurso de alta y baja temperatura
Chalpetán	Carchi	Recurso de alta y/o baja temperatura
Iguen	Carchi	Recurso de alta y/o baja temperatura
Chachimbiro	Imbabura	Recurso de alta y baja temperatura
Cuicocha	Imbabura	Recurso de alta y baja temperatura
Imbabura	Imbabura	Recurso de alta y/o baja temperatura
Cayambe	Pichincha	Recurso de alta y/o baja temperatura
Mojanda	Pichincha	Recurso de alta y baja temperatura
Pululahua	Pichincha	Recurso de alta y baja temperatura
Valle de los Chillos	Pichincha	Recurso de media y/o baja temperatura
Papallacta	Napo	Recurso de alta y baja temperatura
Chalupas	Napo/Cotopaxi	Recurso de alta y baja temperatura
Tungurahua	Tungurahua	Recurso de baja temperatura
Chimborazo	Chimborazo	Recurso de media y/o baja temperatura
Salinas	Bolívar	Recurso de baja temperatura
San Vicente	Guayas	Recurso de baja temperatura
Cuenca	Azuay	Recurso de media y/o baja temperatura

Tabla 4.23: Principales zonas geotérmicas de interés energético

El CONELEC realizó a través de una consultoría especializada, el estudio sobre el Proyecto Geotérmico Chalupas y Resumen de Otras Áreas Geotérmicas en el Ecuador, extrayendo las siguientes conclusiones:

- El proyecto Chalupas basado en el modelo propuesto por INECEL en 1983 se caracteriza por una gran fuente de calor superficial, con un potencial de 283MW; actualmente está en fase de prefactibilidad hasta ubicar el tope del reservorio y demostrar la existencia y posibilidad de explotación.
- El proyecto Geotérmico Binacional Tufiño-Chiles-Cerro Negro de la zona volcánica de 5000 hectáreas entre las fronteras de Colombia y Ecuador, está en estudios para delimitar el área de interés y otras investigaciones.
- La Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) en convenio con la Corporación para la Investigación Energética (CIE) se encuentra estudiando el proyecto geotérmico Chachimbiro en Imbabura.

Ecuador es un país con grandes recursos renovables para la generación eléctrica, el desarrollo de las Redes Inteligentes permitirá que este gran potencial pueda ser aprovechado aportando al cambio de la matriz energética del país como se muestran en la tabla.

Fuente del recurso renovable	Aplicación	Sector
Energía solar fotovoltaica	Paneles solares generadores de electricidad para bombeo, telecomunicaciones, control, iluminación, iluminación pública, refrigeración. De baja y alta potencia.	Rural y urbano. Se debe en cada caso específico hacer un estudio de factibilidad y eficiencia.
Energía solar térmica	De baja temperatura (<80°). Secado indirecto, desalinización de agua y calentamiento de agua. De alta temperatura (>80°). Se usan mediante concentradores para generación eléctrica (motores stirling) y calentamiento de agua de uso industrial. Climatización en vivienda y edificaciones.	Rural y urbano. Con aplicaciones específicas para cada caso.
Biomasa	Tratamiento de desechos sólidos urbanos con fines energéticos. Tratamiento de desechos de animal. Biodigestores. Pirólisis de la madera. Hornos mejorados para producción de carbón vegetal. Fogón mejorado para cocina doméstica. Ladrilleras.	Rural y urbano.
Hidroelectricidad	Promoción y desarrollo de grandes (>50 MW) y medianas centrales (5-50 MW) de generación hidroeléctrica, así como de pequeñas centrales (500-5000 kW), minicentrales (50-500 kW), microcentrales (5-50 kW) y picocentrales (<5 kW).	Nacional y rural.
Geotermia	Ejecución de estudios y construcción de los tres grandes proyectos que suman 534 MW y estudios de las 17 zonas geotermales de interés.	Nacional.
Eólica	Aerogeneradores (molinos de viento) a velocidades altas (>5 m/s) con fines de producción de energía eléctrica de baja, media y alta potencia. Aerogeneradores (molinos de viento) a bajas velocidades para bombear agua (>2 m/s).	Nacional y rural.
Mareomotriz	Producción de energía eléctrica utilizando la energía de las olas y el desnivel del nivel del mar producido por las mareas. Hay potencial en el país y existen en el mundo aprovechamientos de hasta 2.000 MW	Nacional y local (sitios cercanos a la costa)

Tabla 4.24: Resumen de soluciones energéticas con recursos renovables

4.3.2.6 Proyectos Termoeléctricos con Energías Limpias

El proyecto termoeléctrico basado en energías limpias de mayor importancia es el Proyecto Piñón desarrollado en la Isla Floreana en Galápagos, este consiste en producir aceite de piñón para sustituir al diesel en la generación eléctrica, beneficiará a más de 30 familias al instalar 2 grupos generadores de 138kW de potencia nominal con lo cual la isla tendrá un sistema híbrido de generación eléctrica renovable gracias a los paneles fotovoltaicos antes instalados.

4.3.3 AMPLIACIÓN DEL S.N.T. Y UTILIZACIÓN DE PMU'S ^[25]

Es necesario que al aparecer nuevas condiciones en la oferta de energía y lograr un crecimiento sostenido de la demanda, se refuerce el Sistema Nacional de

Transmisión; en tal contexto se plantea la incorporación de importantes proyectos como el sistema de transmisión de 500kV y otros de cobertura regional, logrando que el S.N.T. adquiera una nueva estructura con mayores niveles de calidad y confiabilidad superando las sobrecargas y limitaciones de transporte de energía.

Las líneas de transmisión del S.N.T. cada vez trabajan más cerca de su capacidad máxima, el incremento en la diferencia angular entre dos puntos de las líneas de transmisión podría generar problemas de inestabilidad; el uso de Unidades de Medición Fasorial (PMU) ofrece nuevas posibilidades para la supervisión, protección, análisis y control de sistemas eléctricos. La PMU es una de las más importantes tecnologías de medición en la actualidad, posee la habilidad de mostrar datos análogos de voltaje y corriente sincronizados con un GPS y calcular el correspondiente fasor para cualquier punto de la red eléctrica.

El uso de PMUs permitirá prevenir algunos casos de inestabilidad, que podrían conllevar a un corte de energía total o parcial; por esta razón el CENACE se encuentra instalando PMUs en varias subestaciones del S.N.I. en base a un contrato con la empresa PSYMETRIX de Escocia; las dos primeras unidades se instalaron en las subestaciones Pomasqui y Molino, restando la instalación de éstas en las subestaciones Pascuales, Quevedo y Totoras; una vez culminada la instalación se podrá monitorear la estabilidad oscilatoria y de voltaje en tiempo real ya que se obtiene hasta 60 mediciones por segundo de las PMUs.

4.3.4 SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA (SIGDE) ^[73]

La preocupación mundial en el sector energético es el riesgo de la sostenibilidad de los recursos existentes, la sociedad cada vez demanda más energía por el confort y comodidad que esta brinda, siendo necesario optimizar el uso de los recursos para lograr Eficiencia Energética. En Ecuador las Empresas de Distribución se encuentran en un momento crítico que les obliga a ser más

eficientes y replantear su forma de actuar implantando un modelo de gestión, operado bajo una sólida estructura organizacional, con la tecnología adecuada y el recurso humano competente y comprometido.

El MEER es el principal accionista de la mayoría de empresas de distribución del país, en virtud a ello creó el proyecto SIGDE en el cual las distribuidoras se comprometen a trabajar en forma conjunta para mejorar y fortalecer su gestión, incrementar la eficiencia implantando en forma sistemática y organizada un modelo de gestión que priorice la homologación de: procesos, procedimientos, semántica, modelo de información común (CIM), estructuras, sistemas y tecnología; aprovechando las mejores prácticas de cada empresa y el talento de sus trabajadores; facilitando la toma de decisiones gracias a la consistencia, integridad y disponibilidad de la información que generen sus sistemas de gestión.

El propósito del proyecto SIGDE es fortalecer la gestión de las empresas distribuidoras en: Gestión de Clientes, Planificación, Recursos Empresariales, Gestión de Activos, Construcción, Mantenimiento y Operación; se sustenta en estándares de la industria eléctrica y de comunicaciones con lo cual pretende responder a un nuevo concepto de funcionamiento de la Red Eléctrica y a una nueva forma de gestión basada en la interoperabilidad de los sistemas; logrando que las empresas perciban un cambio en la gestión y administración de la red eléctrica mejorando la calidad de servicio y logrando eficiencia operativa y energética enmarcada en la sustentabilidad social, económica y ambiental.

El MEER lidera el proyecto SIGDE, el mismo que se basa en el trabajo participativo de todas las Empresas de Distribución mediante la conformación de comités y comisiones de trabajo integradas por equipos de expertos en diferentes campos, relacionados con la actividad de las empresas. El proyecto SIGDE es de carácter multianual y se plantea un tiempo de duración de 5 años entre el 2011 y el 2015 a fin de beneficiar a todos los usuarios del sector eléctrico al brindar un servicio de calidad, confiable y continuo, mejorando la gestión al cliente a la vez que optimiza los recursos humanos y económicos; en el año 2011 se avanzó el

11,8% del proyecto cumpliendo el 90% de la meta establecida para este año, los avances del proyecto en cada empresa de distribución se muestran en la tabla.

Grupo	Empresa	Meta Clientes en SIG Homologado	Clientes Georeferenciados (#)	Clientes Georeferenciados (%)	Fortalecimiento Comercial Etapa 1 (%)	Fortalecimiento Comercial Etapa 2 (%)	Contratación SCADA/OMS/DMS (%)
CNEI	CNEI-Bolívar	16,000	1,420	8.9%	0.0%	60.0%	n.a.
	CNEI-El Oro	100,000	68,979	69.0%	100.0%	60.0%	n.a.
	CNEI-Esmeraldas	62,000	22,000	35.5%	100.0%	60.0%	n.a.
	CNEI-Guayas Los Ríos	110,000	80,000	72.7%	100.0%	60.0%	60.0%
	CNEI-Los Ríos	50,000	13,000	26.0%	100.0%	60.0%	n.a.
	CNEI-Manabí	140,000	42,254	30.2%	100.0%	60.0%	n.a.
	CNEI-Milagro	50,000	62,689	125.4%	100.0%	60.0%	n.a.
	CNEI-Sta. Elena	50,000	44,739	89.5%	10.0%	60.0%	n.a.
	CNEI-Sto. Domingo	63,000	46,000	73.0%	n.a.	60.0%	n.a.
CNEI-Sucumbios	19,000	2,000	10.5%	10.0%	60.0%	n.a.	
Total CNEI		660,000	363,081	55.0%	70.1%	60.0%	60.0%
Otras Empresas	E.E. Ambato	-	-	n.a.	n.a.	60.0%	60.0%
	E.E. Azuay	30,000	11,180	37.3%	100.0%	60.0%	60.0%
	E.E. Centro Sur	-	-	n.a.	100.0%	60.0%	60.0%
	E.E. Cotacachi	60,000	10,000	16.7%	n.a.	60.0%	n.a.
	E.E. Galápagos	-	-	n.a.	100.0%	60.0%	n.a.
	E.E. Norte	50,000	-	0.0%	100.0%	60.0%	n.a.
	E.E. Quito	-	-	n.a.	100.0%	60.0%	60.0%
	E.E. Riobamba	50,000	-	0.0%	0.0%	60.0%	n.a.
	E.E. Sur	50,000	25,000	50.0%	20.0%	60.0%	60.0%
Eléctrica de Guayaquil	-	-	n.a.	100.0%	60.0%	n.a.	
Total Otras Empresas		240,000	46,180	19.2%	87.1%	60.0%	60.0%
Total general		900,000	409,261	45.5%	78.2%	60.0%	60.0%

Tabla 4.25: Avances del proyecto SIGDE por empresa distribuidora, año 2011

En la página web del MEER (<http://www.mer.gob.ec/>) como parte del proyecto SIGDE se encuentra el catálogo digital de las Unidades de Propiedad (UP) de las Redes de Distribución de Energía Eléctrica en el cual se detalla la estandarización y homologación de materiales y equipos, la identificación y codificación de las unidades de propiedad UP y el montaje de las unidades de construcción.

4.3.5 PLAN DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (PLANREP) ^[73]

El Plan de Reducción de Pérdidas de Energía Eléctrica (PLANREP) es un conjunto de programas y proyectos que se ejecutan en las empresas eléctricas de distribución del país a fin de reducir las pérdidas de energía eléctrica en los sistemas de distribución y lograr la meta del Plan Nacional del Buen Vivir, que es disminuir a 11% las pérdidas en distribución para el 2013.

Entre las principales estrategias consideradas en el PLANREP están:

- Mejorar la topología de las redes de distribución, incrementar el número de fases y el calibre de los conductores, emplear equipos eficientes, etc.
- Instalación de nuevas redes secundarias y cambio de las actuales, utilizando cables aislados (pre ensamblados) que le den mayor seguridad.
- Instalación masiva de medidores a clientes con instalaciones directas por consumos convenidos o clandestinos, incluir medición remota.
- Normalización de acometidas ilegales.
- Instalación de sistemas comerciales más robustos y menos vulnerables.
- Levantamiento georeferenciado de la infraestructura de las redes eléctricas
- Socialización de los peligros de las infracciones eléctricas y las ventajas del servicio legal de energía eléctrica.
- Campañas informativas para mejorar la cultura de pago de la ciudadanía.

Debido a la continua gestión que el MEER y las Empresas Eléctricas realizan, el porcentaje de pérdidas de energía en distribución a nivel nacional está disminuyendo, es así que referido al 2006 donde se tenía pérdidas del 22,5%; en diciembre del 2010 se alcanzó el 16,33% de pérdidas y en marzo del 2011 el 15,77%; indicador que se mantiene con tendencia a la baja evidenciando la disminución de esta problemática y por consiguiente mejorando los ingresos de las distribuidoras por venta de energía. Se estima que por cada punto porcentual de reducción, se ahorran 20 millones de dólares.

4.3.6 PROGRAMA DE ENERGIZACIÓN RURAL Y ELECTRIFICACIÓN URBANO-MARGINAL (FERUM) ^[73]

El FERUM se encarga de ejecutar proyectos a fin de mejorar las condiciones de vida de la población rural y urbano-marginal, reducir la exclusión social en las regiones del país que presentan los índices más bajos de cobertura eléctrica, al dotarles de electricidad y así incentivar las actividades productivas, contribuir a

crear condiciones propicias para mejorar los sistemas de educación, salud y bienestar; que contribuyan al desarrollo integral: personal, familiar y comunitario.

En el 2010 el MEER entregó 114,45 millones de dólares para la ejecución de 1958 proyectos que beneficiaron a 193 mil viviendas; en el 2011 se benefició a alrededor de 20 mil viviendas con el servicio de energía eléctrica; mientras que en el 2012 se pretende beneficiar a aproximadamente 184 mil viviendas.

4.3.7 PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ^[73]

Dentro de las políticas establecidas por el MEER consta la implementación de tecnologías de uso eficiente de la energía y la promoción para el uso racional de la electricidad en la población, siendo necesario que el sector productivo y de servicios se involucre en ello a fin de alcanzar niveles más altos de eficiencia y competitividad. Para lograr este propósito el MEER ha decidido emprender estrategias de Eficiencia Energética, en tal sentido ha ejecutado y se mantienen ejecutando varios proyectos entre los que se destacan:

- Concientizar a la población sobre el uso racional de la energía, mediante campañas de comunicación que se orienten a las características de cada grupo poblacional y consideren estrategias diferenciadas orientadas a modificar los hábitos de consumo e incorporar tecnologías eficientes.
- A partir del año 2008 se ejecutó el programa para reemplazar en forma gratuita 16 millones de focos incandescentes por focos ahorradores compactos, con el propósito de reducir el consumo de energía eléctrica ahorrando alrededor de \$104 millones anuales (cada foco sustituido reduce el consumo en 146kWh/año y ahorra \$6,5). Los primeros 6 millones de focos se importaron de China en el 2008, el segundo cargamento de 5,5 millones fue donado por el Gobierno de Venezuela en el 2009 y los 4,5 millones restantes se adquirieron a empresas nacionales para distribuirlos en escuelas, hospitales e instituciones públicas en el 2011. En respuesta

al proyecto la convención macro de la ONU emitió a nombre del Ecuador certificados de reducción de emisiones de CO₂ por aproximadamente 444.225 toneladas/año, lo cual representará un ingreso de \$4,6 millones anuales durante una década.

- El Plan Fronteras para la sustitución gratuita de cocinas de inducción se inició en el 2010 con la adecuación de las redes de distribución y en el 2011 se ejecutó la entrega de 3.200 cocinas en el Carchi; además existe un convenio con una universidad del sector para que realice capacitaciones prácticas y el seguimiento a los 14.400 beneficiarios.
- En la provincia de Galápagos en enero del 2011 se inició el proyecto piloto de la sustitución de 1.250 luminarias ineficientes por luminarias de inducción de 80W de alta eficiencia en el alumbrado público, optimizando el uso de energía y contribuyendo al confort y seguridad ciudadana al mejorar la iluminación de los espacios públicos.
- El Plan Renova Refrigeradora constituye la primera etapa de un proyecto global de renovación de equipos de consumo ineficientes, tienen una duración de 5 años a partir de enero del 2012 y beneficiará a más de un millón de habitantes al sustituir alrededor de 330.000 unidades de fabricación nacional, al final del proyecto se estima una reducción de 120 mil toneladas de CO₂ por la disminución del consumo eléctrico.
- El MEER en conjunto con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) plantearon un proyecto sobre eficiencia energética industrial que se proyecta a reducir 965.000 toneladas de CO₂, mejorando la competitividad internacional de los productos ecuatorianos; el proyecto pretende llegar al menos a 400 industrias para lo cual a mediados del 2012 se capacitará a 25 profesionales de la eficiencia energética como expertos en la gestión de energía, otros 50 en optimización de sistemas; los mismos que proveerán de una formación de concienciación a 400 representantes de la industria.
- El proyecto del bus híbrido pretende disminuir el uso de combustibles de origen fósil en la transportación, el primer prototipo debe estar ensamblado y probado hasta fines del 2012.

4.4 REDES INTELIGENTES EN ECUADOR (RIE) ^{[24][25]}

En Ecuador se están dando los primeros pasos sobre el claro conocimiento para la posterior implementación de Smart Grids, la Corporación CENACE dirige el proyecto Redes Inteligentes Ecuador (RIE), esta iniciativa está alineada con la evolución y revitalización del Sector Eléctrico Ecuatoriano para mejorar la calidad, seguridad y economía logrando sostenibilidad y soberanía energética. El proyecto RIE tiene la intención de diagnosticar el estado actual y necesidades del sistema eléctrico y sus sectores afines para definir la estrategia más adecuada para el desarrollo de las Redes Inteligentes en Ecuador, crear una base de conocimiento para difundir los conceptos de Smart Grids haciendo énfasis en tecnologías y beneficios para el país, definir con los actores relevantes del Ecuador un mapa de ruta para la implementación del proyecto Redes Inteligentes alineado con las políticas del gobierno nacional, motivar la participación activa de todos los integrantes de la industria eléctrica nacional, así como de las universidades, politécnicas y entidades públicas y privadas para lograr el cumplimiento de los objetivos estratégicos y los definidos en el mapa de ruta.

Los beneficios que se obtendrían al implementar el proyecto RIE en Ecuador serían: incrementar la eficiencia del sistema eléctrico entre el 52 y el 75% aproximadamente; optimizar la infraestructura para operar, controlar, mantener y expandir el sistema; mejorar los indicadores de calidad y continuidad; reducir el impacto ambiental fomentando el uso de energías renovables, electrodomésticos inteligentes y eficientes. En pro de lograr estos objetivos se plantea la integración de grupos de trabajo y diagnóstico conformados por todos los actores del sistema a fin de elaborar el mapa de ruta del proyecto, usando metodologías como la matriz de pertinencia para definir los componentes del mapa de ruta y la matriz de priorización para precisar los elementos de mayor interés dentro del mapa de ruta con lo cual se tendría el punto de partida para el desarrollo de las Redes Inteligentes en el país, el mismo que de acuerdo al MEER tendría la planificación preliminar que se detalla en el gráfico.



Gráfico 4.14: Planificación preliminar del desarrollo de Redes Inteligentes en Ecuador

Es necesario considerar que el proyecto RIE analiza al Sistema Eléctrico en su conjunto, en tal sentido es prudente analizar brevemente la factibilidad de aplicación y fortalecimiento de los Ejes de Desarrollo de las Redes Inteligentes en el Ecuador, enfatizando los mecanismos requeridos para su impulso:

- La integración de energías renovables en la generación eléctrica es una realidad tangible como lo demuestran los proyectos de generación a gran escala descritos; por su parte la generación distribuida tiene un alto potencial de desarrollo en Ecuador, se estima que la fotoelectricidad alcance una potencia instalada de 70MW a nivel rural para el 2020, la factibilidad de la generación hidroeléctrica a pequeña y mediana escala radica en la disponibilidad de recursos hídricos del país y las plantas de potabilización de agua también se podría aprovechar, mientras que la generación a través de fuentes eólicas, biomasa, residuos sólidos tiene un alto potencial de desarrollo como se afirma en el Estudio Técnico-Económico sobre la Implementación de Generación Distribuida en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano elaborado por el Ing. Julio Yadaicela en diciembre del 2011. Estudio en el que se concluye que la generación distribuida es técnica y económicamente más viable que la generación a

gran escala, recomendando valorar e incluir proyectos de Generación Distribuida en los planes de expansión de las empresas eléctricas, siendo necesario generar incentivos gubernamentales económicos y tarifarios que permitan disminuir los costos ocasionados al usuario, los mismos que deben ser cofinanciados con las empresas distribuidoras.

- El MEER ha ejecutado y está desarrollando proyectos enfocados a lograr la Eficiencia Energética a nivel del usuario, sin embargo no ha podido influenciar en su comportamiento por la falta de difusión de sus programas y la no implantación de medidas de penalización drásticas; en tal sentido es estrictamente necesario mejorar los medios de difusión de las campañas y radicalizar las medidas a tomar, diversificando la tarificación eléctrica y encareciendo notablemente los costos de la electricidad en las horas pico; solo este hecho creará una verdadera cultura en el usuario abriendo así la puerta a la introducción de nuevos equipos que ayuden a gestionar la demanda para alcanzar la Eficiencia Energética.
- La implementación de contadores inteligentes constituye el primer paso en la implementación de Redes Inteligentes al posibilitar una gran cantidad de aplicaciones, razón por la cual algunas empresas del Sector Eléctrico Ecuatoriano han iniciado su implementación o estudian la factibilidad de la misma; sin embargo es necesario que su desarrollo esté ligado a un plan nacional que priorice la correcta organización, funcionamiento y fortalecimiento del Sistema de Distribución en su conjunto para posterior a ello con la suficiente participación del usuario introducir estas novedades tecnológicas a fin de poder sacar el mayor provecho de las mismas, evitando que se constituyan en una simple herramienta que automatice los problemas ya existentes y genere una imagen negativa en el consumidor; a más de ello es necesario tomar en cuenta que los costos asociados deben cubrirse por las empresas eléctricas ya que de lo contrario el usuario se vería reacio a incursionar en este cambio tecnológico.
- La introducción del vehículo eléctrico es una realidad aún lejana en el Ecuador, hecho que se evidencia por la mínima utilización del vehículo híbrido, especialmente por el elevado costo que este tipo de tecnologías implican; en tal sentido es necesario incentivar a la población a través de la

eliminación de impuestos y generación de incentivos económicos para lograr su masificación sin afectar a la economía del usuario, es necesario por otro lado esperar que el desarrollo de esta tecnología alcance su cúspide mundial con la consecuente disminución natural de los costos.

- El almacenamiento de energía es una tarea pendiente a nivel mundial, en tal sentido es necesario lograr su óptimo desarrollo para abaratar los costos, siendo actualmente una realidad poco probable para el país; posterior al desarrollo que se avecina su tratamiento y propagación debe seguir lineamientos similares a los de la Generación Distribuida basándose en incentivos y tarifas que no afecten a la economía del usuario.

4.5 REDES INTELIGENTES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN [28]

El proyecto RIE contempla la aplicación de Redes Inteligentes en el sistema eléctrico en general, sin embargo el estudio de las experiencias internacionales permitió identificar que a nivel mundial la implementación de Smart Grids se inicia con la instalación de sistemas de medición inteligente (AMI) ya que estos equipos hacen posible la gestión de la demanda, el almacenamiento de energía, la utilización de fuentes renovables a nivel distribuido y la apertura a numerosas aplicaciones inteligentes; este hecho se consolida al examinar el Sistema Eléctrico Ecuatoriano y apreciar que la mayor parte de problemas del sector están relacionados con el sistema de distribución. En este sentido el presente proyecto se centra en el sistema de distribución, por tal razón en base a metodologías utilizadas en el proyecto RIE y sugeridas por su dirección se analizan los proyectos existentes para luego centrarse en un caso de estudio y aplicación; dicha tarea se efectuará con la Empresa Eléctrica Ambato por tratarse de una empresa de mediano tamaño, extensa área de concesión, alto grado de eficiencia, bajo nivel de pérdidas y sobretodo su administración ha brindado todas las facilidades y colaboración para el presente estudio.

4.5.1 PROYECTO PILOTO DE REDES INTELIGENTES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN – PROYECTO AMI ELÉCTRICA DE GUAYAQUIL ^[74]

La Empresa Eléctrica de Guayaquil en colaboración con General Electric Energy en el 2011 puso en marcha el proyecto de medición inteligente, en la vía a la costa se instalaron alrededor de 5.000 medidores, los mismos que a pesar de tener un costo de \$158 a nivel residencial y \$600 a nivel industrial, no tendrán costo para el abonado. Los contadores inteligentes permiten conocer diariamente el consumo de los usuarios residenciales, comerciales o industriales para optimizar y racionalizar el uso de energía, cada usuario puede ingresar a la página web de la empresa y verificar la lectura de su medidor; a más de las lecturas, los contadores pueden ordenar cortes, reconexiones o detectar intentos de manipulación de modo remoto.

GE proporciona los contadores inteligentes con la infraestructura de medición avanzada y comunicación por Radio Frecuencia, el control mejorado de la red y las herramientas de rendimiento habilitadas por estos contadores abrirán las puertas a las innovaciones más recientes de energía que pueden incrementar la productividad y la eficiencia así como reducir y minimizar las interrupciones. En el 2012 el proyecto se ha expandido a otros barrios residenciales de la ciudad intentando que hasta fin de año se instalen alrededor de 50.000 medidores que representarán el 70% de los usuarios. Los medidores instalados en los domicilios se intercomunican y forman parte de una red inteligente que genera información hasta un concentrador que recepta los datos de los medidores, este se conecta mediante fibra óptica cada 15 minutos con la empresa para tener una visión continua de lo que ocurre con el servicio.

A principios del año 2012 tras iniciar la instalación masiva de contadores inteligentes se produjeron más de 4000 reclamos por parte de los clientes de la empresa distribuidora, los mismos que se generaron tras el drástico incremento del valor facturado a los usuarios; este incidente ocasionó la intervención del CONELEC, entidad que atendió alrededor del 30% de los reclamos, logrando solucionar el 85% de los mismos; el problema se ocasionó por falta de

coordinación dentro de la empresa y un excesivo volumen de trabajo en el área de comercialización debido a la gran cantidad de medidores inteligentes instalados, hechos que impidieron que el reporte de instalación de gran parte de los clientes se actualice oportunamente y se facturen valores estimados; sin embargo meses después al actualizar el sistema se volvieron a cobrar los valores antes estimados; razón por lo cual tras la intervención se decidió que el valor que se facturó en exceso será descontado en futuras facturaciones de los clientes.

Como un análisis final antes de iniciar el caso de estudio es importante resaltar que al igual que la tendencia mundial la implementación de Redes Inteligentes en el Ecuador debe iniciar con la consolidación de los conceptos asociados a Smart Grids y la instalación de sistemas de medición inteligente que constituyen el sustento del futuro desarrollo; mientras que las etapas posteriores de implementación podrán variar de acuerdo a las prioridades y requerimientos de cada empresa distribuidora; el Mapa de Ruta que guie el proceso de implementación de Redes Inteligentes en el Ecuador todavía no ha sido definido por las autoridades del Sector Eléctrico, por tal razón en el presente proyecto se refleja una visión que puede estar sujeta a modificaciones; sin embargo como producto de todo el análisis efectuado y el desarrollo internacional es el futuro más probable del contexto nacional.

4.5.2 CASO DE ESTUDIO Y APLICACIÓN, EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. (EEASA) ^[29]

El caso de estudio consiste en enunciar las generalidades que caracterizan a la Empresa Eléctrica Ambato, para luego evaluar el estado de la empresa en el desarrollo de Redes Inteligentes mediante el modelo de madurez de Smart Grids, posteriormente se plantea la proyección de la empresa priorizando las propuestas de proyectos a fin de elaborar el mapa de ruta y finalmente se analiza la factibilidad económica del proyecto más emblemático del sistema de distribución.

4.5.2.1 Generalidades de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

La Empresa Eléctrica Ambato fue fundada en 1959, siendo administrada desde entonces hasta la actualidad únicamente por 7 gerentes y/o presidentes ejecutivos, demostrando así gran estabilidad y manejo técnico reflejado en su alto posicionamiento en el contexto nacional siendo una Empresa Categoría A, conforme a la clasificación realizada por los organismos del sector eléctrico; en su plan estratégico plantea que su finalidad es distribuir y comercializar energía eléctrica cumpliendo parámetros de calidad y confiabilidad siendo una empresa moderna que se adapte a las condiciones del entorno, lo cual indica su apertura a nuevos conceptos y tecnologías como las Redes Inteligentes.

El capital actual de la empresa corresponde en un 73,97% al MEER, la diferencia a las entidades seccionales de: Tungurahua, Pastaza, Morona Santiago, Napo y las Cámaras de Comercio y de Industrias de Tungurahua; su área de concesión es de 40.805km² siendo la más grande del País e incluye a las Provincias de Tungurahua y Pastaza en su totalidad; la parte sur de la provincia de Napo; y los Cantones Palora, Huamboya y Pablo Sexto en la Provincia de Morona Santiago.

El sistema de subtransmisión está constituido por 13 subestaciones a 69/13.8kV con una potencia total instalada de 164MVA, la longitud de las líneas a 69kV es de 124km; en el cantón Ambato, existe un anillo de subtransmisión a 69kV controlado a través de un Sistema SCADA. La longitud de las redes de media tensión es de 4.239km; y, las de baja tensión 6.203km, están instalados 11.238 transformadores de distribución con una potencia total de 269MVA; existen 56.653 luminarias con una potencia total de 8.504kW; la demanda máxima anual en el año 2011 fue de 94.068kW; y la cobertura eléctrica promedio es del 94,16% en toda el área de concesión de acuerdo al último censo de población y vivienda.

Los indicadores comerciales de la EEASA de los dos últimos años son:

DESCRIPCION	2010	2011
Número de clientes	211.148	218.920
Energía facturada (MWh)	432.712,932	463.611,577
Energía disponible (MWh)	473.072,634	502.934,746
Facturación por venta energía (miles de USD)	39.232.152	41.864,041
Recaudación por venta de energía (miles USD)	38.839.830	41.565,741
Eficiencia en la recaudación	99,00%	99,30%
Cartera (miles de USD)	1067,28	550,94
Relación cartera a facturación mensual	0,27	0,13
Monto por la energía comprada (miles de USD)	26.241,91	25.784,82
Porcentaje total de pérdidas de energía	8,53%	7,82%
Demanda máxima del sistema (MW)	90.175	94.068
Número de trabajadores	301	310
Relación cliente / trabajador	701	706

Tabla 4.26: Principales indicadores comerciales de la EE Ambato

4.5.2.2 Modelo de Madurez de Redes Inteligentes (SGMM) de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. ^[75]

El Modelo de Madurez Smart Grid (SGMM) de la Universidad de Carnegie Mellonsurge es una metodología usada para identificar el nivel de modernización de una empresa del sector eléctrico y a la vez entender su situación inicial, considerar las capacidades disponibles y establecer estrategias para implementar Redes Inteligentes. El SGMM consta de 6 niveles y 8 dominios que describen las características y capacidades de la empresa.

Los dominios son agrupaciones lógicas dentro de campos de especialidad relacionadas con el concepto de las Redes Inteligentes y estos son:

- Estrategia, Administración y Regulación (SMR), enfoca la visión, estrategias y gestión hacia Redes Inteligentes.
- Estructura Organizacional (OS), muestra la cultura, estructura, comunicaciones, recursos humanos y gestión del conocimiento.

- Operación en la Red Eléctrica (GO), resalta la operación confiable, segura de una manera eficiente, integrando automatización, flexibilidad y control.
- Administración de Fuerza Laboral y Activos (WAM), destaca la gestión óptima de los activos, el entrenamiento y monitoreo del personal.
- Infraestructura Tecnológica (TECH), evalúa la infraestructura, arquitectura y herramientas de Tecnologías de la Información (TI), sus estándares e integración mediante planeación estratégica, evaluación e integración.
- Clientes (CUST), detalla la participación y experiencia del consumidor, fijación de precios, control de carga, selección de energías renovables, control de la información del consumo y la diversificación de precios.
- Cadena de Valor Empresarial (VCI), revisa la administración óptima de las organizaciones para mejorar sus procesos.
- Sociedad y Medio Ambiente (SE), contempla el impacto ambiental de la infraestructura eléctrica en la calidad de vida de la sociedad.

La madurez de cada dominio se define mediante niveles que detallan el progreso de una empresa hacia logros en Redes Inteligentes (automatización, eficiencia, confiabilidad, ahorro de energía y costos, integración de fuentes renovables, interacción con el usuario, acceso a nuevas oportunidades de negocio, etc.) Los niveles permiten organizar las capacidades y características que la empresa debe poner en práctica para alcanzar un grado de desarrollo y estos son:

- **0. Básico**, muestra que no se ha iniciado la implementación en un dominio
- **1. Inicial**, indica que se dan los primeros pasos para desarrollar un dominio
- **2. Establecimiento**, detalla que la empresa implementa funcionalidades en un dominio para lograr y mantener la modernización de la red.
- **3. Integración**, la implementación de Redes Inteligentes está siendo integrada en toda la empresa.
- **4. Optimización**, la ejecución de Redes Inteligentes se orienta para ermite incrementar el rendimiento de la empresa.
- **5. Liderazgo**, la organización abre nuevos caminos y avanza hacia las últimas tendencias en un dominio.

Los dominios y niveles se integran en una matriz con la siguiente estructura:

	Administración y Regulación (SMR) visión, estrategias y gestión en colaboración con los interesados	Estructura Organizacional (OS) cultura, estructura, comunicaciones, recursos humanos y gestión del conocimiento	Operación en la Red Eléctrica (GO) confiabilidad, eficiencia, seguridad, integrando automatización, flexibilidad y control	Administración de fuerza laboral y activos (WAM) gestión de activos, entrenamiento y monitoreo del personal, fuerza de trabajo móvil.
LIDERANDO 5	<p>1 Estrategia SG: aprovechamiento de la red inteligente para introducir nuevos servicios y ofertar productos.</p> <p>2 Actividades de negocio SG que proporcionan los recursos financieros suficientes para la continua inversión, mantenimiento y expansión.</p> <p>3 Nuevas oportunidades de modelo de negocio como resultado de las capacidades SG y sus aplicaciones.</p>	<p>1 Estructura organizacional que permite la colaboración entre todos los interesados en optimizar la operación y funcionamiento de la red.</p> <p>2 La organización es capaz de adaptarse rápidamente y apoyar a nuevas empresas, productos y servicios que surgen como resultado de la SG.</p> <p>3 Se da lugar a las ideas y su desarrollo, reconociendo a quien ayude a mejorar los avances y competencias de la fuerza laboral y mejorar la tecnología.</p>	<p>1 Los aspectos de auto-sanación están presentes.</p> <p>2 El análisis de todo el sistema e infraestructura se basa en decisiones automatizadas de la red.</p>	<p>1 El uso de activos se optimiza con procesos definidos y ejecutados a través de la cadena de suministro.</p> <p>2 Los activos se administran maximizando su utilización y logrando un retiro oportuno basado en los datos y sistemas SG.</p>
OPTIMIZANDO 4	<p>1 Visión de Red Eléctrica inteligente y estrategias para conducir la organización y su dirección.</p> <p>2 SG es una competencia básica en toda la organización.</p> <p>3 La estrategia SG es compartida y revisada en colaboración con los interesados externos.</p>	<p>1 La gestión de sistemas y la estructura organizativa permiten tomar ventaja de la mayor visibilidad y control proporcionada por SG.</p> <p>2 Hay observabilidad de extremo a extremo que puede ser aprovechada por interesados internos y externos.</p> <p>3 La toma de decisiones se produce en el punto más cercano a la necesidad, por la estructura organizativa eficiente y el aumento y disponibilidad de información debido a la SG.</p>	<p>1 La información de la red está disponible a través de sistemas y funciones organizacionales.</p> <p>2 El análisis de control se ha aplicado y se utiliza para mejorar la toma de decisiones.</p> <p>3 La planificación de las operaciones se basa en los hechos a partir de datos puestos a disposición por las capacidades de las SG.</p> <p>4 Se miden indicadores importantes sensores de la gestión de la red.</p> <p>5 Los datos de la red se utilizan por las funciones de seguridad de la organización.</p> <p>6 La toma de decisiones es automatizada dentro de los esquemas de protección.</p>	<p>1 Una visión completa de los activos en función del estado, conectividad y proximidad está disponible.</p> <p>2 Los modelos de activos se basan en el rendimiento real y el monitoreo de datos.</p> <p>3 El rendimiento y la utilización de los activos se ha optimizado en toda la flota y por clases de activos.</p> <p>4 La vida útil de los principales componentes de la red se gestiona mediante condiciones base, mantenimiento predictivo y se basa en datos actuales y reales.</p>
INTEGRANDO 3	<p>1 La visión, estrategia y modelo de negocio SG son incorporados en la visión y estrategia empresarial.</p> <p>2 Se establece un modelo de gestión de SG.</p> <p>3 Los líderes de SG tienen autoridad explícita a través de funciones y líneas de negocio que garantizan la efectiva aplicación de estrategias SG.</p> <p>4 Se requiere autorizaciones para las inversiones en SG que ya han sido aseguradas.</p>	<p>1 La visión y estrategia SG conducen el cambio organizacional.</p> <p>2 Las mediciones de SG se incorporan al sistema de Medición de la empresa.</p> <p>3 El rendimiento y compensación empresarial están vinculados al éxito de las SG.</p> <p>4 El liderazgo consiste en la comunicación y las acciones en relación con SG.</p> <p>5 La estructura de apoyo de las actividades SG se agrupan en forma ordenada.</p> <p>6 La educación y formación están alineadas para explotar las capacidades de las SG.</p>	<p>1 Las subestaciones de distribución están automatizadas y vinculadas a algún sistema de automatización remoto.</p> <p>2 Los sistemas de restauración de interrupciones son avanzados y reducen la magnitud de interrupciones no planificadas.</p> <p>3 A más de SCADA, se pone en marcha el monitoreo remoto de activos para apoyar la toma de decisiones.</p> <p>4 La inversión y expansión de la red de comunicaciones que apoya operaciones de la red está en marcha.</p>	<p>1 El monitoreo remoto de activos y la fuerza de trabajo móvil se integran para automatizar la creación de órdenes de trabajo en marcha.</p> <p>2 Se tiene visión integrada de los SIG y el control de activos.</p> <p>3 El inventario de activos es controlado usando automatización.</p> <p>4 El modelado de las inversiones en componentes principales se pone en marcha.</p>
HABILITANDO 2	<p>1 Una estrategia inicial de SGd y un plan de negocios son aprobados por la dirección.</p> <p>2 Una visión común de SG es aceptada por toda la organización.</p> <p>3 La inversión operativa está explícitamente alineada con la estrategia de SG.</p> <p>4 Se establece presupuesto para financiar la implementación de la visión y estrategias de SG.</p> <p>5 Existe colaboración de organismos reguladores y otras partes interesadas en la implementación de SG.</p> <p>6 Se da soporte y financiamiento para la realización de proyectos de prueba para evaluar la viabilidad de SG de mejorar el funcionamiento.</p>	<p>1 Una nueva visión de SG comienza a impulsar el cambio y afecta a prioridades de la empresa.</p> <p>2 La mayoría de las operaciones se alinean alrededor de los procesos de toda la red.</p> <p>3 La implementación de SG y los equipos de trabajo incluyen participación multidisciplinaria.</p> <p>4 La educación y capacitación para desarrollar las SG se ha identificado y está disponible.</p> <p>5 La vinculación del rendimiento y la compensación a cumplir por las SG están en marcha.</p>	<p>1 Los casos de negocio para nuevos equipos y sistemas relacionados con SG son aprobados.</p> <p>2 Sensores, interruptores y sistemas de comunicación nuevos son evaluados para el monitoreo y control.</p> <p>3 Se pone en marcha proyectos para probar componentes de la red, su seguimiento y control.</p> <p>4 Los cortes de suministro y gestión de sistemas de distribución para automatizar subestaciones están siendo explorados y evaluados.</p> <p>5 La seguridad física y virtual es considerada.</p>	<p>1 Un enfoque para realizar el seguimiento, inventario y mantener los historiales de eventos de los activos se encuentra en desarrollo.</p> <p>2 Una visión integrada de los SIG para el monitoreo de activos sobre la base de ubicación, estado y la interconectividad (modal) ha sido desarrollado.</p> <p>3 Una estrategia para la organización de toda la fuerza de trabajo móvil está en desarrollo.</p>
INICIANDO 1	<p>1 La visión de la SG se ha desarrollado con el objetivo de mejorar el funcionamiento.</p> <p>2 Implementaciones experimentales o proyectos de prueba de SG's son factibles.</p> <p>3 Se mantiene conversaciones con los reguladores acerca de la visión de SG en la organización.</p>	<p>1 La organización expresa la necesidad de que sus trabajadores tengan conocimiento sobre SG.</p> <p>2 La dirección tiene un compromiso para cambiar la organización apoyando el desarrollo de SG.</p> <p>3 Existen esfuerzos para informar a los trabajadores sobre el inicio de las actividades SG.</p>	<p>1 Mejoras en el trabajo y gestión de activos se han considerado en los casos de negocios aprobados.</p> <p>2 Los usos potenciales de monitoreo remoto de activos están siendo evaluados.</p> <p>3 La administración de activos, sistemas y personal están siendo evaluados para su alineación potencial a la visión de SG.</p>	
BÁSICO 0				

	Infraestructura Tecnológica (TECH)	Clients (CUST)	Cadena de Valor Empresarial (VCI)	Sociedad y Medio Ambiente (SE)
LIDERANDO 5	<p>Infraestructura, arquitectura y herramientas de TI, estándares e integración.</p> <ol style="list-style-type: none"> Los procesos informáticos son autónomos y se implementa el aprendizaje de la tecnología usada. La infraestructura de información de la empresa puede identificar, mitigar y recuperarse de incidentes cibernéticos en forma automática. 	<p> fijación de precios, participación y experiencia del consumidor, servicios avanzados.</p> <ol style="list-style-type: none"> Los clientes pueden gestionar el nivel de utilización de la red en toda su extensión. Existe detección automática de interrupciones en el dispositivo, es decir detección de fallas a nivel local. Los dispositivos de generación utilizados por el cliente (GD) son de tipo plug & play. Existe seguridad y privacidad de los datos del usuario. La organización lidera la industria de la información, aportando en el desarrollo de normas y estándares. 	<p>demanda y gestión de la oferta, aprovechamiento de las oportunidades de mercado.</p> <ol style="list-style-type: none"> La optimización de los activos está automatizada a través de la cadena de valor. Los recursos son adecuadamente despachados y controlados para que la organización puede tomar ventaja del mercado. El control automático y sistemas de optimización de recursos se consideran para apoyar la optimización de la red regional y/o nacional. 	<p>Responsabilidad, sostenibilidad, eficiencia de la infraestructura crítica.</p> <ol style="list-style-type: none"> Los objetivos de la empresa se alinean con los objetivos locales, regionales y nacionales. Los clientes controlan el uso de energía reduciendo el impacto ambiental a través de la optimización y automatización de la red. La organización lidera el desarrollo y la promoción de mejores prácticas y tecnologías para proteger la infraestructura crítica y aumentar la elasticidad.
OPTIMIZANDO 4	<ol style="list-style-type: none"> El flujo de datos es des de la generación al cliente. Los procesos de negocio están optimizados por el aprovechamiento de la arquitectura de TI. Los sistemas tienen suficiente capacidad para el monitoreo y control de eventos en tiempo real. Modelos predictivos y simulación casi en tiempo real se usan para optimizar los procesos de apoyo. Se mejora el rendimiento a través de sistemas sofisticados que usan los datos de las SG. Las estrategias de seguridad siempre están en evolución basadas en las operaciones y experiencia. 	<ol style="list-style-type: none"> Se ayuda a los clientes para analizar y comparar el uso de programas flexibles vs la fijación de precios. La detección y reporte de interrupciones es por nivel. Cientes acceden a datos de consumo en tiempo real. Los clientes residenciales participan en la respuesta a la demanda y los servicios públicos se gestionan por programas de control remoto de carga. Existe respuesta automática a señales de precio para dispositivos instalados donde el cliente. Se habilitan programas de facturación en el hogar. Se integra la experiencia del cliente común. 	<ol style="list-style-type: none"> Los recursos energéticos (V, VAR, GD y RD) son despachable y comercializables. Se optimiza los modelos de cartera que abarcan la disposición de recursos y los mercados en tiempo real de ejecución. Están disponibles los sistemas de comunicación de dos vías con redes de área doméstica (HAN). Existe visibilidad y potencial control de clientes de gran consumo mediante aparatos para equilibrar la demanda y la oferta disponible. 	<ol style="list-style-type: none"> La organización colabora con grupos de interés externos para abordar problemas ambientales y sociales. Se mantienen políticas públicas socio-ambientales. Existen programas para reducir la demanda máxima. El usuario final gestiona activamente el uso de energía y los dispositivos a través de la red. La organización cumple sus metas aumentando la flexibilidad y garantizando la infraestructura crítica que contribuye a objetivos regionales y nacionales.
INTEGRANDO 3	<ol style="list-style-type: none"> Los procesos de negocio afectados por SG están alineados con la arquitectura de TI de la empresa. Sistemas de TI se adhieren a la empresa para SG. Tecnología específica SG se implementa para mejorar el rendimiento. El uso de inteligencia avanzada y la capacidad de análisis se activa con el uso de tecnología SG. La empresa tiene un uso avanzado de sensores. Se utiliza una detallada estrategia de comunicación de datos y tácticas de gestión. 	<ol style="list-style-type: none"> La empresa adapta sus programas a los clientes. Se implementa el uso de medidores bidireccionales. Existe capacidad remota de conexión y desconexión. La respuesta a la demanda y el control de carga remoto están disponibles para clientes residenciales. Existe detección automática de interrupciones en SE. Los clientes residenciales pueden usar los datos de su demanda directamente. Se comparan experiencias a través de dos o más canales de atención al usuario. Se educa al cliente sobre el uso de los servicios SG. Los productos y servicios de los clientes incorporan normas de control de seguridad y privacidad. 	<ol style="list-style-type: none"> Existe un plan integrado de recursos que incluye incorporar nueva infraestructura y tecnologías. Se habilitan soluciones de gestión de la energía e información para el cliente. Recursos adicionales están disponibles y se despliegan para sustituir productos que apoyan la confiabilidad y otros objetivos. La gestión, seguridad y monitoreo de procesos se implementan para proteger las interacciones con una amplia oferta de socios de la cadena de valor, seguridad de la organización. 	<ol style="list-style-type: none"> Se mide el rendimiento de los programas sociales y ambientales y se demuestra su eficacia. La información segmentada y personalizada, incluye los costos y beneficios ambientales y sociales que están disponibles para los clientes. Existen programas dirigidos a los clientes para fomentar el uso de energía fuera de las horas pico. La organización informa periódicamente sobre los impactos sociales y ambientales de sus programas y el uso de tecnologías SG.
HABILITANDO 2	<ol style="list-style-type: none"> Las inversiones estratégicas en TI se alinean a la arquitectura de TI existente y su línea de negocio. Se dan cambios en la arquitectura de TI de la empresa para permitir el desarrollo de SG. Se selecciona estándares dentro de la arquitectura en TI de la empresa para apoyar la estrategia SG. Una evaluación de la tecnología y el proceso de selección se aplica para todas las actividades SG. Hay estrategias de comunicación de datos para SG. Se pone en marcha proyectos piloto basados en la conectividad de la infraestructura de la red. La seguridad se integra en todas las iniciativas SG desde que inicia su desarrollo. 	<ol style="list-style-type: none"> Se realizan proyectos piloto de AMI / AMIR. La organización tiene ciertos conocimientos del comportamiento de los clientes residenciales. La organización analiza la factibilidad de instalar equipamiento en toda la red. Se prueba la conexión y desconexión remota para clientes residenciales. Se evalúa el impacto en el cliente de nuevos servicios y procesos de gestión. Se especifica requisitos de seguridad y privacidad para proteger a los clientes en proyectos piloto SG. 	<ol style="list-style-type: none"> Se proporciona soporte para los sistemas de gestión de energía para los clientes residenciales. La cadena de valor se ha redefinido en función de las capacidades SG. Existen proyectos piloto para apoyar una amplia cartera de recursos. Las interacciones seguras se han puesto a prueba con una amplia cartera de socios de la cadena de valor. 	<ol style="list-style-type: none"> Las estrategias y planes de trabajo SG se enfocan en la sociedad y los temas ambientales. Se establecen programas de eficiencia energética para los clientes. La organización considera un triple punto de vista para la toma de decisiones. Proyectos de prueba se ponen en marcha para demostrar los beneficios ambientales de SG. La información detallada y frecuente está disponible para los clientes.
INICIANDO 1	<ol style="list-style-type: none"> La empresa tiene arquitectura de TI existente o está en fase de desarrollo. La arquitectura de TI existente o proyectada se evalúa para verificar el soporte de aplicaciones SG. Un proceso de cambio de control se utiliza para las aplicaciones e infraestructura de TI. Se identifica la posibilidad de utilizar la tecnología para mejorar el rendimiento. Se evalúan y seleccionan tecnologías en alineación con la visión y las estrategias SG. 	<ol style="list-style-type: none"> Se invierte en el uso de tecnologías SG para mejorar la experiencia y participación de los clientes y sus beneficios. Se analiza posibles consecuencias para mejorar la seguridad y privacidad de SG. Una visión de SG se comunica a los clientes. Se consulta beneficios e impacto en los clientes con ayuda de entidades y organizaciones públicas. 	<ol style="list-style-type: none"> Se identifican programas para facilitar la gestión de carga. Se identifican las capacidades necesarias para el apoyo y desarrollo de fuentes de GD. Se identifican las capacidades necesarias para apoyar las opciones de almacenamiento de energía. Se identifican los requisitos de seguridad para permitir la interacción con una amplia cartera de socios de la cadena de valor. 	<ol style="list-style-type: none"> La estrategia de SG aborda el papel de la empresa en problemas sociales y ambientales. Los beneficios ambientales de la visión de SG y su estrategia se promueven públicamente. Están disponibles registros del cumplimiento y desempeño ambiental para la inspección pública. La visión de SG o una estrategia específica de la organización juega un papel en la protección de infraestructuras críticas del país.
BÁSICO 0				

Gráfico 4.15: Matriz del Modelo de Madurez de Redes Inteligentes (SGMM)

Para evaluar el nivel de madurez en Redes Inteligentes de una empresa al basarse en el SGMM es necesario utilizar la guía SGMM que es una encuesta que recoge datos demográficos y de rendimiento para determinar el nivel de aplicación de Smart Grids en las empresas, la guía se compone de 12 secciones: las secciones 1 y 2 recogen datos de contacto de la empresa y de la persona que llena la encuesta, la sección 3 recoge los principales datos sobre la organización, la sección 4 recoge los datos de rendimiento de la red relacionando el impacto de la creciente madurez de la Red Inteligente, las secciones 5 a 12 plantean preguntas de opción múltiple organizadas de acuerdo a los dominios SGMM.

El SGMM es la herramienta que se va a utilizar para evaluar la madurez en Redes Inteligentes de las Empresas Distribuidoras de Ecuador adaptando la misma a las condiciones y realidad del país, en un análisis previo se ha establecido con claridad que las empresas ecuatorianas se ubican en los niveles más bajos de la matriz SGMM, en tal sentido la encuesta original que supera las 200 preguntas se compiló en un corto fragmento (Anexo B), el mismo que se hizo llegar a los gerentes o presidentes ejecutivos de las empresas distribuidoras a través de una carta (Anexo A) para que al llenarla permitan conocer la madurez en Redes Inteligentes de la empresa que dirigen.

Como respuesta a la encuesta se obtuvo información únicamente de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. a través de la Dirección de Planificación permitiendo dar a conocer que las prioridades de la empresa son:

1. Mejorar la calidad del servicio eléctrico.
2. Mejorar la seguridad del suministro eléctrico.
3. Reducir el robo y las pérdidas de energía.
4. Implementar programas de eficiencia energética.

Estas prioridades se podrían consolidar y se facilitaría su fortalecimiento a través de la implementación de Redes Inteligentes, sin embargo en la empresa existen conocimientos limitados acerca de los conceptos, tecnologías, aplicaciones y ventajas de las Smart Grids siendo necesario capacitar al personal de la empresa

a través de cursos formales. Del cuestionario aplicado se detalla la siguiente matriz que resume el SGMM de la E. E. Ambato.

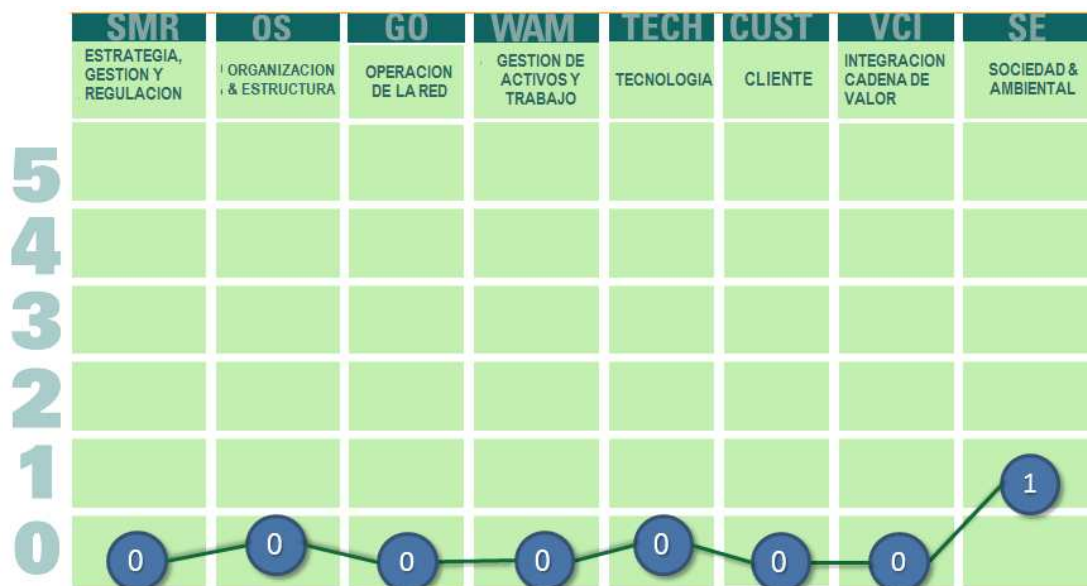


Gráfico 4.16: SGMM de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

En la matriz del modelo de madurez se puede reconocer que la empresa se encuentra en el nivel básico en casi todos los dominios del modelo con un claro desconocimiento en los dominios: SMR, GO, WAM, CUST, VCI; un conocimiento limitado que impide el hecho de tomar acciones en los dominios: OS y TECH y con un conocimiento mucho más claro que hace que se tomen acciones especialmente en los aspectos más críticos del dominio SE pero dándolo a conocer únicamente a los organismos de control y no a los usuarios.

En base al Plan Estratégico de la E. E. Ambato y la planificación preliminar del MEER, tras reuniones con la dirección de planificación se puede resumir la proyección de la empresa en base a tres escenarios: corto plazo (3 años), mediano plazo (8 años) y largo plazo (18 años), la misma que se detalla en el SGMM y constituye la base para elaborar el mapa de ruta que podría seguir la empresa para el desarrollo de Redes Inteligentes.

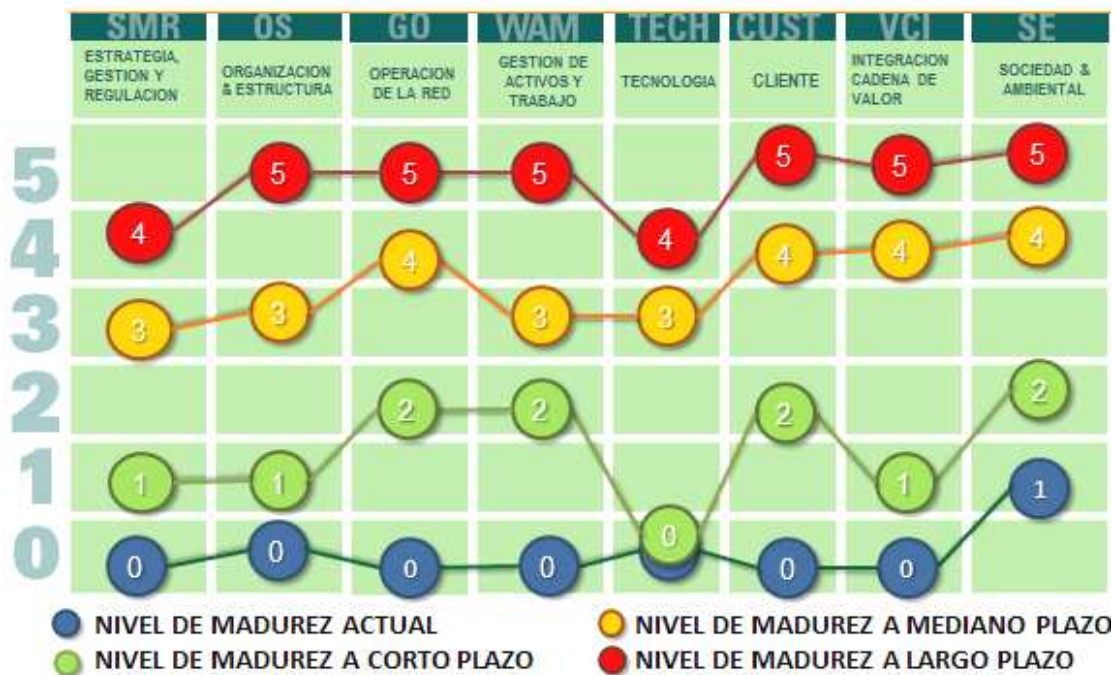


Gráfico 4.17: SGMM proyectado de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

Los escenarios planteados se describen en el SGMM y constituyen la pauta que permite priorizar los proyectos de mayor importancia en el proceso de implementación de Redes Inteligentes en la Empresa Eléctrica Ambato.

4.5.2.3 Priorización de los Proyectos Relacionados con Redes Inteligentes en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

Para priorizar los proyectos relacionados con las Redes Inteligentes se utiliza la matriz de priorización que es una técnica que permite clasificar y evaluar distintas alternativas o seleccionar entre las opciones los pasos de implementación, para ello se las puntúa en base a criterios específicos que generan interés en la situación a tratar. Para elaborar la matriz se sigue la siguiente metodología:

- Elaborar una lista con las alternativas o proyectos a priorizar.
- Escoger los criterios de análisis (costos, impacto social y ambiental, etc.).
- Diseñar la matriz, la columna inicial contiene las alternativas, mientras que en las otras columnas se detallan los criterios de selección.

- Jerarquizar o ponderar los criterios de evaluación y establecer los puntajes.
- Calificar cada opción en función de todos los criterios y totalizar la calificación tomando en cuenta la ponderación.

La elaboración de la matriz de priorización se realizó en consenso con la dirección de planificación de la EEASA; las alternativas de proyecto son las que generaron mayor interés en la empresa, los criterios de análisis se basan en los aspectos de mayor importancia en el desarrollo de Redes Inteligentes y su ponderación se basa en el siguiente análisis:

- El aspecto central y de mayor importancia en el desarrollo de Redes Inteligentes es el consumidor que constituye la razón de ser del sistema eléctrico siendo en consecuencia el aspecto de mayor ponderación.
- Un aspecto de gran interés y prioritario en toda empresa es el económico, esta característica hace que ocupe el segundo lugar en la ponderación.
- El aspecto tecnológico cobra mucha importancia en Smart Grids, se destaca su impacto en los criterios de selección pero considerando que tiene una menor importancia que los anteriores.
- El tema ambiental es un asunto que ha adquirido mucha importancia en el sector eléctrico, ocupa el último lugar de este escalafón ya que se considera de menor jerarquía que los aspectos que lo anteceden.

Las alternativas consideradas dentro de cada criterio de selección tienen igual importancia, por tal razón se les asigna igual ponderación tratando de lograr uniformidad en la elaboración de la matriz; por otro lado el sistema de puntuación considera impactos positivos y negativos de acuerdo al siguiente esquema:

- 2 si la iniciativa es muy importante o beneficiosa
- 1 si la alternativa es de poca importancia o beneficio medio
- 0 si la alternativa no tiene importancia o beneficio
- -1 si la alternativa es perjudicial o de impacto negativo
- -2 si la alternativa es muy perjudicial o de fuerte impacto negativo

		CONSUMIDOR (32%)								
		Reducción del costo de producción de la electricidad		Incremento de la participación del usuario y su posibilidad de vender		Brindar mayor información en tiempo real de las variables del sistema		Incremento de la cobertura y satisfacción del usuario		
		8%		8%		8%		8%		
ALTERNATIVAS		CAL	PON	CAL	PON	CAL	PON	CAL	PON	
PLAZO	CORTO	Ejecución de programas de eficiencia energética								
		Aplicación de planes de tarificación horaria e incentivos								
		Usar tecnología eficiente para administrar la distribución								
		Fortalecer el GIS de la empresa y mejorar la gestión								
	MEDIANO	Utilización de sistemas eficientes de iluminación pública								
		Instalación de medidores inteligentes								
		Integración masiva de fuentes de generación distribuida								
		Instalar sensores y sistemas de comunicación en toda la red								
	LARGO	Incentivar el masivo de electrodomésticos inteligentes								
		Implementar sistemas de almacenamiento de energía								
		Fomentar la creación de microrredes								
		Masificar el uso de vehículos eléctricos								

ECONÓMICO (28%)								TÉCNICO (24%)						AMBIENTAL (16%)				TOTAL	
Inversión necesaria para implementar la nueva infraestructura		Reducción de los costos de operación y mantenimiento		Incremento del desarrollo industrial y creación de nuevos mercados		Recuperación económica por disminución de pérdidas y mejorar eficiencia		Incrementa la confiabilidad del servicio eléctrico		Mejorar la calidad de la energía producida		Incremento de la seguridad física e informática de la red eléctrica		Reducción de las emisiones contaminantes		Disminución del impacto ambiental en construcción y operación			
7%		7%		7%		7%		8%		8%		8%		8%		8%		100%	
CAL	PON	CAL	PON	CAL	PON	CAL	PON	CAL	PON	CAL	PON	CAL	PON	CAL	PON	CAL	PON	CAL	PON
2	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	0	0	0	0	0	0	2	0,2	2	0,16	16	1,20
2	0,1	2	0,1	2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,2	2	0,16	14	1,06
2	0,1	2	0,1	1	0,1	2	0,1	1	0,1	0	0	1	0,1	0	0	0	0	12	0,89
2	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	0	0	0	0	1	0,1	0	0	0	0	12	0,88
-1	-0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	0	0	0	0	0	0	2	0,2	2	0,16	11	0,83
-2	-0,1	0	0	2	0,1	2	0,1	1	0,1	0	0	2	0,2	1	0,1	1	0,08	10	0,78
-2	-0,1	0	0	1	0,1	1	0,1	1	0,1	2	0,2	0	0	2	0,2	2	0,16	8	0,64
-2	-0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	2	0,2	1	0,1	1	0,08	8	0,63
-2	-0,1	1	0,1	2	0,1	1	0,1	0	0	0	0	1	0,1	1	0,1	1	0,08	8	0,62
-2	-0,1	1	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	-1	-0,1	0	0	1	0,1	1	0,08	8	0,61
-2	-0,1	-1	-0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	2	0,2	2	0,16	7	0,56
-2	-0,1	0	0	2	0,1	1	0,1	0	0	0	0	0	0	2	0,2	2	0,16	6	0,47

Gráfico 4.18: Matriz de priorización de proyectos relacionados con Redes Inteligentes en la Empresa Eléctrica Ambato

En función de la clasificación planteada en la matriz, se priorizan los proyectos de acuerdo a los tres escenarios planteados, obteniendo así el mapa de ruta que se detalla a continuación:

4.5.2.4 Mapa de Ruta para la Transformación de la Red Eléctrica de la EEASA en una Red Inteligente ^[76]

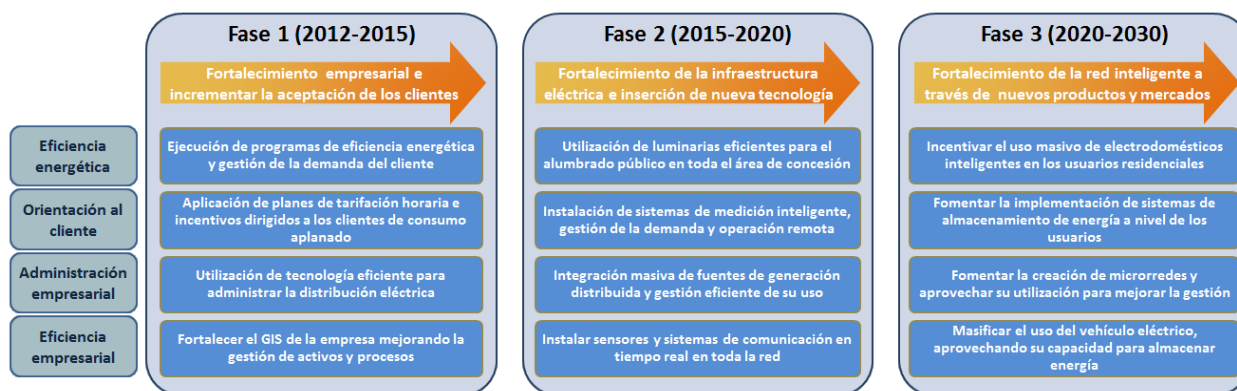


Gráfico 4.19: Mapa de ruta para la implementación de Redes Inteligentes de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

El desarrollo de las Redes Inteligentes implica modificar al sistema eléctrico en su conjunto, la red de distribución constituye el sector de mayor interés e importancia ya que su transformación en sistemas inteligentes permitirá que un mayor número de usuarios dispongan de electricidad con un suministro seguro, confiable y eficiente caracterizado por la reducción de pérdidas y el incremento de la Eficiencia Energética. Es importante resaltar que cualquier cambio importante que se vaya a dar en el sector requiere la participación de todos los actores del sistema eléctrico, siendo el gobierno el principal involucrado a través de los reglamentos que emita y aportes económicos que conceda dando paso o frenando la implementación de las Redes Inteligentes, siendo una etapa previa y permanente al desarrollo de las Smart Grids casi no considerado en el estudio dado que en declaraciones emitidas por representantes del MEER en los distintos espacios de discusión se aprecia que existe todo el interés al respecto.

En función de la priorización de las alternativas de proyecto y los estudios realizados, la transformación de la red de distribución de la Empresa Eléctrica Ambato en una Red Inteligente se puede resumir en los siguientes pasos:

4.5.2.4.1 *Fase 1 – Fortalecimiento empresarial e incremento de la aceptación de los clientes*

La fase inicial de la implementación de Redes Inteligentes se enfoca en el fortalecimiento de la empresa al lograr eficiencia en la gestión de activos y administración en general, priorizando el fortalecimiento del GIS y el uso de nuevas y eficientes tecnologías para administrar la distribución eléctrica basada en sistemas SCADA, EMS, DMS y OMS; por otro lado se focaliza en la concientización al cliente al impulsar una cultura de ahorro mediante programas de Eficiencia Energética que tras los reglamentos necesarios abrirán la puerta a una tarificación horaria que incentive a los clientes a tener consumos regulares y aplanados, dentro de las iniciativas en este campo se destacan:

4.5.2.4.1.1 **Ejecución de programas de Eficiencia Energética y Gestión de la Demanda del cliente.**

Previo a la conversión de las redes de distribución en sistemas inteligentes es necesario concientizar a los usuarios sobre el uso racional de la energía eléctrica, por tal razón es conveniente que se ejecuten una diversidad de programas de Eficiencia Energética dirigidos a todos los usuarios del sistema y difundidos por la mayor parte de medios de comunicación e información: radio, televisión, internet, redes sociales, etc. El propósito de estos programas es educar al usuario a fin de reducir su consumo eléctrico, gestionar su demanda y sentar la base que permita aprovechar de mejor manera todas las bondades y beneficios de las Redes Inteligentes; tal campaña podría servir para dar a conocer al usuario todo lo relacionado con las Smart Grids y en especial los beneficios que podría percibir a partir de su implementación, logrando que los consumidores tengan un óptimo nivel de aceptación de esa tecnología facilitando su desarrollo y sentando las bases de la tarificación horaria.

4.5.2.4.1.2 Creación y fortalecimiento de los sistemas de control y administración de la red eléctrica.

Actualmente varias empresas del Ecuador no disponen de GIS y de sistemas de control y administración de la red; siendo necesario que se implementen estos sistemas o se fortalezcan los ya existentes como en el caso de la EEASA a fin de que permitan gestionar de manera eficiente la infraestructura eléctrica de cada empresa de distribución, este hecho constituye una de las metas del Proyecto SIGDE constituyendo un paso previo y complementario a la implementación de las Redes Inteligentes.

Cabe señalar que en su plan estratégico 2012-2015 la EEASA contempla el desarrollo de proyectos encaminados a la etapa inicial del desarrollo de Redes Inteligentes manteniendo presupuestos para los proyectos planteados y otros de interés de la empresa que se centran en los siguientes objetivos: Incrementar la calidad de servicio de energía eléctrica, Fomentar la eficiencia empresarial, Fortalecer el uso eficiente de la demanda de energía eléctrica, Ampliar la cobertura del servicio eléctrico en el área de concesión, Reducir los impactos socio ambientales del sistema eléctrico, Incrementar el uso eficiente de los recursos, Fortalecer el desarrollo del talento humano y Consolidar el acercamiento con la comunidad.

4.5.2.4.2 *Fase 2 – Fortalecimiento de la infraestructura eléctrica e inserción de nueva tecnología*

La segunda fase de la implementación de Redes Inteligentes se orienta al fortalecimiento de la red eléctrica propiamente, está dirigida al remplazo de los elementos ineficientes que conforman la red actual logrando mejorar los procesos propios de la empresa y el monitoreo de su infraestructura, así como los que tiene relación con los clientes, su medición y capacidad de generación eléctrica; es necesario invertir en nueva tecnología a lo largo de toda la red y especialmente en los usuarios que a partir de estos cambios toman un papel protagónico en el sistema eléctrico, las iniciativas en esta etapa son:

4.5.2.4.2.1 Utilización de luminarias eficientes para el alumbrado público.

Es necesario que las empresas distribuidoras replacen los elementos ineficientes dentro de su infraestructura, uno de los componentes críticos en este sentido es el alumbrado público que requiere cerca del 10% de la potencia de la EEASA con los componentes actuales, valor que podría reducirse significativamente generando un importante ahorro para la empresa; este hecho sustenta el desarrollo de las Redes Inteligentes.

4.5.2.4.2.2 Instalación de Sistemas de Medición Inteligente.

La conversión de la red de distribución en una Red Inteligente empieza a tomar forma con la instalación de contadores inteligentes que miden la energía y envían las lecturas a la empresa en forma remota, constituyendo la base de la transformación al permitir la participación activa del usuario y la posibilidad de utilizar una serie de alternativas entre las que se destacan: facturación basada en el consumo real (el usuario puede comprobar los valores), capacidad de operación remota, información permanente al usuario, diversificación tarifaria y de pago incluyendo prepago de electricidad, adaptar al sistema la generación distribuida, sistemas de almacenamiento de electricidad y gestión de la demanda, dar mayor seguridad ante intentos de manipulación o robos de energía, registran la calidad de la electricidad suministrada, etc.

El uso de contadores inteligentes constituye el corazón de las Smart Grids, sin embargo su implementación debe ser progresiva ya que constituye una fuerte inversión para la empresa; de acuerdo a proyecciones de la UE el costo de cada nodo de medición inteligente incluyendo su sistema de comunicación varía entre €80 y €150, por tal razón es conveniente empezar por áreas del sistema donde los usuarios tienen altos niveles de consumo con una gran flexibilidad que puede aprovecharse para gestionar la demanda y convertir a los usuarios en actores activos e integrales del sistema que ayuden a equilibrar la oferta y la demanda.

4.5.2.4.2.3 Integración masiva de fuentes de Generación Distribuida.

La generación distribuida se caracteriza por el uso de energías renovables en la generación eléctrica, dado que en su mayoría son propiedad del usuario, en la actualidad no se ajustan a la planificación y control de las empresas eléctricas; sin embargo su desarrollo es cada vez más intenso ya que contribuyen notablemente a la reducción de emisiones contaminantes y la mitigación del cambio climático, permiten reducir la ampliación de la infraestructura eléctrica, ayudan a dotar de electricidad a lugares remotos o de difícil acceso reduciendo al mínimo las pérdidas y ayudan a mejorar la calidad de la energía y la confiabilidad del sistema.

La generación distribuida es una tecnología de poca aplicación en la actualidad, el mayor problema es el alto costo de instalación, por esta razón no se tiene la experiencia suficiente de su comportamiento a gran escala impidiendo su masificación sin modificar las redes actuales; este panorama cambiará radicalmente con la instalación de contadores inteligentes, ya que la utilización de medios distribuidos se facilita con la tecnología AMI; logrando así que este tipo de generación con el impulso estatal a través de políticas, reglamentos e incentivos se utilice de forma masiva y los costos se reduzcan.

4.5.2.4.2.4 Instalación de sensores y sistemas de comunicación e información en toda la red.

La instalación de sensores a lo largo de toda la infraestructura eléctrica permite conocer con detalle el estado de la misma, por su parte el uso de eficientes sistemas de comunicación e información permiten transferir y analizar la información del usuario desde los contadores inteligentes y de toda la red desde los sensores con el propósito de monitorear, gestionar, controlar, automatizar y proteger al sistema; las comunicaciones dotan de inteligencia a la red al permitir la interacción de cada componente y equipo en tiempo real y a la vez lograr la participación activa del usuario mediante la gestión de su demanda y la generación distribuida; incluso es posible ampliar la utilidad de la red eléctrica con servicios adicionales como: telefonía, radio, televisión e Internet.

El flujo de información de la red de distribución es abundante por ello se requiere contar con un eficiente sistema de comunicación, el protocolo de comunicación IEC61850 usado para el control y automatización de subestaciones constituye una alternativa para las aplicaciones de distribución pues se adapta perfectamente a las plataformas IP que permiten integrar varias tecnologías de comunicación organizadas en tres capas:

- Red doméstica (HAN) que integra al usuario a la red mediante el contador inteligente y sus aplicaciones, se caracteriza por múltiples nodos que son el punto final de consumo y entrada de la generación.
- Red de área local (LAN) para gestionar una parte de la red que cuenta con centrales de generación, generación distribuida, consumidores, industrias y sistemas de almacenamiento energético que cubren una ciudad o poblado (microrredes) y cuenta con varios puntos de acceso.
- Red de área amplia (WAN) que engloba a la red total de una región o país que permite conexiones de larga distancia con los centros de control a fin de compartir y optimizar el uso de recursos de cada región.

Al completar las iniciativas planteadas la red eléctrica puede considerarse como una Red Inteligente que permite la interacción del usuario con la red y el conocimiento oportuno de todos los parámetros de la misma; se puede ampliar su funcionalidad y fortalecerla como se detalla en la siguiente fase.

4.5.2.4.3 *Fase 3 – Fortalecimiento de la red inteligente a través de nuevos productos, servicios y mercados*

La tercera fase de la implementación es la de consolidación que se enfoca en el fortalecimiento de la Red Inteligente mediante la inclusión de nuevos productos como los electrodomésticos inteligentes, los sistemas de almacenamiento de energía, los vehículos eléctricos y nuevos servicios que están disponibles gracias a la creación de microrredes; todas estas aplicaciones conllevan a la apertura de

nuevos mercados que permiten aprovechar al máximo el potencial de las Redes Inteligentes, las iniciativas de esta fase se detallan a continuación:

4.5.2.4.3.1 Incentivar el uso masivo de electrodomésticos inteligentes.

Una vez que el usuario adquiere un papel participativo y protagónico en el sistema eléctrico, es prudente incursionar en nuevos servicios que facilitan la gestión de la demanda; en tal sentido el uso de electrodomésticos inteligentes adquiere enorme importancia, dentro de sus funcionalidades tienen la capacidad de variar la carga conectándose y desconectándose en forma automática en función de la demanda del sistema, a más de ello son de alta eficiencia y brinda información detallada de su consumo al usuario; constituyendo en una eficiente herramienta que facilita la participación del usuario y su aporte al sistema, razón por la cual es necesario que las empresas distribuidoras incentiven a sus clientes para el uso de estos electrodomésticos mediante campañas informativas y generando inversiones en este campo a fin de facilitar la adquisición del usuario.

4.5.2.4.3.2 Fomentar la implementación de sistemas de almacenamiento de energía

El almacenamiento de energía es vital para aprovechar al máximo la inestabilidad y características impredecibles de la generación distribuida que utiliza fuentes de energía renovable, por lo cual es conveniente la instalación de estos sistemas junto a las centrales de generación distribuida; es decir en las inmediaciones del usuario. El desarrollo de las Redes Inteligentes se sustenta en eficientes, ecológicos y económicos métodos de almacenamiento energético entre los que se puede incluir el vehículo eléctrico que representa un arduo desafío y una fantástica oportunidad que posibilite la consolidación de las Smart Grids.

4.5.2.4.3.3 Fomentar la creación de microrredes

El punto máximo en el sistema de distribución basado en Redes Inteligentes es la conformación de microrredes que se componen de la integración de unidades de

generación distribuida, sistemas de almacenamiento y cargas que pueden funcionar conectados a la red principal o en forma aislada, para brindar apoyo a la red en estados de contingencia y satisfacer las necesidades de energía eléctrica y térmica del usuario mejorando la confiabilidad del sistema, disminuyendo las emisiones contaminantes y aumentando la calidad de la energía.

Las Redes Inteligentes hacen posible la existencia de una gran cantidad de información en tiempo real que ayuda a las empresas distribuidoras a tener un mejor conocimiento de su infraestructura para gestionarla de manera eficiente con la posibilidad de efectuar cortes selectivos en casos de contingencia evitando así racionamientos generalizados y limitando su impacto y duración.

4.5.2.4.3.4 Masificar el uso del vehículo eléctrico

La utilización del vehículo eléctrico constituye un aspecto complejo pero de mucha importancia en la implementación de las Redes Inteligentes, su aplicación requiere tomar en cuenta el aumento de la demanda que se produciría por su masiva utilización, a la vez que sería necesario implementar sistemas de recarga públicos que brinden facilidades al usuario; sin embargo su consolidación permitirá lograr eficiencia y sustentabilidad en la movilidad a la vez que los vehículos constituirían eficientes sistemas de almacenamiento portátil de energía que pueden dar soporte al sistema especialmente en los picos de consumo; por estas razones y dado que es una tendencia mundial solventada por la necesidad de reducir los niveles de contaminación, es necesario que en conjunto con las compañías automotrices se incentive el uso de este tipo de transportación y se genere una cultura ecológica y sustentable en el usuario solventada con la preparación previa que las empresas eléctricas requieren para evitar conflictos en la utilización y generar verdaderas soluciones de transporte.

Una vez establecido el mapa de ruta y los pasos a seguir para la implementación de las Redes Inteligentes en el sistema de distribución, es necesario analizar cada alternativa por separado antes de implementarla a fin de determinar su factibilidad de aplicación y las estrategias que deben darse para generar la requerida

aceptación y acogida por parte del usuario; por tal razón dado que es el corazón de las Redes Inteligentes y constituye uno de los proyectos prioritarios en su implementación, se analiza la experiencia piloto de medición remota que la Empresa Eléctrica Ambato ha tenido en los clientes especiales de su área de concesión y finalmente la factibilidad económica de la instalación de medidores inteligentes en clientes masivos de la Empresa.

4.5.2.5 Experiencias piloto de Medición Inteligente en Clientes Especiales de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. ^{[30][31]}

Con el propósito de mejorar su imagen corporativa, incursionar en nuevas tecnologías y mejorar la eficiencia de los procesos de medición en los clientes de mayor consumo de energía, la EEASA implementó un Sistema de Telemedición para el control, monitoreo y análisis de la información de los clientes especiales, logrando fortalecer y mejorar los procesos de facturación y control de los sistemas de medida. El Sistema transmite información del consumo eléctrico, el diagrama fasorial de voltajes y corrientes, el perfil de carga, notificaciones de eventos y alarmas; datos que permiten realizar el análisis remoto ahorrando tiempo y recursos a la empresa; permitiendo incluso realizar acciones preventivas.

El proyecto de telemedición inició su etapa de planificación en el año 2010, partiendo de una etapa piloto que incluye 60 equipos de medida que utilizan Telemedición Celular GSM, se escogió esta tecnología tomando en cuenta que el sistema se implementa en campo abierto en zonas alejadas del casco urbano de la ciudad y este tipo de tecnología tiene mayor cobertura y permite lograr una comunicación robusta. El sistema se implementó a los clientes especiales que disponían de contadores multitarifarios marca ELSTER/ABB tipo A1RLQ+ para aprovechar la infraestructura instalada, la misma que se complementó con la tecnología para transmitir datos mediante red GPRS a través de un módulo instalado directamente al BUS de la placa principal del medidor (“UNDER GLASS”) y alimentado por la fuente de voltaje propia del mismo, evitando problemas técnicos y el acceso o manipulación de los usuarios a los componentes

que conforman el sistema; para completar la solución tecnológica se adquirió un software que realiza todas las funciones necesarias para la transmisión de datos. Las empresas Sylvatech S.A. y EasyMetering S.A. proveen a la EEASA los equipos de comunicación, módulo AMR/GPRS inteligente y software EasyMetering, para los servicios de transmisión de datos se contrata a la Operadora Alegro y la última milla con CNT; completando así el sistema de telemedición que se ejemplifica en la figura.

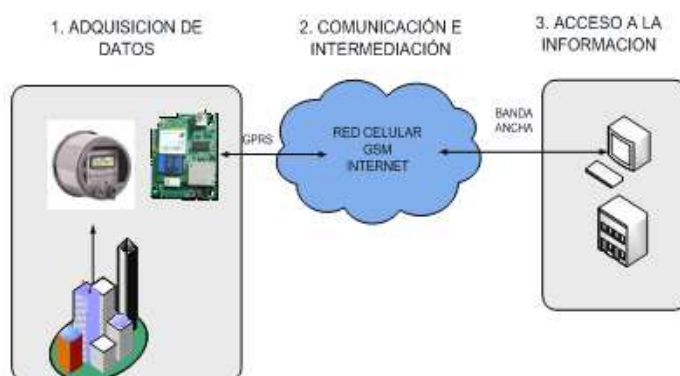


Gráfico 4.20: Componentes principales del sistema de telemedición de la EEASA

El módulo AMR/GPRS inteligente permite realizar múltiples tareas como: Medición y lectura automática remota para medidores marca ELSTER/ABB (A1RLQ+); Actualización remota del firmware (micro código) del módulo; Identifica la manipulación de los componentes del sistema; Detecta el mal funcionamiento o falta de energía en el medidor; Notifica la finalización del período de facturación y repone automáticamente la demanda; Transmite lecturas autónomas de instrumentación (diagrama fasorial, eventos y estatus, facturación, perfil de carga, notificación de facturación y notificación de alarmas); Dispone de comandos remotos para solicitar datos como: facturación, eventos y estatus, configuración de hora, reset de demanda, reset de perfil de carga, instrumentación, etc.

El software usado es **EasyMetering** con licencia de uso a perpetuidad del Sistema de Telemedición, siendo el complemento de los módulos inteligentes; el paquete informático contiene: Software de Adquisición de Datos/Gateway, Interfaces Xml/Web Services, Sistema de Activación de Módulos (Inventarios),

Notificación de Activaciones (e-mail), Notificación de Alarmas (e-mail), Notificación de Eventos GPRS (e-mail) (apagón), Sistema de Monitoreo de Módulos (Aplicación Windows Form para XP), Aplicación Web para visualización de lecturas/Perfil de carga y Log de Eventos y Soporta la base de datos Oracle One. El sistema trabaja sobre el protocolo WMSP el mismo que disminuye el over head en la red (disminuye el tráfico), acelera la velocidad en la lectura del contador (10 a 20 veces más rápido), hace eficiente el consumo de energía interna del contador y sincroniza la red de contadores con la hora de internet y cuenta con la ubicación geográfica de los clientes en el mapa mediante Google Earth. El sistema de adquisición de datos recibe periódicamente lecturas autónomas, las mismas que se pueden configurar en los intervalos que se detallan en la tabla.

Parámetro	Tarea	Intervalo
Lectura Autónoma 1	Instrumentación	60 minutos
Lectura Autónoma 2	Eventos y Estatus	4 horas
Lectura Autónoma 3	Facturación	12 horas
Lectura Autónoma 4	Perfil de carga	18 horas
Alarma	Notificación de Alarma	Sobre evento
Facturación	Notificación de Facturación	Definido en el medidor

Tabla 4.27: Configuración de lecturas autónomas.

El costo del proyecto de telemedición en la fase piloto consiste en un rubro propio de la instalación del sistema y un costo mensual de operaciones, los costos de instalación se detalla en la tabla.

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Licencia de uso a perpetuidad del Software del Sistema	1	28.500	28.500
Módulo AMR y antena	60	365	21.900
Instalación del sistema	1	1.000	1.000
Sim Card	60	3	180
Instalación e inscripción del servicio telefónico	1	350	350
TOTAL			51.930

Tabla 4.28: Costo referencial del proyecto piloto de telemedición de la EEASA

Los costos de operación mensual se detallan en la tabla, cabe indicar que el consumo de transmisión por cliente es inferior a 4MB.

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Costo de instalación última milla, entre EEASA y nube GPRS	1	265,00	265,00
Costo del servicio portador, EEASA-nube GPRS 512kbps IP	60	2,50	150,00
Arriendo de equipos servicio portados	1	45,00	45,00
Servicio de transmisión de datos	1	7,66	7,66
TOTAL			467,66

Tabla 4.29: Costo mensual por servicio de transmisión de datos hasta 4MB por usuario

El proyecto piloto ha sido exitoso y permite a la EEASA tener un seguimiento continuo del funcionamiento del sistema de medición, los mayores beneficios obtenidos en base al proyecto son: Contribuir al desarrollo tecnológico de la empresa; Interconectar a los usuarios internos de la EEASA a través de la aplicación Web; Realizar un control aleatorio y/o periódico del sistema de medida; Tomar las lecturas de manera automática remota y sin errores; Facturar el consumo de los clientes de manera automática (enlace directo entre el medidor, la base de datos y el sistema de facturación); Efectuar tareas como: configuración de la hora, reset de demanda, reset del log de eventos y reset de perfil de carga vía remota; Monitorear la red de medidores desde las oficinas de la EEASA; Se tiene un respaldo automático de la información almacenada en caso de falla de energía; Administración remota de los módulos AMR/GPRS; Recibir alarmas al instante de generarse un evento en el sistema de medida, tales como: pérdida de señal de corriente y/o tensión, cuando el medidor sufre un apagón, batería baja, inversión de señales de corriente y/o tensión cuando existe manipulación, etc.; Facturar automáticamente el primer día de cada mes, es decir se factura el mes completo y con el adicional de que las lecturas constan con dos decimales tanto para energía como para demanda; Cuando el cliente solicite información respecto a las curvas de demanda y energía, la EEASA proporciona lo solicitado de manera inmediata vía Internet, siendo esta información de mucha utilidad para que el cliente tengan un control sobre su consumo energético, a más de posibilitar

una reorganización dentro de sus instalaciones de los diferentes procesos productivos; Realizar los reportes de Calidad del Producto (Regulación 04/001) al CONELEC, la información proporcionada por el Sistema de Telediagnóstico es utilizada para calcular el factor de potencia así como también reportar mensualmente el comportamiento de los consumos de los clientes; A través del diagrama fasorial se efectúa una revisión en oficinas del conexas de los diferentes componentes del sistema de medida, con el objeto de preparar un reporte de revisión en sitio; Controlar, monitorear y verificar la información y funcionamiento de los sistemas de medida de los clientes especiales; Recibir la información directamente del medidor sin manipular los datos en la transmisión.

En base a las ventajas del sistema y al éxito obtenido en el proyecto piloto, la empresa tiene planificado a fines del año 2012 instalar el sistema a alrededor de 800 clientes especiales de consumos y demandas significativas abarcando toda su área de concesión.

4.5.2.6 Análisis de la Factibilidad Económica de la Instalación de Medidores Inteligentes en Clientes Residenciales de la Zona Urbana de Tungurahua por parte de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. [32]

Los contadores inteligentes son considerados el corazón de las Smart Grids, su utilización constituye la base que soporta una gran cantidad de aplicaciones orientadas al usuario; razón por la cual se analiza la factibilidad económica de este proyecto emblemático. Previo al análisis de factibilidad económica de la implementación de medidores inteligentes, es conveniente tomar en cuenta una alternativa tecnológica que permita aclarar el panorama de esta actividad, posterior a ello en el análisis económico se debe identificar con claridad la magnitud del proyecto a ejecutar para contrastar la inversión necesaria en la implementación y los costos ahorrados a partir de la puesta en marcha del proyecto; estos datos permiten verificar la rentabilidad al analizar los indicadores económicos: Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del

proyecto, el mismo que de acuerdo al mapa de ruta elaborado deberá ejecutarse en el mediano plazo entre los años 2015 y 2020.

4.5.2.6.1 *Alternativa Tecnológica de Medición Inteligente* ^[33]

El campo de la medición inteligente está en crecimiento por lo que existen varios proveedores de equipos de este tipo; uno de los más representativos es Elster, el mismo que provee equipos con capacidad de tarificación horaria y software para aplicaciones SG, para la comunicación utiliza radio frecuencia y su mayor campo de acción está en Estados Unidos con más de 800 mil instrumentos instalados.

La empresa SILVATECH S.A., representante de Elster Electricity plantea la siguiente alternativa para la implementación de sistemas AMI, en la que se destaca que el sistema es una red unificada de comunicaciones que soporta la tecnología de medición inteligente AMI y utiliza tecnología de Radio Frecuencia tipo malla (salta obstáculos) en la banda libre de los 900MHz para proporcionar la recolección de datos de medidores y soportar una variedad de aplicaciones de Red Inteligente, sus componentes se detallan a continuación:

- Sistema de Administración EnergyAxis (EA-MS) que administra las operaciones de control de la red y las interfaces con las aplicaciones Corporativas (Sistemas Comerciales, Facturación, etc.).
- Los Gatekeepers o colectores reciben los datos de hasta 2.000 medidores, ofreciendo numerosos beneficios como filtro avanzado de eventos, ruteo de la red, redundancia de datos críticos, llaves de seguridad, etc.
- La comunicación entre el colector y el EA-MS es a través de WAN públicos o privados que incluyen telefonía celular 2G ó 3G, fibra óptica, o redes IP.
- Las Comunicaciones LAN a través de RF permiten la comunicación entre el gatekeeper y el contador y son auto-registro, auto-optimización y auto-reparables, permitiendo su actualización de manera remota.
- Los medidores inteligentes residenciales (REX2) incluyen funcionalidades como: Información a solicitud de energía, demanda, estatus y datos de

instrumentación; Demanda con intervalos de 5, 15, 30 o 60 minutos, incluyendo reposición remota y limitación de demanda; Medición flexible de energía exportada, importada, suma de energía exportada e importada y energía neta (exportada menos importada); Medición del tiempo de uso; Colección de datos de perfil de carga almacenados cada 15, 30, o 60 minutos; Contador de apagones/parpadeo; Fijación de precios en tiempo real o bloque crítico; Detección de fraude y Verificación de Estatus con una amplia variedad de condiciones, advertencias y errores reportados a través de la red.

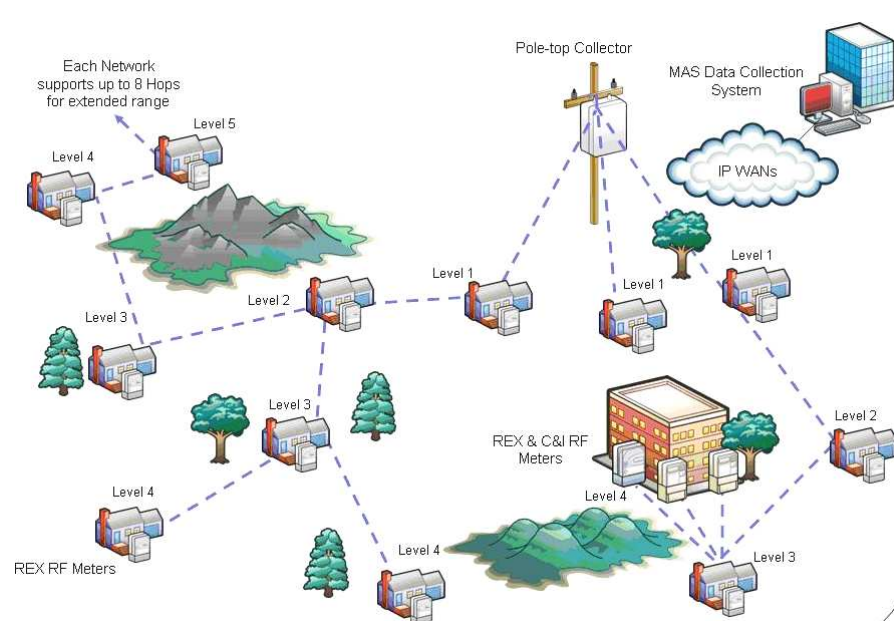


Gráfico 4.21: Componentes principales del sistema de medición inteligente

La alternativa de Elster permite tener una visión bastante detallada y clara que refuerza el conocimiento de los sistemas de medición inteligente en su conjunto; sin embargo se debe analizar la mejor alternativa para cada empresa en particular, teniendo mayor atención en aspectos críticos como la capacidad y tipo de comunicación, posibilidad de interconexión con otras tecnologías y sistemas, funcionalidades del sistema de medición en su conjunto y desde luego los costos de instalación y mantenimiento.

4.5.2.6.2 Estudio Económico de la Implementación de Contadores Inteligentes

Al igual que lo realizado en la telemedición de clientes especiales, es conveniente que la implementación de medidores inteligentes con capacidad de operación remota y otros servicios asociados inicie con una etapa piloto que permita evaluar todos los aspectos que envuelven al proyecto y sus beneficios asociados; en tal sentido se escogió la zona urbana de Tungurahua (41945 clientes residenciales) para realizar el estudio económico del proyecto piloto de medición inteligente para usuarios residenciales; este sector se caracteriza por concentrar el 19,16% de usuarios de toda el área de concesión de la EEASA a la vez que permite optimizar el uso de recursos técnicos, administrativos y económicos de la empresa; para el estudio económico del proyecto es necesario tomar en cuenta todos los gastos y ahorros que se generan en al implementación de los sistemas AMI y en base a los indicadores económicos (VAN y TIR) evaluar la rentabilidad del proyecto; dichos indicadores se detallan a continuación:

4.5.2.6.2.1 El Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es un procedimiento usado para calcular el valor presente de los flujos de caja futuros originados por una inversión; la metodología consiste en actualizar mediante una tasa todos los flujos de caja futuros del proyecto, a este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. El VAN es uno de los criterios económicos más usados en la evaluación de proyectos de inversión, este determina la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde: V_t representa los flujos de caja en cada periodo t
 I_0 es la inversión inicial
 n es el número de años o períodos considerado.

k es el interés

El VAN del proyecto permite tomar decisiones sobre el mismo de acuerdo a la siguiente descripción:

Resultado	Descripción	Decisión a tomar
$VAN > 0$	La inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida	El proyecto puede aceptarse
$VAN < 0$	La inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad exigida	El proyecto debe rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ganancias ni pérdidas	La decisión se basa en otros criterios

Tabla 4.30: Consideraciones de un proyecto al analizar el VAN

4.5.2.6.2.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR de una inversión se define como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados por la inversión, es decir el TIR es la tasa de descuento con la cual el VAN es igual a cero; constituyendo un indicador de la rentabilidad de un proyecto ya que a mayor TIR, mayor rentabilidad. Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión al compararlo con una tasa de rentabilidad mínima esperada del siguiente modo:

Resultado	Descripción	Decisión a tomar
$TIR > k$	La rentabilidad es mayor que la rentabilidad mínima requerida	El proyecto puede aceptarse
$TIR < k$	La rentabilidad es menor que la rentabilidad mínima requerida	El proyecto debe rechazarse
$TIR = k$	La rentabilidad es igual que la rentabilidad mínima requerida	La decisión se toma en función de criterios adicionales

Tabla 4.31: Consideraciones de un proyecto al analizar el TIR

La tasa de rentabilidad mínima aceptable que el CONELEC utiliza en estudios económicos y tarifarios del Sector Eléctrico es de 11,6%; en tal virtud se utiliza esta tasa para el posterior estudio económico.

4.5.2.6.2.3 Rentabilidad del Proyecto

La rentabilidad del proyecto se obtiene al analizar los índices económicos descritos, es necesario considerar los flujos de caja que el proyecto genera en un período de tiempo definido, para ello se estudia el impacto económico de la implementación de medidores inteligentes en contraste con los procesos normales que actualmente mantiene la empresa distribuidora, para el análisis se toman como referencia los datos proporcionados por la EEASA en su resumen del año 2011 y los proyectados en su plan estratégico 2012-2015.

- *Inversión Inicial*

La Inversión Inicial abarca el costo de los contadores inteligentes y los rubros asociados a su instalación, el valor más representativo es el costo de los medidores y su software, el mismo que de acuerdo a proyectos internacionales y nacionales tiene un costo unitario actual de aproximadamente \$150 incluyendo su software de gestión empresarial; este valor para el año 2015 en el que se podría implementar el proyecto, de acuerdo a la tendencia del mercado tendrá una reducción del 20%, con lo cual el costo esperado sería de \$120 por medidor. La instalación de medidores inteligentes relaciona la mano de obra utilizada en el proceso de implementación, dicha tarea puede ser encomendada al personal de la empresa en un costo aproximado de \$25 por medidor.

Finalmente es necesario instalar un sistema de gestión de datos a fin de complementar el funcionamiento del equipo de medición, el mismo que de acuerdo a DNV KEMA Energy & Sustainability que es una autoridad mundial que lidera los negocios, consultoría técnica, pruebas, inspecciones y certificaciones del sector eléctrico equivale al 10% del valor de la inversión de los medidores;

este rubro se obtiene en base a la retroalimentación de proveedores y ejecutivos de servicios que han realizado este tipo de proyectos en otros países.

- *Flujo de Fondos Anual*

El flujo de fondos anual corresponde a todos los costos que la empresa ahorra a partir de la instalación de medidores inteligentes, gran parte de procesos se vuelven automáticos y la seguridad de la infraestructura incrementa, estos costos se detallan a continuación:

- Lectura de medidores, este costo se genera por la toma de lecturas de los datos de consumo de los clientes, incluye costos administrativos y de personal en campo; en este rubro se detalla un costo anual de \$839.000 para toda el área de concesión, teniendo un equivalente de \$160.752 para el área urbana de Tungurahua que corresponde al 19,16% del número de clientes del área de concesión de la empresa.
- Operaciones, este valor conocido como gestión de cartera se genera por la conexión y desconexión del servicio a clientes con problemas de pago, incluye notificaciones, procesos administrativos y acciones propias en campo; el valor presupuestado en la gestión de cartera tiene un valor anual de \$1.230.000 para el área de concesión, teniendo un equivalente de \$235.668 para el área urbana de Tungurahua.
- Energía no suministrada, este rubro corresponde a la recaudación que la empresa deja de percibir por la energía que no vende a los clientes debido a la demora ocasionada por procesos administrativos y movilización del personal encargado de la reconexión del servicio previamente suspendido por morosidad; su valor en el 2011 fue de 45,05MWh en toda el área de concesión y el tiempo promedio fuera de servicio fue 36 horas mensuales o 18 días al año; para los cálculos se asume un costo de 8 centavos por kWh como tarifa residencial.
- Pérdidas no técnicas, a pesar que la empresa tiene un bajo porcentaje de pérdidas no técnicas equivalentes al 1,46% de la energía total disponible

(502934,75MWh), la recuperación de este valor mediante la instalación de contadores eficientes y de difícil vulnerabilidad permite un importante ahorro para la empresa.

- Otros costos ahorrados, en su plan estratégico 2012-2015 la EEASA plantea una inversión anual de alrededor de \$200.000 para mejorar sus procesos administrativos y de operación a fin de reducir los tiempos empleados en lecturas y gestión de cartera; y la reducción de pérdidas no técnicas constituyéndose en otros costos que se podría ahorrar mediante la instalación de contadores inteligentes que incluyen dentro de sus prestaciones tareas enfocadas a tal aspecto.
- En el análisis económico se han tomado en cuenta los aspectos de fácil cuantificación y mayor importancia, a pesar de ello existen una serie de aspectos asociados que pueden generar ahorro a la empresa tras la instalación de medidores inteligentes que constituyen un Impacto Positivo asociado al proyecto; en su conjunto este se considera como el 2% de la inversión total de acuerdo a estimaciones utilizadas en proyectos similares efectuados en otros países.

Para los cálculos se considera un total de 218920 clientes en la empresa, siendo 41945 (19,16%) los clientes que corresponden al área en estudio, los índices económicos se calculan para un tiempo de recuperación de 15 años y tomando una tasa de interés de 11,6% que es la tasa empleada en proyectos eléctricos de acuerdo a lo indicado por el CONELEC; el cálculo de la inversión, flujo de costos anuales, el VAN y el TIR se detalla en la siguiente tabla:

COSTOS DE INVERSIÓN			
RUBRO	COSTO UNITARIO (\$)	CLIENTES	COSTO TOTAL(\$)
MEDIDOR INTELIGENTE	120	41.945	5.033.400
INSTALACIÓN MEDIDORES	25	41.945	1.048.625
SISTEMA DE GESTIÓN	12	41.945	503.340

Tabla 4.32: Costos de la inversión inicial del proyecto

FLUJO DE COSTOS ANUALES AHORRADOS					
RUBRO	COSTO ANUAL AC(\$)	PORCENTAJE (%)	COSTO ANUAL AS(\$)		
LECTURA DE MEDIDORES	839.000	19,16	160.752		
OPERACIONES	1.230.000	19,16	235.668		
RUBRO	COSTO kWh (c\$)	MWh ANUALES	DIAS SIN SERVICIO/AÑO	COSTO ANUAL AC(\$)	COSTO ANUAL AS(\$)
ENERGÍA NO SUMINISTRADA	8	45,05	18	1.556.928,00	298.306,89
RUBRO	COSTO kWh (c\$)	MWh DISPONIBLES AÑO	PÉRDIDAS (%)	COSTO ANUAL AC(\$)	COSTO ANUAL AS(\$)
PÉRDIDAS NO TÉCNICAS	8	502.934,75	1,46	587.427,79	112.550,97
RUBRO	COSTO ANUAL AC(\$)	PORCENTAJE (%)	COSTO ANUAL AS(\$)		
OTROS COSTOS	200.000,00	19,16	38.319,93		
IMPACTO POSITIVO DEL PROYECTO			131.707,30		

Tabla 4.33: Flujo de costos anuales ahorrados gracias a la implementación del proyecto

	NÚMERO DE CLIENTES DE LA EMPRESA	218.920,00
	NÚMERO DE AÑOS	15,00
	INTERÉS (%)	11,60
INVERSIÓN	COSTO MEDIDORES	5.033.400,00
	COSTO INSTALACIÓN	1.048.625,00
	COSTO SISTEMA DE GESTIÓN	503.340,00
FLUJO DE COSTOS	COSTO LECTURA DE MEDIDORES	160.752,12
	COSTO OPERACIONES	235.667,60
	COSTO ENERGÍA NO SUMINISTRADA	298.306,89
	COSTO POR PÉRDIDAS NO TÉCNICAS	112.550,97
	OTROS COSTOS AHORRADOS	38.319,93
	IMPACTO POSITIVO DEL PROYECTO	131.707,30
	INVERSIÓN TOTAL	6.585.365,00
	FLUJO DE FONDOS ANUAL	977.304,82
	VAN	\$ 215.590,12
	TIR	12%

Tabla 4.34: Cálculo de los índices económicos que muestran la rentabilidad del proyecto

En base al cálculo de los índices se verifica que el proyecto es rentable; sin embargo es necesario que la implementación de medidores inteligentes se complemente con la publicidad e información suficiente a los clientes, para evitar que estos rechacen su utilización o malinterpreten su uso especialmente por la gran cantidad de datos y comportamientos de consumo que emite; siendo de prioritaria importancia establecer sistemas de seguridad de datos adecuados y servicios adicionales que motiven al usuario.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente capítulo es una recopilación de las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron a lo largo de todo el estudio y entendimiento de las Redes Inteligentes, especialmente en lo relacionado al Ecuador.

5.1 CONCLUSIONES

- Del análisis efectuado se destaca que la falta de modernización de la infraestructura eléctrica, ha ocasionado que su problemática se incremente; siendo inaplazable su transformación a fin de aumentar y diversificar los servicios que le permitan adaptarse al estilo de vida de la sociedad actual.
- El estudio muestra que los contadores inteligentes constituyen el corazón de las Smart Grids al posibilitar el uso y aprovechamiento de diversas tecnologías y permitir que el usuario se vuelva parte activa del sistema potencializando su participación, sin embargo los medidores por si solos no dan inteligencia a la red, es necesario contar con eficientes sistemas de comunicaciones y sensores, ya que las Redes Inteligentes constituyen un sistema complejo que involucra una serie de tecnologías distribuidas a lo largo de toda la infraestructura eléctrica.
- Para optimizar los recursos y disminuir los errores en la implementación de Redes Inteligentes, los países de menor desarrollo social y tecnológico deben aprovechar los conocimientos adquiridos mediante las experiencias internacionales para adaptarlas a sus necesidades.
- El éxito del desarrollo de las Redes Inteligentes en Europa se debe a que existe un interés conjunto que las impulsa, hecho que se refleja en políticas claras, la creación de varios centros de estudio y la implementación de una

gran cantidad de proyectos, siendo los más comunes los que están relacionados con la medición inteligente.

- Se pudo evidenciar que los países de América Latina y sus sistemas eléctricos son muy diversos en cuanto al desarrollo, antecedentes, estructura, reglamentación, gestión, operación, etc.; en tal virtud no existen soluciones Smart Grids generales, ocasionando así muchos retos que se deben superar antes de implementar Redes Inteligentes, situación que pone de manifiesto la necesidad de una mayor colaboración internacional a fin de adoptar una visión regional para el despliegue de las Smart Grids.
- El análisis del Sistema Eléctrico Ecuatoriano muestra que la generación eléctrica es altamente contaminante y costosa, y altamente dependiente de los derivados del petróleo y la importación; adicionalmente se aprecia que el 6,65% de viviendas no disponen de electricidad, generando así grandes brechas sociales que impiden el fortalecimiento y desarrollo de estos estratos, es prioritario el fortalecimiento del Sector Eléctrico a fin de conseguir cobertura universal e independencia energética.
- A pesar de los evidentes problemas del Sistema Eléctrico Ecuatoriano se estima un futuro alentador, dado que el MEER está reorganizando el Sistema de Distribución a través del proyecto SIGDE y bajo la dirección del CENACE y la participación de múltiples actores del sector eléctrico se empieza a tratar con profundidad la importancia de las Redes Inteligentes y la implementación de un mapa de ruta que constituye la base para el desarrollo de las Smart Grids en el país; las mismas que se sustentan en una serie de proyectos que están en proceso de planificación y ejecución.
- El estudio del proyecto pionero de medición inteligente en Ecuador llevado a cabo por la Eléctrica de Guayaquil refleja parte de la problemática del Sistema de Distribución y al parecer no involucró al usuario; hechos que sumado a los problemas de coordinación interna de la empresa, ocasionaron que en meses posteriores a la implementación se genere un descontento general de los consumidores, ocasionando problemas para la empresa y sentando un precedente negativo que puede plasmarse en la memoria colectiva y convertirse en un fuerte opositor para la ejecución de futuros proyectos de medición inteligente o Smart Grids en el país.

- Tras analizar el Sistema de Distribución del Ecuador y basándose en el Modelo de Madurez Smart Grid (SGMM) cuya referencia internacional y metodología de elaboración se indican en el cuarto capítulo, se pudo concluir que existe un altísimo desconocimiento del complejo mundo de las Redes Inteligentes por parte de las empresas distribuidoras, hecho que se profundiza por la falta de interés y cooperación que demostraron la mayor parte de las mismas al no completar el cuestionario que se les hizo llegar; razón por la que no se pudo evaluar el estado de madurez en Redes Inteligentes de todas las empresas del país.
- Gracias a la colaboración de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) y aplicando técnicas sugeridas por el Director del proyecto RIE que se detallan en el caso de estudio, se pudo analizar la situación de la EEASA a fin de examinar su madurez en Redes Inteligentes, priorizar los proyectos que se podrían ejecutar elaborando un mapa de ruta para la implementación de Smart Grids y planteando un ejemplo del análisis de la factibilidad económica del proyecto emblemático en el desarrollo de Redes Inteligentes; dicho caso de estudio constituye la metodología sugerida para la incursión de las empresas distribuidoras en procesos de implementación de Redes Inteligentes.
- El análisis efectuado se enfoca en la descripción de Redes Inteligentes y su aplicación en los Sistemas de Distribución Eléctrica, sin embargo es necesario resaltar que el estado actual de estos sistemas en el país y la necesidad de mayor ingeniería en este nivel reflejada en las grandes pérdidas y la falta de información actualizada no permitirían aprovechar el vasto potencial que proyectan las Smart Grids al alcanzar su máximo desarrollo; razón por lo cual es prioritario preparar al Sistema de Distribución para cuando se decida hacer tan importante cambio permitiendo organizar y estandarizar la recolección y manejo de información a fin de mantenerla completa y actualizada, para un correcto análisis de la planificación, diseño y operación cuya importancia se ha visto mermada en los últimos años, ya que no se puede emprender tan importante avance tecnológico que podría agravar el problema si no se corrigen los errores sustanciales existentes.

5.2 RECOMENDACIONES

- El concepto de las Redes Inteligentes abarca un complejo sistema que debe empezar a darse a conocer a los profesionales de empresas y entidades del Sector Eléctrico Ecuatoriano en general y en especial a los relacionados con el Sistema de Distribución, a fin de garantizar un mayor involucramiento de los trabajadores del Sector Eléctrico ya que a mediano plazo serán el sustento de la conversión de la tecnología actual en tecnologías inteligentes.
- Es necesario que el Gobierno del Ecuador y las Autoridades del Sector Eléctrico brinden un fuerte apoyo a los proyectos relacionados con Redes Inteligentes que las Empresas Distribuidoras tengan planificado implementar, claro está que estos proyectos deben tener profundos estudios de viabilidad que demuestren su beneficio para el país.
- Para encaminar correctamente el proceso de implementación de Redes Inteligentes en el Ecuador, es conveniente que se cree una entidad encargada de la coordinación del desarrollo de Smart Grids en el país; este organismo debe organizar adecuadamente el trabajo y esfuerzo de todos los involucrados consiguiendo un desarrollo armónico que ligue las metas que plantee el proyecto RIE con el proyecto SIGDE que deberá constituirse en la base de la implementación de Redes Inteligentes en el Sistema de Distribución Ecuatoriano.
- En el campo de la regulación es necesario que el CONELEC empiece a trabajar en temas como: normas técnicas de despacho y operación de energía generada a nivel distribuido en base a energías renovables, los mecanismos e incentivos para la introducción masiva de sistemas AMI, diversificación de tarifas que estimulen el ahorro del usuario, motivaciones para la utilización del vehículo eléctrico; aspectos que a pesar que no se han definido con claridad en el país son parte de un inevitable futuro por lo cual se requiere adelantar el trabajo para evitar que la falta de reglamentos se convierta en una problemática nacional.
- Los gobiernos latinoamericanos deberían empezar a trabajar en conjunto a fin de establecer políticas energéticas regionales y mecanismos de

cooperación internacional; ya que esta es la única manera de lograr que la región tenga un mejor desarrollo en el campo de las Redes Inteligentes logrando obtener un suministro eficiente y sostenible.

- En el desarrollo de las Redes Inteligentes, desde las etapas de planificación es esencial incluir al sector académico y profundizar en estudios que aporten al correcto desenvolvimiento de las Smart Grids, evitando realizar esfuerzos aislados o inútiles que limiten su desenvolvimiento y la aceptación al usuario.
- Antes de la ejecución de proyectos piloto aun de pequeña magnitud es conveniente dar a conocer a los usuarios las ventajas y beneficios que las Redes Inteligentes brindan involucrándoles en su desarrollo a fin de conseguir aliados en este proceso en lugar de fuertes opositores al mismo.
- Para la elaboración del mapa de ruta es esencial tener claro el alcance y objetivos que la empresa desea alcanzar en el desarrollo de las Redes Inteligentes por lo cual se debe proyectar la visión de la empresa en este tema y en base a ello priorizar los proyectos que permitan acercarse a estas metas; para la elaboración del mapa de ruta existen variadas metodologías internacionales que ayudan a su ejecución, en el cuarto capítulo de este proyecto se analiza la alternativa más reconocida a nivel mundial como una sugerencia para este proceso; sin embargo la disponibilidad de alternativas cada vez aumenta por la importancia mundial que va adquiriendo el desarrollo de las Redes Inteligentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS, MANUALES Y SEMINARIOS

- 1) Mario Hernández, ***Inteligencia de la Red Eléctrica***, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España
- 2) Observatorio Industrial del Sector de la Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones, ***Smart Grids y la Evolución de la Red Eléctrica***, España Mayo 2010
- 3) Tomás Gómez, ***Redes Eléctricas Inteligentes Introducción***, Universidad Pontificia Comillas Madrid, España Junio 2011
- 4) Alberto Carbajo Josa, ***Las Nuevas Redes Inteligentes y la Operación del Sistema***, Red Eléctrica de España.
- 5) Félix J. Barrio, ***Perspectivas de las Redes Inteligentes en Europa***, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), España Mayo 2010
- 6) Michele de Nigris, ***Conferencia Regional sobre Redes Inteligentes de Energía (Smart Grids) en América Latina y el Caribe: Viabilidad y Desafíos***, Chile Octubre 2010
- 7) Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía IDAE, ***Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020***, España 2011
- 8) Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, ***Estrategia Integral para el Impulso del Vehículo Eléctrico en España***, España 2010
- 9) Energía y Sociedad, ***Smart Grids Redes Eléctricas Inteligentes***, España Marzo 2010
- 10) INDRA, ***Las Redes Eléctricas Inteligentes: El Aporte de las TIC***, España Junio 2011

- 11) José I. Pérez Arreaga, Luis J. Sánchez de Tembleque, Mercedes Pardo, **La Gestión de la Demanda de Electricidad Vol. I**, Fundación Alternativas, España 2005
- 12) Asociación Española de Domótica (CEDOM), **Cómo Ahorrar Energía Instalando Domótica en su Vivienda**, España 2008
- 13) Oscar Domínguez, Elster, **¿Cuán Inteligentes son los “Medidores Inteligentes”?**, 1º Seminario Internacional SMART Grids CIEEPI, Quito Ecuador Noviembre 2011
- 14) Jorge Quiroz, SG Technical Solutions Director Digital Energy, **Optimización de la Medición**, 1º Seminario Internacional SMART Grids CIEEPI, Quito Ecuador Noviembre 2011
- 15) Investigación Focus-Abengoa-Fedes, **Almacenamiento de Electricidad**, España 2010
- 16) Fredy Valdovinos, Roberto Otárola, **Almacenamiento de Energía: Desarrollos Tecnológicos y Costos**, Pontificia Universidad Católica de Chile, Magíster en Ingeniería de la Energía, Chile Septiembre 2008
- 17) Blanca Losada, **El Reto de las Redes Inteligentes para las Empresas Eléctricas**, Gas Natural Fenosa, España Junio 2011
- 18) Cristóbal Escobar, Juan Francisco Garcés, **El Mundo y los Smart Grids: ¿Qué tan cerca estamos?**, Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Chile Abril 2009
- 19) António Aires Messias, **Redes Inteligentes de Energía – Smart Grids**, 9º Encuentro Nacional del Colegio de Ingeniería Eléctrica, Lisboa Junio 2009
- 20) Secretaría Técnica, documento de conclusiones, **Proyecto Gestión Activa de la Demanda (GAD)**, marzo 2010

- 21) Comisión Federal de Electricidad, ***Las Redes Inteligentes en América Latina y el Caribe: Enfrentando los Retos a Través de Experiencias Globales y Locales***, México Junio 2011
- 22) José Tovar Hernández, Guillermo Gutiérrez Alcaraz, Fernando Martínez Cárdenas, ***Redes Inteligentes: Revisión del Concepto y Perspectivas de Aplicación***, Morelia Agosto 2011
- 23) Renato Céspedes, Rconsulting Group, ***Tecnologías Innovadoras en Redes Inteligentes-Smart Grids***, XIII Jornadas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, EPN Ecuador Noviembre 2010
- 24) Ing. Esteban Albornoz, MEER, ***Ecuador hacia las Redes Inteligentes***, 1º Seminario Internacional SMART Grids CIEEPI, Quito Ecuador Noviembre 2011
- 25) Ing. Gonzalo Uquillas, CENACE, ***Redes Inteligentes Ecuador (RIE)***, 1º Seminario Internacional SMART Grids CIEEPI, Quito Ecuador Noviembre 2011
- 26) CONELEC, ***Boletín Estadístico del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2010***, Ecuador Agosto 2011
- 27) Ing. Esteban Albornoz, MEER, ***Cambio de la Matriz Energética en el Ecuador y su Impacto en el Recurso Hídrico***, Ecuador 2011
- 28) Ing. Mentor Poveda, ***La Tecnología de Smart Grids en los Sistemas de Distribución de América Latina***, 1º Seminario Internacional SMART Grids CIEEPI, Quito Ecuador Noviembre 2011
- 29) Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA), ***Plan Estratégico 2012 – 2015***, Ambato Ecuador Julio 2012
- 30) Diana Morales, ***Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo mediante Telemedición del Consumo de Clientes Especiales de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.***, Tesis Ingeniera en Electrónica y Control, Quito Ecuador 2011

- 31) Diana Morales, Saúl Medina, EEASA, ***Sistema de Monitoreo mediante Telemedición del Consumo de Energía Eléctrica de Clientes Especiales, de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.***, Ambato Ecuador Agosto 2011
- 32) Marco Coronel, ***Estudio para la Implementación del Sistema de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.***, Cuenca Ecuador Julio 2011
- 33) Sylvatech S.A., ***Información Técnica Sistema Energy Axis***, Ambato Agosto 2012

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- 34) <http://blog.s21sec.com/2010/02/smart-grid-una-red-demasiado-lista-i.html>
- 35) <http://www.monografias.com/trabajos73/redes-electricas-inteligentes-smart-grid/redes-electricas-inteligentes-smart-grid.shtml>
- 36) http://www.evscroll.com/National_Electric_Grid.html
- 37) http://www.renova-energia.com/energia_renovable/energias_renovables.html
- 38) http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable
- 39) http://www.evscroll.com/List_of_renewable_resources.html
- 40) http://www.renova-energia.com/energia_renovable/energia_solar_termica.html
- 41) http://www.renova-energia.com/energia_renovable/energia_solar_fotovoltaica.html
- 42) http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_hidr%C3%A1ulica
- 43) http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_e%C3%B3lica

- 44) http://es.wikipedia.org/wiki/Generaci%C3%B3n_distribuida
- 45) http://www.renova-energia.com/energia_renovable/eficiencia_energetica.html
- 46) <http://www.olade.org/proyecto/eficiencia-energetica>
- 47) http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2007/09/10/166697.php
- 48) http://www.renova-energia.com/energia_renovable/vehiculos_electricos.html
- 49) http://es.wikipedia.org/wiki/Uni%C3%B3n_Europea
- 50) <http://www.smartgrids.eu/>
- 51) http://www.medlognews.com/noticias_detalle.php?language=ES&contenidos_id=28
- 52) <http://www.smartcitymalaga.es/>
- 53) <https://www.iberdrola.es/webibd/corporativa/iberdrola?IDPAG=ESWEBREDDISREDINTCST>
- 54) <http://innovationenergy.org/energoss/>
- 55) <http://www.openmeter.com/>
- 56) <http://www.fenix-project.org/>
- 57) <http://www.22barcelona.com>
- 58) <http://www.asees.es/redes-inteligente>
- 59) http://www.evwind.es/noticias.php?id_not=5320
- 60) <http://www.smartgrid.or.kr/10eng3-1.php>
- 61) <http://www.siew.sg/energy-perspectives/energy-singapore/singapore-smart-grid-city>
- 62) <http://www.masdar.ae>

- 63) <http://urbanadigital.com/2011/06/14/las-redes-inteligentes-como-opcion-de-desarrollo-para-el-africa-subsaariana/>
- 64) <http://www.ausgrid.com.au/>
- 65) <http://www.smartgrid.gov/>
- 66) <http://smartgrid.epri.com/>
- 67) <http://smartgridcity.xcelenergy.com/index.asp>
- 68) http://www.smartgrid.gov/project/city_ruston_louisiana_advanced_metering_infrastructure_and_smart_grid_development_program
- 69) http://www.mlive.com/business/jackson-lansing/index.ssf/2011/10/consumers_energy_program_aims.html
- 70) www.inbio.ac.cr
- 71) <http://www.ampla.com/ampla-e-a-sociedade/programas-e-projetos/cidade-inteligente.aspx>
- 72) http://www.centroenergia.cl/ce-fcm/?page_id=1004
- 73) <http://www.energia.gob.ec/>
- 74) <http://www.electricaguayaquil.gov.ec/?sec=noticias>
- 75) <http://www.sei.cmu.edu/smartgrid/tools/>
- 76) <http://www.smartgrid.or.kr/10eng4-1.php>
- 77) 1° Seminario Internacional SMART Grids Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos de Pichincha CIEEPI, Quito Ecuador Noviembre 2011

ANEXOS

A. SOLICITUD DIRIGIDA A LOS GERENTES O PRESIDENTES EJECUTIVOS DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Campus Politécnico "J. Rubén Orellana"

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Quito DM, 31 de mayo del 2012

Ingeniero.-
Jaime Astudillo Ramírez
Presidente Ejecutivo Empresa Eléctrica Ambato
Ambato.-

Señor Gerente:

La Escuela Politécnica Nacional en su afán de contribuir al mejoramiento de la sociedad ecuatoriana, promueve que los proyectos de titulación que realizan sus estudiantes estén orientados a investigaciones que permitan encontrar soluciones concretas a las necesidades de los diferentes sectores y regiones del país. En virtud de ello, la Facultad de Ingeniería Eléctrica aprobó el Proyecto de Titulación denominado "Descripción de Redes Inteligentes (Smart Grids) y su Aplicación en los Sistemas de Distribución Eléctrica", el mismo que se encuentra desarrollando el Sr. Marco Vinicio Herrera García, como un estudio inicial de este nuevo concepto que constituye un componente importante para el futuro del Sector Eléctrico.

En concordancia con lo antes señalado me permito solicitar la colaboración de su empresa en este proyecto de investigación designando una persona que complete el cuestionario digital enviado a su correo electrónico en la presente fecha.

Agradeceré que el cuestionario, una vez lleno, se remita al correo electrónico: marcovinher@yahoo.com, hasta el 11 de junio del presente.

Por la favorable atención le anticipo mi agradecimiento.

Atentamente

Ing. Pablo Rivera, Msc.
Decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Escuela Politécnica Nacional

B. ENCUESTA DE EVALUACIÓN DEL NIVEL DE MADUREZ EN SMART GRIDS DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS

Cuestionario de Evaluación de Redes Eléctricas Inteligentes (SG)

DATOS DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA:		
1	Nombre de la empresa distribuidora	EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.
2	Número de medidores instalados	221500
3	Número de medidores inteligentes instalados	0
DATOS DE LA PERSONA RESPONSABLE DE LLENAR EL CUESTIONARIO:		
1	Nombres Completos	LUIS ALBERTO MARCIAL DOMINGUEZ
2	Cargo que desempeña	DIRECTOR DE PLANIFICACION
3	Teléfono de Contacto	032998600
4	Dirección de e-mail	lmarcial@eesa.com.ec
INSTRUCTIVO GENERAL DEL CUESTIONARIO		
Para responder el cuestionario de click en las casillas celestes y seleccione una opción del menú desplegable que aparece al extremo derecho		
G1 Seleccione y clasifique en orden de prioridad los 4 aspectos de mayor importancia para su empresa		
1	Mejorar la calidad del servicio	
2	Mejorar la seguridad del suministro	
3	Reducir el robo y las pérdidas de energía	
4	Implementar programas de eficiencia energética	
ESTRATEGIAS, ADMINISTRACIÓN Y REGULACIÓN (SMR):		
S1 ¿La empresa tiene conocimientos sobre los conceptos, tecnologías, aplicaciones y ventajas de las Redes Eléctricas Inteligentes?		
Tiene conocimientos limitados		
S1.1 ¿Por qué medio desearía conocer o aumentar sus conocimientos acerca de las Redes Eléctricas Inteligentes?		
Cursos formales		
S1.2 ¿La gerencia tiene interés en incursionar en temas de Redes Eléctricas Inteligentes dentro de la empresa?		
Medio		

S2 ¿La empresa cuenta con una estrategia inicial de Redes Inteligentes y un plan de ejecución aprobado?	
No	
Pase a la pregunta O1	
ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL (OS):	
O1 ¿La empresa ve como una necesidad incluir competencias y capacitar en Redes Inteligentes en sus trabajadores?	
Es necesario pero no existen programas de capacitación	
O2 ¿La visión de las Redes Inteligentes ha generado cambios en la empresa y afecta a sus prioridades?	
No existen cambios	
Pase a la pregunta G1	
OPERACIÓN DE LA RED ELÉCTRICA(GO):	
G1 ¿La empresa tiene estudios o proyectos que involucra nuevos equipos y sistemas relacionados con la Red Inteligente?	
No tiene	
Pase a la pregunta W1	
ADMINISTRACIÓN DE FUERZA LABORAL Y ACTIVOS (WAM):	
W1 ¿Se ha evaluado la potencial alineación de los trabajadores de la empresa a la visión de Redes Inteligentes?	
No	
Pase a la pregunta T1	
INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA(TECH):	
T1 ¿La empresa ha identificado que las Tecnologías de la Información (TI) pueden mejorar su rendimiento (reducir costos, automatizar, etc)?	
Si	

T2 ¿La empresa tiene implementada arquitectura de Tecnologías de la Información?
No
Pase a la pregunta C1
CLIENTES (CUST):
C1 ¿La empresa ha realizado investigaciones para implementar Redes Inteligentes y mejorar la participación y beneficios de los clientes?
No
Pase a la pregunta V1
CADENA DE VALOR EMPRESARIAL (VCI):
V1 ¿La empresa ha identificado fuentes de generación distribuida (GD), y ha destinado los recursos y las capacidades necesarias para apoyarlas?
No
Pase a la pregunta E1
SOCIEDAD Y MEDIOAMBIENTE (SE):
E1 ¿La visión y estrategias de la empresa toman en cuenta problemas sociales y ambientales (aumento de costos, calentamiento global, etc)?
Los de mayor impacto
E2 ¿La empresa estableció programas de eficiencia energética y reducción de consumo en horas pico para los clientes a través de Redes Inteligentes?
Programas de gobierno e iniciativas propias de la empresa
E3 ¿La empresa informa regularmente a sus clientes y a organismos de control sobre los impactos sociales y ambientales de sus programas?
Solo a organismos de control
GRACIAS POR SU COLABORACIÓN
COMENTARIOS Y SUGERENCIAS: