



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“ANÁLISIS DEL USO DE TECNOLOGÍAS PARA EL SUMINISTRO DE
ENERGÍAS BASADAS EN AGENTES EN EL SECTOR RESIDENCIAL DEL
ECUADOR CONTINENTAL”.**

AUTOR: Carlos Andrés Prieto Carvajal

TUTOR: Ing. Mg. César Hernán Arroba Arroba

AMBATO - ECUADOR

Marzo - 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “**ANÁLISIS DEL USO DE TECNOLOGÍAS PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍAS BASADAS EN AGENTES EN EL SECTOR RESIDENCIAL DEL ECUADOR CONTINENTAL**”, elaborado por el Sr. **Carlos Andrés Prieto Carvajal**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804571709, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2022

Ing. Mg. César Hernán Arroba Arroba

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACION

Yo, **Carlos Andrés Prieto Carvajal**, con C.I. 1804571709 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“ANÁLISIS DEL USO DE TECNOLOGÍAS PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍAS BASADAS EN AGENTES EN EL SECTOR RESIDENCIAL DEL ECUADOR CONTINENTAL”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2022



Carlos Andrés Prieto Carvajal

C.I: 1804571709

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo 2022



Carlos Andrés Prieto Carvajal

C.I: 1804571709

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Carlos Andrés Prieto Carvajal de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“ANÁLISIS DEL USO DE TECNOLOGÍAS PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍAS BASADAS EN AGENTES EN EL SECTOR RESIDENCIAL DEL ECUADOR CONTINENTAL”**.

Ambato, Marzo 2022

Para constancia firman:

Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano
Miembro Calificador

Ing. Mg. Jorge Enrique Lopez Velastegui
Miembro Calificador

DEDICATORIA

Dedicado de manera especial a quien con alegría me cuidó, guió, confortó, impulsó, alentó a seguir a delante, quien aportó con sus valores, conocimientos a mi vida y que ahora me sonrío desde el cielo. Gracias por todo José Félix Carvajal Santana.

-Carlos Prieto

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, por guiarme en todo momento y permitir que todo esto se realice. A mi padre por compartirme parte de su conducta para continuar a pesar de todo. A mi madre, por llenarme de fuerza, cariño y buenos consejos. También agradezco a mis hermanos, por sus consejos y aportes en momentos críticos, que me han ayudado con un buen enfoque, para la toma correcta de decisiones. Extiendo a toda mi familia un agradecimiento por el regalo que ha sido su compañía, a quienes quiero por todo lo que me han compartido. A mis maestros, por sus conocimientos heredados, que tanto me sirven ahora. Gracias a Alexandra Elbakyan por el acceso otorgado a los artículos científicos por medio de su proyecto Sci-Hub. Y para finalizar un gran agradecimiento a mis amigos/as, colegas que me han acompañado a lo largo de la carrera.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACION	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE IMÁGENES	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xix
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi

B. CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
PROBLEMÁTICA	1
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN:	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1. Contextualización del problema.....	1
1.2.2. Análisis crítico.....	3
1.2.3. Prognosis.....	3
1.2.4. Formulación del problema	4
1.2.5. Preguntas directrices.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.4. OBJETIVO GENERAL:.....	5
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	6
CAPÍTULO II POTENCIALES ENERGÉTICOS Y TECNOLÓGICOS.....	7
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	7
2.1. MARCO LEGAL	7
2.2. ENERGÍA.....	8

2.3.	FUENTES DE ENERGÍA	8
2.3.1.	Fuentes de energía primaria	8
2.3.2.	Fuentes de energía secundaria.....	8
2.6.	ENERGÍAS LIMPIAS	9
2.7.	ENERGIAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES (ERNC)	10
2.8.	ENERGÍA SOLAR.....	10
2.8.1.	Sistema fotovoltaico (FV)	11
2.8.1.1.	Célula fotovoltaica.....	12
2.8.2.	Sistemas solares térmicos	14
2.8.2.1.	Colectores solares térmicos	15
2.9.	ENERGÍA MARÍTIMA.....	19
2.9.1.	Energía undimotriz	20
2.9.2.	Energía de salinidad u ósmica	20
2.9.3.	Gradiente de temperatura	21
2.9.4.	Energía mareomotriz.....	23
2.9.5.	Energía a partir de las corrientes marinas	23
2.10.	BIOMASA.....	24
2.10.1.	Combustión	26
2.10.2.	Gasificación	27
2.10.3.	Pirolisis	31
2.10.4.	Digestión anaeróbica.....	31
2.10.5.	Hidrolisis.....	32
2.10.6.	Fermentación	33
2.10.7.	Esterificación	33
2.11.	ELECTRÓLISIS DEL AGUA.....	34
2.12.	METANACIÓN.....	35
2.13.	ENERGÍA EÓLICA.....	36
2.14.	ENERGIA GEOTÉRMICA.....	40
2.15.	ENERGÍA HIDRÁULICA	46
2.16.	HIDROGENO VERDE.....	49
2.17.	PILA O CELDA DE COMBUSTIBLE	51
2.18.	POTENCIALES ENERGÉTICOS DEL ECUADOR.....	55

2.18.1.	Aprovechamiento de la energía undimotriz en el Ecuador	56
2.18.2.	Potenciales Eólicos en el Ecuador.....	57
2.18.3.	Potencial de Biomasa del Ecuador	58
2.18.4.	Potencial para generar hidrogeno en el Ecuador mediante Biomasa.....	62
2.18.5.	Potenciales Geotérmicos.....	65
2.18.6.	Potencial Solar del Ecuador.....	67
2.19.	TECNOLOGIA IMPULSADA POR RECURSOS RENOVABLES	71
2.19.1.	Power to Gas	71
2.19.2.	Generación de hidrógeno en el Ecuador	72
2.19.3.	Celdas Termoeléctricas	81
2.19.4.	Combined Heat and Power CHP	84
2.19.5.	Suelo radiante	85
2.19.6.	Aeroterminia	88
2.19.7.	Sistema de calefacción centralizada	92
2.19.8.	Sistema Hibrido Solar-Biomasa-reversible	93
2.20.	TENDENCIA DE PRECIOS DE GENERACIÓN POR MEDIO DE TECNOLOGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES	97
2.20.1.	Costos estimados de las Tecnologías de fuentes renovables no convencionales.....	99
2.20.2.	Paneles Solares.....	102
2.20.3.	Energía eólica onshore	106
2.20.4.	Energía Eólica Offshore	109
2.20.5.	Concentradores solares.....	111
2.20.6.	Energía Geotérmica.....	112
2.20.7.	Energía Hidroeléctrica	114
2.20.8.	Aeroterminia	115
2.20.9.	Bioenergías.....	116
2.20.10.	Fuel Cells	117
2.20.11.	Generación de hidrógeno.....	118
CAPITULO III.....		121
ESCENARIOS.....		121
3.	Método basado en agentes ABM (Agent Based Method)	121
3.1.	Contexto del consumo energético del sector residencial ecuatoriano.....	123
3.2.	Modelo de “Selección de Tecnología”	131

3.3.	RESULTADOS DEL MODELO	138
3.3.1.	Dinero que invirtieron los agentes en el periodo 2020-2050	141
3.3.2.	Escenario de la demanda energética de calefacción según el modelo de selección de tecnología	142
3.3.3.	Escenario del consumo energética de calefacción según el modelo de selección de tecnología	148
3.3.4.	Escenario de emisiones de CO2 según el modelo de selección de tecnología	149
	CAPITULO IV	152
	RESULTADOS.....	152
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	152
4.1.	CONCLUSIONES	152
4.2.	RECOMENDACIONES	154
	BIBLIOGRAFÍA	155
	ANEXOS	172
	Anexo 1	172
	Anexo 2	210
	Anexo 3	221
	Anexo 4	222
	Anexo 5	223
	Anexo 6	224
	Anexo 7	225
	Anexo 8	226
	Anexo 9	226
	Anexo 10	227
	Anexo 11	227

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1: Secuencia energética y tecnológica para obtener bienestar	9
Figura 2: Tipos de energía que ingresa a la Tierra.....	10
Figura 3: Ejemplo de potencia de entrada y salida de un panel solar con una irradiación tipo sinusoidal	13
Figura 4: Colectores solares y sus temperaturas de trabajo	15
Figura 5: Componentes de un absorbedor plano	16
Figura 6: Colector Parabólico	17
Figura 7: Captadores de disco	17
Figura 8: Colector solar lineal Fresnel	18
Figura 9: Esquema del colector torre solar	19
Figura 10: Tecnologías de generación marina.....	19
Figura 11: Sistema Undimotriz	20
Figura 12: Esquema de la tecnología OTEC de ciclo cerrado	21
Figura 13: Esquema de la tecnología OTEC de ciclo abierto	22
Figura 14: Esquema de la tecnología OTEC de ciclo híbrido.....	22
Figura 15: Esquema de generación eléctrica a partir de energía mareomotriz.....	23
Figura 16: Generadores eléctricos a partir de corrientes marinas	23
Figura 17: Ejemplo de procesos de obtención de combustibles mediante biomasa	24
Figura 18: Transformación de la biomasa a productos y su aplicación	26
Figura 19: Trayecto de la biomasa en la combustión	27
Figura 20: Proceso de gasificación por etapas.....	28
Figura 21: Esquema de un gasificador downdraft	28
Figura 22: Esquema de un gasificador updraft	29
Figura 23: Esquema de gasificadores de lecho fluido	29
Figura 24: Esquema de gasificador de flujo por arrastre	30
Figura 25: Clasificación de los tipos de gasificadores existentes	30
Figura 26: Procesos de digestión anaeróbica y sus productos	31
Figura 27 : Comparación de emisiones de CO ₂ entre biomasa vs energía fósil, Gas natural y carbón	34
Figura 28: Esquema del proceso de electrolisis del agua.....	35

Figura 29: Ejemplo de planta con tecnología PtG utilizando metanación de CO ₂	36
Figura 30: Ejemplo de planta de biomasa-carbón para obtener un Substituto al Gas Natural con metanación de CO	36
Figura 31: Esquema de aerogenerador de eje horizontal	37
Figura 32: Esquema de un aerogenerador tipo Darrieux	38
Figura 33: Características de los aerogeneradores verticales y horizontales.....	39
Figura 34: Clasificación de los yacimientos geotérmicos según el tipo de entalpía	41
Figura 35: Yacimiento hidrotermal	41
Figura 36: Esquema de la tecnología de central de vapor seco.....	42
Figura 37: Diagrama de central de vapor seco	43
Figura 38: Esquema de central por evaporación flash	43
Figura 39: Diagrama de central por evaporación flash	44
Figura 40: Esquema de central de ciclo binario.....	44
Figura 41: Diagrama de central de ciclo binario.....	45
Figura 42: Esquema del sistema hidrotérmico utilizado para extraer agua caliente de la tierra	45
Figura 43: Esquema de los componentes de una mini central hidroeléctrica.....	47
Figura 44: Elementos que conforman una central fluyente	47
Figura 45: Características de las diferentes turbinas.....	49
Figura 46: Energía y procesos utilizados para la generación de hidrógeno	50
Figura 47: “Flexibilidad” del hidrógeno con el uso de una pila de combustible y un electrolizador	50
Figura 48: Esquema de la estructura de generación de hidrógeno para usos en los diferentes sectores.	51
Figura 49: Esquema del interior de una pila de combustible	51
Figura 50: Posibles aplicaciones de varias tecnologías de pila de combustible	52
Figura 51: Resultados de pilas de combustible de óxido sólido (SOFC)	53
Figura 52: Ejemplo de aplicación de la pila de combustible utilizando como combustible biomasa para generar electricidad (aplicada en el campus de Missouri S&T).....	53
Figura 53: Energía limpia generada mediante la combinación tecnológica de paneles solares, aerogeneradores, electrolizadores y celdas de combustible, capaces de suplir la demanda residencial de calor y electricidad.	54
Figura 54: Características de las diferentes Fuel cells	54

Figura 55: Potenciales de los recursos renovables en el Ecuador evaluados en el 2014.	55
Figura 56: Proyectos energéticos Ecuatorianos 2018-2027.....	56
Figura 57: Mayores potenciales eólicos factibles a corto plazo por provincia.....	58
Figura 58: Potencial teórico de biomasa del Ecuador, evaluado en 2005.	59
Figura 59: Potencial teórico de biomasa del Ecuador, evaluado en 2005.	59
Figura 60: Residuos de biomasa existentes en las diferentes provincias del Ecuador y según la actividad, 2019.....	60
Figura 61: Producción de biomasa y biocombustibles del Ecuador.....	61
Figura 62: Mapa del potencial energético total estimado del Ecuador (TJ/Año).....	62
Figura 63: Producción de hidrogeno y densidad de producción de hidrogeno en el Ecuador	65
Figura 64: Áreas estudiadas en 1979 para ubicar fuentes de energía geotérmica	66
Figura 65: Estado de los proyectos de geotermia en el Ecuador en el 2016	66
Figura 66: Mapa geológico de la república del ecuador, 2017	67
Figura 67: Insolación Global Promedio del Ecuador.....	69
Figura 68: Histograma de frecuencia de la insolación global promedio del Ecuador	70
Figura 69: Generación de gas para consumo residencial a través de la tecnología Power to Gas	71
Figura 70: Aplicaciones de la tecnología Power to Gas	72
Figura 71: Esquema del ciclo de vida de electrolizadores de membrana de intercambio de protones alimentado por energía solar	73
Figura 72: Tecnología utilizada para obtener hidrogeno y sus aplicaciones	74
Figura 73: Esquema de las tecnologías a base de combustibles fósiles y renovables para producir hidrogeno	75
Figura 74: Hidruros clasificados	77
Figura 75: Proceso de reformado con vapor de gas natural	78
Figura 76: Esquema de planta de reformado de vapor de gas natural.....	78
Figura 77: Esquema de una planta de oxidación de hidrocarburos	79
Figura 78: Esquema de planta de generación de hidrógeno por gasificación de carbono	80
Figura 79: Teórica generación de hidrógeno del Ecuador mediante diferentes procesos.....	81
Figura 80: Tecnologías teóricas que funcionan con hidrógeno y que pueden ser aplicables en el Ecuador.....	81
Figura 81: Componentes de una celda Peltier	82
Figura 82: Esquema del efecto Thomson	83

Figura 83: Esquema del efecto Peltier	83
Figura 84: Esquema del efecto Seebeck	84
Figura 85: Configuración con turbina del sistema CHP	84
Figura 86: Configuración con calera del sistema CHP	85
Figura 87: Sensaciones térmicas para el ser humano y sus efectos físicos.	86
Figura 88: Conformación del suelo radiante	87
Figura 89: Sistema de suelo radiante con generador de calor solar	88
Figura 90: Representación del funcionamiento de aerotermia en una residencia	89
Figura 91: Esquema del sistema de aerotermia	90
Figura 92: Sistema ejemplar de la instalación de un sistema de aerotermia y sus componentes.	90
Figura 93: Ventajas y desventajas de la aerotermia y su comparación con otras tecnologías	91
Figura 94: Esquema del sistema de calefacción central y sus componentes.	92
Figura 95: Esquema de la ubicación de los dispositivos del sistema de calefacción en los hogares.	93
Figura 96: Principio de funcionamiento del colector de sorción	93
Figura 97: Esquema del sistema híbrido solar-biomasa reversible en una residencia.....	94
Figura 98: Sistema híbrido solar-biomasa reversible para obtener residencias impulsadas al 100% con energía renovable	95
Figura 99: Esquema general de funcionamiento del sistema reversible, bomba de calor o ORC, a) Sistema general, b) Operación como bomba de calor, c) Operación ORC	95
Figura 100: Funcionamiento del sistema híbrido en: a) verano ,b) invierno.....	96
Figura 101: Costo promedio nivelado global de la generación eléctrica mediante tecnologías a base de energías renovables, 2010-2019	97
Figura 102: Precios globales promedios nivelados LCOE (Levelized Cost of Energy) y subastas/PPA (Power purchase agreements) de proyectos renovables en el periodo 2010 a 2023	98
Figura 103: Formula tradicional para calcular el LCOE.....	99
Figura 104: Proyección 2020-2050 del costo nivelado-LCOE (estimación de los costos de generación de la energía eléctrica que toma en cuenta: la inversión inicial y los costos operativos, o mejor dicho, es un indicador económico que mide el costo medio de generación a lo largo de su vida) de las diferentes tecnología de generación, tomando datos desde el 2009 al 2015 del DOE	100

Figura 105: LCOE globales de tecnologías de generación de energía renovable a escala de servicios públicos puestas en servicio en el mundo, 2010-2019.....	101
Figura 106: Precios de los diferentes paneles solares por su potencia de generación	102
Figura 107: LCOE de los paneles solares fotovoltaicos del sector residencial y comercial por países desde el año 2010 al 2019.....	103
Figura 108: Proyección 2009 a 2029 de la caída de los precios de los paneles solares por MWh	104
Figura 109: Conjunto de todos los costos para la instalación de un sistema solar fotovoltaico	104
Figura 110: Desglose de costes típicos para un sistema fotovoltaico	105
Figura 111: Proyección 2020 a 2050 del costo nivelado de la tecnología solar fotovoltaica según diferentes datos del DOE desde el 2009 al 2015	105
Figura 112: Costos promedios totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para la energía solar fotovoltaica en 2010 a 2019.....	106
Figura 113: Desglose de costes típicos para una turbina eólica onshore de capacidades mayores a 3MW.....	107
Figura 114: Costo nivelado de la energía eólica onshore según base de datos del DOE del 2009 al 2015	108
Figura 115: Costos promedios totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para la energía eólica onshore en 2010 a 2019	108
Figura 116: Costo nivelado de la energía eólica offshore según base de datos del DOE del 2009 al 2015	109
Figura 117: Desglose de costes típicos para una turbina eólica offshore de capacidades mayores a 7MW.....	110
Figura 118: Costos promedios totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para la energía eólica offshore en 2010 a 2019	110
Figura 119: Proyección 2020-2050 de los costos nivelados de los concentradores solares según dato del DOE 2011-2015	111
Figura 120: Costos promedios totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para concentradores solares (CSP) en 2010 a 2019.....	112
Figura 121: Proyección 2020-2050 del costo nivelado de la energía geotérmica por KWh con datos del DOE del 2011 al 2015.....	113
Figura 122: Costos promedios totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para energía geotérmica, 2010 a 2019	113

Figura 123: Proyección 2020-2050 del costo nivelado de la energía hidráulica con datos del DOE del 2011 al 2050.....	114
Figura 124: Costos promedios totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para hidroeléctricas en 2010 a 2019.....	115
Figura 125: Costo total de instalación del sistema de aerotermia (incluye el costo del piso radiante)	116
Figura 126: Proyección 2020-2050 de los costes nivelados de las bioenergías según datos del DOE.....	116
Figura 127: Costos promedios totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para bioenergías en 2010 a 2019.....	117
Figura 128: Proyección de costo nivelado de fuel cells con datos del DOE del 2011 al 2015.....	118
Figura 129: Costo de producción del hidrogeno dependiendo del costo de los electrolizadores y la tarifa eléctrica.....	119
Figura 130: Capital invertido para fines de generación eléctrica según el tipo de tecnología.....	119
Figura 131: Densidad espacial de la demanda energética para la calefacción de ambientes en el hogar por hora al día (escala de colores en MWh)	122
Figura 132: Densidad espacial de la demanda energética para la ventilación de ambientes en el hogar por hora al día (escala de colores en MWh)	122
Figura 133: Consumo energético de los diferentes sectores y por su fuente.....	123
Figura 134: Consumo de energía de lector residencial ecuatoriano según su fuente	124
Figura 135: Consumo energético (en KBEP) del sector residencial ecuatoriano por su tipo de energía, 2009-2020	124
Figura 136: Panel principal del modelo de selección de tecnología de calefacción para el sector residencial ecuatoriano.....	133
Figura 137: Panel de detalle de los agentes del modelo	133
Figura 138: Proyección del consumo energético residencial ecuatoriano.....	136
Figura 139: Proyección de la demanda energética del sector residencial Ecuatoriano	137
Figura 140: Curva del crecimiento poblacional 2020-2050 de los agentes.....	138
Figura 141: Intención de compra de los agentes.....	138
Figura 142: Cantidad de agentes a, na, b y nb actualizados (terminaron de remplazar-comprar su dispositivos) 2020-2050.....	139
Figura 143: Cantidad de agentes c y nc actualizados 2020-2050	139
Figura 144: Agentes d, nd, e y ne actualizados 2020-2050	140

Figura 145: Cantidad de agentes f y nf actualizados 2020-2050	140
Figura 146: Inversión de los agentes en tecnologías para calefacción	141
Figura 147: Densidad de poblacional de consumidores de calefacción	146
Figura 148: Consumo de energía para calefacción del sector residencial 2020-2050.....	149
Figura 149 Factor de emisión de un calefón con GLP ecuatoriano	150
Figura 150: Emisiones GEI de la quema de gas GLP, en el escenario del cambio de tecnología de calefacción del sector residencial	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de centrales de fuentes renovables unidos al sistema de interconectado nacional	2
Tabla 2: Número de centrales de fuentes no renovables	2
Tabla 3: Características de las células fotovoltaicas	13
Tabla 4: Insolación global promedio anual por provincia	68
Tabla 5: Resumen de tecnologías que pueden ser utilizadas en el sector residencial	126
Tabla 6: Proyección del consumo de energía del sector residencial Ecuatoriano.....	134
Tabla 7: Proyección de la demanda del sector residencial ecuatoriano	137
Tabla 8: Compras realizadas por los diferentes agentes del país	142
Tabla 9: Demanda de calefacción de los agentes	147
Tabla 10 : Cambio del consumo energético para calefacción con el remplazo de tecnología del sector residencial ecuatoriano 2020-2050	148

RESUMEN

El presente proyecto puede servir como marco de referencia a futuro, ya que en el mismo se mostrará los potenciales energéticos que el país posee y además está enfocado en exponer las destacables tecnologías que existen al rededor del planeta para las diferentes demandas del sector residencial. Para esto se creó un modelo basado en ABM (Agent Based Method), el cual nos permite simular el comportamiento de diferentes individuos tomadores de decisiones que basan su accionar dependiendo de sus objetivos o metas y reglas que se le entreguen. Con este modelo se consiguió varios objetivos, tales como: las intenciones, los remplazos tecnológicos para la demanda de calefacción que se realizarán en los diferentes agentes en el periodo 2020-2050, los costos que representará este remplazo para toda la población de agentes, como se comportaría la demanda de calefacción del sector residencial, que energía es la de mayor agrado para los agentes, cuales son las razones de algunos agentes que remplazaron su tecnología, como ha reducido las emisiones de gases de efecto invernadero y cómo va a cambiar los consumos de las diferentes energías del país en la demanda de calefacción.

Palabras clave: Modelado, ABM, Demanda de calefacción, Sector residencial, Potenciales energéticos, Tecnología de consumo, Tecnología de generación

ABSTRACT

This project can serve as a reference framework for the future, since it will show the energy potentials that the country has and it is also focused on exposing the outstanding technologies that exist around the planet for the different demands of the residential sector. For this, a model based on ABM (Agent Based Method) was created, which allows us to simulate the behavior of different individual decision makers who base their actions depending on their objectives or goals and rules that are given to them. With this model several objectives were achieved, such as: the intentions, the technological replacements for the heating demand that will be carried out in the different agents in the period 2020-2050, the costs that this replacement will represent for the entire population of agents, such as the demand for heating in the residential sector would behave, what type of energy is the most pleasing to the agents, what are the reasons of some agents that replaced their technology, how it has reduced greenhouse gas emissions and how consumption is going to change of the different energies of the country in the demand for heating.

Keywords: Modelling, ABM, Heating demand, Residential sector, Energy potentials, Consumption technology, Generation technology

CAPITULO I

PROBLEMÁTICA

1.1.TEMA DE INVESTIGACIÓN:

Análisis del uso de tecnologías para el suministro de energías basadas en agentes en el sector residencial del Ecuador Continental

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Contextualización del problema

El Ecuador posee una matriz energética muy dependiente del petróleo ya que los derivados de este cubren al 77% de la demanda energética del país, según [1], [2]. Debido a que la nación necesita disminuir sus gases de efecto invernadero (aporte a el mundo con la descontaminación), y aumentar su generación energética (suplir demanda futura), resulta recomendable incrementar la diversificación de la matriz energética con la utilización de energías renovables para garantizar la seguridad energética, sostenibilidad ambiental, su calidad, su continuidad y su accesibilidad [3], [4] .

Ecuador es un país con riqueza energética presentes en sus fuentes renovables no convencionales como: hidráulica, eólica, biomasa y solar [5], [2], [6]. todas ellas ya forman parte de la generación eléctrica nacional pero solo la hidráulica es una energía renovable destacable y predominante del Ecuador, aportando con aproximadamente el 48% [7] de la generación eléctrica del país, pero en el 2009 se evaluó que solo se está aprovechando el 8% [7] de este recurso, por lo que se crearon más centrales, además se implantaron otros sistemas no convencionales, consiguiendo hasta 2018 poseer un total de 317 centrales energéticas [8], logrando iniciar la diversificación energética.

Tabla 1: Número de centrales de fuentes renovables unidos al sistema de interconectado nacional [8]

Tipo	Con embalse		Sin embalse		Subtotal	
	Número de Centrales	Potencia efectiva (MW)	Número de Centrales	Potencia efectiva (MW)	Número de Centrales	Potencia efectiva (MW)
Hidráulica	5	1598	66	3443	71	5041
Biomasa	N/A	N/A	N/A	N/A	3	136,4
Eólica	N/A	N/A	N/A	N/A	3	21,15
Solar	N/A	N/A	N/A	N/A	34	26,74
Biogas	N/A	N/A	N/A	N/A	2	6,5
Subtotal					113	5232

El resto de centrales de la tabla 1 son del tipo no incorporados a la red interconectada nacional debido a su lejanía y difícil acceso, todos ellos tienen en total una potencia efectiva de 1006 MW.

Tabla 2: Número de centrales de fuentes no renovables [8]

Tipo	Número de centrales	Potencia efectiva (MW)
Motores de combustión interna (MCI)	186	1753
Turbo-gas	11	744
Turbo-vapor	7	454
Subtotal	204	2951

Ahora de acuerdo al consumo energético residencial de electricidad, se prevé un crecimiento anual promedio del 3.7% en el periodo 2019-2027, con una demanda máxima de 10256 GWh para el año 2027 [9].

En este sector los recursos energéticos predominantes según el informe [7], son el gas GLP, leña y electricidad. Estos tipos de energía suelen ser utilizados en dicho sector

principalmente para calefacción, enfriamiento, y cocción de los alimentos [1]. El sector residencial es el grupo mayoritario del país, el cual consume el 37% de la energía eléctrica generada [8]. Ya que el consumo energético residencial va a crecer es necesario continuar creando nuevos proyectos de generación en las potenciales fuentes de energía renovable. Por lo que una idea para esto sería: que el sector residencial debería cambiar su consumo de gas GLP y leña por Biogás u otra nueva tecnología para disminuir las emisiones al medio ambiente y eliminar los subsidios residenciales, con lo que se vería beneficiada la economía ecuatoriana, ese dinero ahorrado en subsidios podrían ser invertidos en nueva tecnología para potenciar la matriz energética.

Además diversificar la matriz energética es una medida que es recomendado en [10] para reducir los efectos negativos económicos del Covid-19 sobre la economía de los países dependientes del petróleo como lo es Ecuador, por lo cual es importante buscar nueva tecnología de generación.

1.2.2. Análisis crítico

Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado resulta vital la búsqueda de nueva tecnología para continuar con la diversificación de la matriz energética y lograr que sea eficiente, sustentable, limpia y accesible, y no solo para su diversificación sino también para el incremento de esta matriz y para aprovechar mucho más las fuentes que posee el país y así lograr beneficiar al sector residencial. Por otro lado, también sería útil encontrar una tecnología que sustituya el uso de leña y gas GLP la cual podría mejorar el sector económico ecuatoriano.

Para conseguir esto, se revisará bibliográficamente varias publicaciones acerca de nuevas tecnologías que se utilizan en el mundo para generar energía (tanto eléctrica como sustitutiva para el gas GLP y leña) y decidir cuál de ellas puede ser efectivamente utilizada en el país.

1.2.3. Prognosis

En el escenario del declive de petróleo por agotamiento del mismo (lo cual según algunos investigadores sucederá aproximadamente entre el 2050 a 2070) el país si no ha cambiado su dependencia del petróleo, su matriz energética y económica, se verán severamente

afectados, ya que estas matrices están íntimamente ligadas, todo esto debido a que la generación por otras fuentes no convencionales no podrá completar la parte faltante por los combustibles fósiles. El sector residencial se vería afectado por los cortes energéticos y se quedarían sin gas GLP por lo cual se recurriría a la tala de árboles para utilizar leña y suplir parte de sus necesidades energéticas, o también podría suceder que el Ecuador se vea obligado a importar derivados del petróleo, lo cual afectaría a la economía directamente. También se puede decir que el país deberá abrir nuevos pozos petroleros en las reservas protegidas o hallar desesperadamente este recurso lo cual restaría flora y fauna de estos al igual que restara dinero del país por la inversión en estas tecnologías.

Ahora en un contexto de la dependencia energética de fuentes hidráulicas; Si solo se incrementa el número de centrales hidráulicas para cumplir con la demanda energética actual y futuro, es posible que no se tenga la misma capacidad de generación todos los meses del año debido a que esta generación depende en gran medida a la estación, y en temporadas de sequía la generación se vería afectada y posiblemente esta energía generada no supla la demanda requerida.

1.2.4. Formulación del problema

Como resumen la problemática surge por la conformidad del Ecuador a utilizar los combustibles fósiles y el poco aprovechamiento de sus fuentes renovables no convencionales debido a el desconocimiento del potencial de sus fuentes y además la falta de investigación de nueva tecnología que sea capaz de remplazar a la fósil, que resulte una mejora para la matriz energética diversificada y que amplíe esta diversificación con el aprovechamiento de nuevas fuentes no convencionales.

Por lo que este proyecto buscara resolver el siguiente problema:

¿Un análisis de uso de tecnología permitirá descentralizar la matriz energética y beneficiar al sector residencial?

1.2.5. Preguntas directrices

¿La revisión bibliográfica será útil para identificar nuevas tecnologías para el suministro de energía en el sector residencial y que sean aplicables en el Ecuador?

¿Cómo verificar si esta tecnología es accesible económicamente para el Ecuador?

¿Qué cambios ocasionara la tecnología con respecto a las emisiones, el consumo y demanda de energía en el sector residencial?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo beneficiara a la sociedad, ya que, el mismo proyectara una visión a los agentes (políticos, consumidores e inversionistas) sobre las mejoras que se pueden realizar en el sector energético para satisfacer esta demanda del sector residencial del Ecuador, todo esto con el enfoque de impulsar una actualización y avance energético en el país, por lo que el crecimiento económico en el Ecuador se vería estimulado por esta modernización [11].

El presente trabajo puede convertirse en marco de referencia para la planificación, creación y fortalecimiento del sector energético, debido a que contendrá información sobre las nuevas tecnologías que podrían utilizarse en el país para suministrar energía al sector residencial. Será necesario un cambio del sector energético, ya que la dependencia del Ecuador a los combustibles fósiles es muy elevado [1], [12] y también por el acelerado agotamiento de este, por todo esto se puede pensar que si el país no cambia su sector energético puede sufrir un colapso energético [13], [14], [15], [1]. Otra razón por qué el Ecuador debe mejorar su sector energético es por el incremento de la demanda energética esto se debe al aumento poblacional [16], además Ecuador posee gran potencial energético de fuentes renovables [10] lo cual es una oportuna ocasión para implementar nuevas tecnología limpias de generación [12] o a su vez crear nuevos proyectos energéticos, lo cual también le permite diversificar su matriz energética, esto es recomendado por [10] para amenorar la afeción de la crisis económica provocado por la Covid-19.

1.4.OBJETIVO GENERAL:

Analizar el uso de tecnologías para el suministro de energía basado en agentes utilizando valores de consumo energético según la región geográfica y nivel de consumo de energía

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar mediante revisión bibliográfica las nuevas tecnologías utilizadas para el suministro de energía en el sector residencial que pueden ser utilizadas en el Ecuador.

Mediante revisión bibliográfica en: artículos de revistas científicas, artículos de periódicos, datos gubernamentales y repositorios institucionales.

- Evaluar los costos de inversión en nuevas tecnologías para el suministro de energía en el sector residencial del Ecuador basado en agentes con proyección a los años 2020-2050

A través de los resultados del modelo de selección de tecnología se contabiliza la cantidad y tipo de tecnología seleccionado, y se cuantifica cuánto dinero gastaron los agentes en estos dispositivos anualmente.

- Analizar la sensibilidad en diferentes escenarios según las tecnologías de suministro de energía relacionadas con las emisiones, consumo de energía, demanda de energía en el sector residencial del Ecuador

A través de los resultados del modelo de selección de tecnología se contabiliza la cantidad de tecnología renovada y la tecnología inicial que posee cada agente, se aproxima el uso de tecnología de los tipos de agente. Mediante estas tecnologías y uso se consigue la demanda, consumo y emisiones que se producen.

CAPÍTULO II POTENCIALES ENERGÉTICOS Y TECNOLÓGICOS

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. MARCO LEGAL

Según la constitución de la república en el:

-“Art 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua”.

-“Art. 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.”

-“Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley.”

“Art. 334. 4.-Desarrollar políticas de fomento a la producción nacional en todos los sectores, en especial para garantizar la soberanía alimentaria y la soberanía energética, generar empleo y valor agregado.”

“Art. 413. - El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.”

Esto quiere decir que el Ecuador impulsa la utilización de tecnología no contaminante que pueda responder ante la demanda de los distintos sectores energéticos del país; Así mismo aprovechando respetuosamente los recursos no convencionales que en el existen y siempre siendo responsable ecológicamente con la flora y fauna del país.

2.2. ENERGÍA

El concepto de energía se viene tratando desde niveles escolares, la cual es explicada como la capacidad de realizar un trabajo, según Cengel [17] es “la capacidad para causar cambios”.

Por lo general se comprende de energía una especie de fuente impulsora, presente en varias “formas”, que es capaz de realizar cambios (físicos, químicos, etc.), y que puede transformarse y transmitirse. Debido a su cualidad de realizar trabajo, el hombre necesita de esta capacidad para impulsar su desarrollo social, es por eso también que desde tiempos coloniales hasta la actualidad se estudian varias formas de transformar y aprovechar la energía que nos rodea para el bienestar, la ergonomía y comodidad del hombre [18].

2.3. FUENTES DE ENERGÍA

El mundo ofrece una gran cantidad de energía en diferentes partes de la misma, presentes en ella como “elementos o fenómenos”; El lugar donde se “genera” o está presente la energía son conocidas como fuentes, la cuales son “acumulaciones o flujos” de energía con un gran potencial, que pueden ser utilizadas por el hombre con el fin de transformarlas y satisfacer sus necesidades energéticas [18].

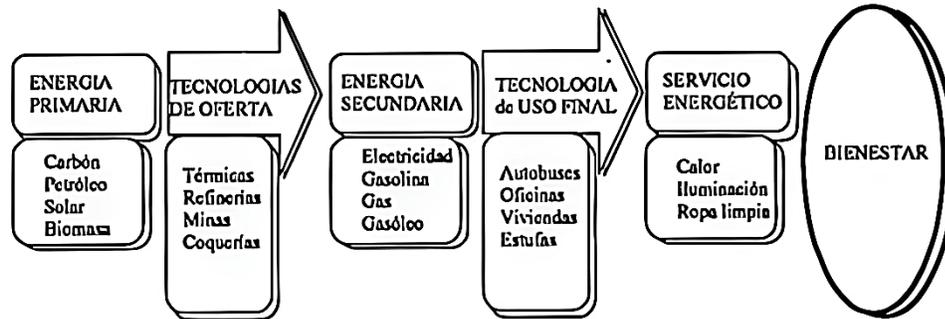
2.3.1. Fuentes de energía primaria

Es el tipo de fuente en el que se puede transformar directamente la energía (por motivos de las características físicas o químicas) y además se las encuentra presentes en la naturaleza. Por ejemplo: El viento, biomasa, caudales de agua, etc. [19]

2.3.2. Fuentes de energía secundaria

Se caracterizan por ser un producto de las fuentes de energía primarias a través de uno o varios procesos de transformación, como ejemplo de esto tenemos la energía eléctrica y los biocombustibles. [19]

Figura 1: Secuencia energética y tecnológica para obtener bienestar



Fuente: [20]

2.4. RECURSOS NO RENOVABLES

Son fuentes energéticas que se encuentran en la naturaleza, pero su cantidad es finita, en el momento de haberlos agotado toma un gran periodo de tiempo (millones de años) para que vuelvan a ser fuentes potenciales [21]. Otro concepto nos dice que: se considera energía no renovable a la producción de energía menor que el consumo del hombre. El ejemplo más claro de esto es el petróleo o el uranio.

2.5. RECURSOS RENOVABLES

Se las encuentra en la naturaleza, sus características principales son: producen energía a mayor velocidad de la que se consume (demanda energética humana), no emite contaminantes al ambiente y no existe riesgo del agotamiento de sus fuentes por lo menos a corto plazo. [21]

Por ejemplo, la luz solar es un recurso renovable debido a que el sol genera a gran velocidad energía y esta energía es consumida a una menor velocidad de la que se produce, otra razón es por la duración de la fuente, la cual es la misma que el tiempo de vida del sol, que es igual a cinco mil millones de años [22].

2.6. ENERGÍAS LIMPIAS

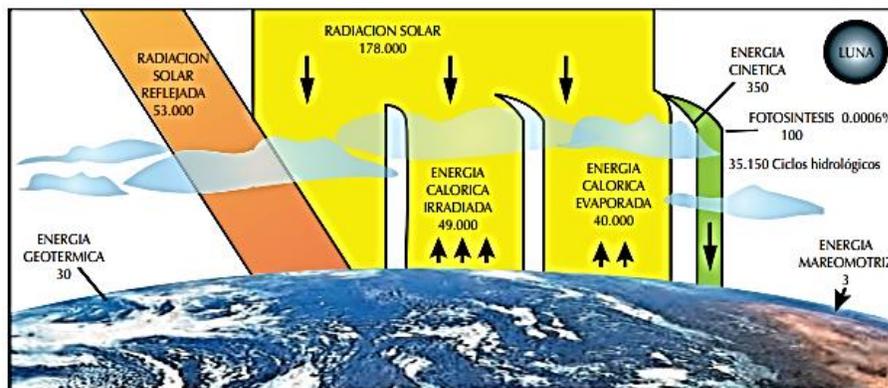
Se conoce como energía limpia a toda energía que en el momento de su generación evita emitir gases de efecto invernadero a la atmósfera o, dicho de otra forma, es la forma de explotación de fuentes energéticas que provoca nulos o muy leves impactos al medio

ambiente. Por lo que resultan amigables para la biodiversidad de la zona de generación, como ejemplo, la energía solar, eólica, mareomotriz, etc. [23]

2.7. ENERGIAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES (ERNC)

Se trata de la explotación energética de fuentes renovables con alto potencial pero que no ha sido ampliamente utilizados en un país y es poco común su comercialización o utilización. También estas ERNC poseen una peculiaridad, la cual es su viabilidad de generación. Ejemplos de esto son: la energía eólica, solar, biomasa, mareomotriz, etc.

Figura 2: Tipos de energía que ingresa a la Tierra



Fuente: [24]

La figura 2 muestra algunas de las diferentes formas de energía que ingresan o están presentes en la tierra. Estos tipos de energía se detallará más adelante.

2.8. ENERGÍA SOLAR

Se reconoce a la energía solar como la impulsora de las fuentes de energía renovable y de vida en la Tierra [25], este tipo de energía es la encargada de llevar a cabo varios ciclos que son indispensables para dar vida a la Tierra, por ejemplo, ayuda en los proceso químicos de las plantas para su desarrollo, aporta movimiento a los mares y el viento [26], etc.

La energía que el sol emite se conoce como radiación solar, y es un tipo de energía electromagnética producto de la fusión de los átomos de hidrogeno y helio presentes en su interior [26]. La radiación solar que atraviesa la atmosfera en un día despejado y “toca” el suelo es aproximadamente 1000W/m^2 (varia por condiciones climáticas y estaciones del

año); Esta radiación es una pequeña parte de la energía que realmente transmite el sol, pero si se llegara a utilizar las áreas desérticas, netamente para generación eléctrica fotovoltaica, esta radiación es más que suficiente para suplir la demanda mundial energética [27].

La radiación solar puede ser utilizado: directamente (iluminación, calentamiento o secado de algún producto), o por medio de tecnología para transformarla a electricidad. Las tecnologías para transformar la radiación a electricidad son conocidos como sistemas fotovoltaicos y colectores solares térmicos (también pueden calentar un fluido de trabajo).

2.8.1. Sistema fotovoltaico (FV)

Es la agrupación de tecnología (eléctrica y electrónica) para transformar la radiación solar en electricidad por medio del efecto fotoeléctrico [28]. El elemento tecnológico más importante y vital de este sistema, es la célula fotovoltaica la cual realiza el trabajo de captar la radiación solar, transformarla a electricidad y enviarla a la red.

Los sistemas fotovoltaicos se clasifican en 3 grupos:

- Conectados a red: Engloba a los sistemas instalados en el suelo e instalados en tejados. Se caracterizan porque la generación está conectado directamente a la red nacional de electricidad.
- Autónomos: Tiene que ver con la satisfacción de “demandas lejanas”, protección catódica de tuberías y electrificación rural. Son sistemas diseñados especialmente para satisfacer una demanda específica. Generalmente no se encuentran conectados a la red nacional de electricidad por su lejanía o alto costo de conexión.
- Bombeo: Son sistemas FV para activar bombas, está relacionada con actividades ganaderas, de riego y para el consumo humano.

Los componentes principales que conforman un sistema fotovoltaico conectado a red son:

- Panel solar o Modulo fotovoltaico. - Conjunto de células fotovoltaicas que transforman la radiación solar en electricidad

- Inversor. - Componente indispensable en los sistemas fotovoltaicos de red, su función es transformar corriente directa (CD) en corriente alterna (CA) para transmitirla a la red eléctrica.
- Transformadores y dispositivos de red. – Adecuan las características de la electricidad generada para que pueda insertarse en la red eléctrica.
- Contador de energía. - Mide la energía generada en el sistema.

Los componentes principales que conforman un sistema fotovoltaico autónomo son:

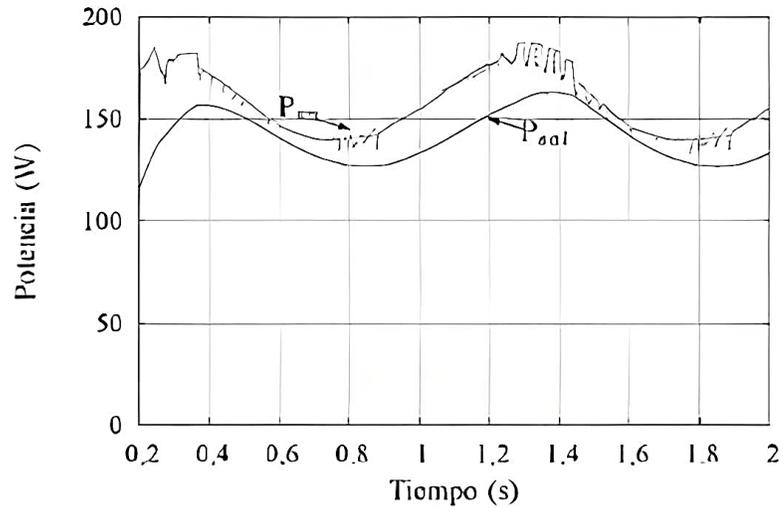
- Panel solar o Modulo fotovoltaico. - Conjunto de células fotovoltaicas que transforman la radiación solar en electricidad.
- Reguladores de carga. – Controla el flujo de energía que se envía-recibe a las baterías y la que es generada en los paneles.
- Inversor. - Componente indispensable en los sistemas fotovoltaicos de red, su función es transformar corriente directa (CD) en corriente alterna (CA) para transmitirla a la red eléctrica.
- Baterías. – Toda la energía generada se almacena en las baterías.

2.8.1.1. Célula fotovoltaica

Invento electrónico capaz de transformar la radiación solar en energía eléctrica, la unión (serie y paralelo) de varias células fotovoltaicas da como resultado un panel solar, la célula solar está conformada por materiales semiconductores tipo n y p [25]. El efecto fotoeléctrico es utilizado por estas células para la generación eléctrica, este efecto es posible por la unión n-p del material semiconductor y consiste en que los fotones de luz liberan electrones del material n, creando con ello el movimiento de electrones [28].

Como la irradiación no es constante por varios factores climáticos, la potencia de salida también cambia, en la **figura 3** se muestra un ejemplo de esto.

Figura 3: Ejemplo de potencia de entrada y salida de un panel solar con una irradiación tipo sinusoidal



Fuente: [29]

Varias tecnologías de células fotovoltaicas y sus características de muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Características de las células fotovoltaicas [26]

Material	Rendimiento célula en laboratorio	Rendimiento de célula industrial	Rendimiento de módulo industrial
Silicio monocristalino	24,7	18	14
Silicio Policristalino	19,8	15	13
Silicio amorfo	13	10,5	7,5
Cristalino capa fina	19,2	9,5	7,9
CIS (Capa fina)	18,8	14	10
CdTe (capa fina)	16,4	10	9
Célula híbrida	20,1	17,3	15,2
Silicio en banda	19,7	14	13

Silicio Monocristalino. – Está conformado por silicio y combinado (dopado) con boro, este material posibilita la conformación de múltiples formas, tamaños y dopajes [30]. Son fabricados por el método Czochralsk.

Silicio Policristalino. – Se los fabrica como lingotes de silicio policristalino bajo el método Bridgman o de fundición en bloque, posee características similares que las de monocristalino.

Silicio Amorfo. – Fabricado con materiales semiconductores no cristalinos (color homogéneo marrón), poseen una estructura similar a la de silicio cristalino, con la diferencia de la presencia de un ángulo en sus enlaces [31].

Cristalino capa fina. - Son delgadas capas de silicio, que poseen un alto grado de absorción solar, pero es necesario utilizar trampas de luz para mejorar esta absorción.

CIS (Capa fina). - Seleniuro de Cobre e Indio, no posee perdidas de eficiencia. Es un material flexible, sus propiedades eléctricas pueden ser configuradas por el dopaje de Indio o galio. [30]

CdTe (capa fina).- Teluro de Cadmio es un semiconductor con un dominio notable de cadmio, las propiedades eléctricas se las obtiene por adición de impurezas como Cu,O₂, entre otros [26].

2.8.2. Sistemas solares térmicos

Aparatos diseñados para aprovechar la radiación solar y convertirla en energía térmica, sus aplicaciones van desde el calentamiento de residencias hasta la desalinización del agua [32].

Estos sistemas solares se clasifican en:

Activos. – Utiliza estructuras y mecanismos para capturar la radiación solar y transmitirla a un fluido de trabajo. Los sistemas activos son tecnologías como colectores solares lineales, parabólicos, etc.

Pasivos. – No utilizan ningún aparato para capturar la radiación del sol y utilizarlo para calefacción o enfriamiento (el fluido calentado indirectamente no es apto para generar trabajo), necesitan de la convección para que circule el fluido de trabajo. Los sistemas pasivos se dividen en: sistemas de termosifón y sistemas de almacenamiento de captador integrado [33].

2.8.2.1. Colectores solares térmicos

Consiste en dispositivos que captan la radiación solar de una amplia área y la enfocan a una más pequeña conocida como receptor [32], con el objetivo de calentar un fluido y generar vapor, el cual posteriormente impulsara la turbina que está conectado a un generador eléctrico. Esta tecnología puede tener otras aplicaciones como: cocina solar, hornos para fines de metalurgia, calefacción de hogares y puede ser aplicada para procesos de generación de hidrogeno [34].

Los tipos de colectores solares se muestra en la figura 4.

Figura 4: Colectores solares y sus temperaturas de trabajo

Seguimiento	Tipo	Absorbedor	Razón de concentración	Rango indicativo de t° (°C)
Estacionario	Placa Plana (FPC)	Plano	1	30-80
	Tubos de vacío (ETC)	Plano	1	50-200
Seguimiento en un eje	Cilindro Parabólico Compuesto (CPC)	Tubular	1-5	60-240
			5-15	60-300
	Reflector Linear Fresnel (LFR)	Tubular	10-40	60-250
	Cilindro Parabólico (PTC)	Tubular	15-45	60-300
Seguimiento en dos ejes	Colector Cilíndrico (CTC)	Tubular	10-50	60-300
	Disco parabólico (PDR)	Punto	100-1000	100-500
	Campo de heliostatos (HFC)	Punto	100-1500	150-2000

Nota: La razón de concentración es la relación entre el área de apertura y la superficie del receptor absorbedor

Fuente: [35]

Estos colectores son clasificados de acuerdo a su temperatura, así:

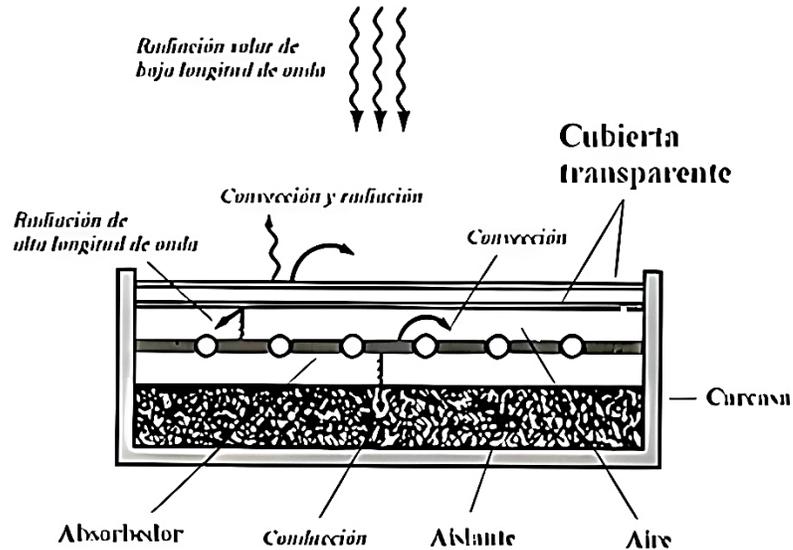
- Baja temperatura. - Menores a los 80°C
- Media temperatura. - Entre los 80 y 250°C
- Alta temperatura. - Entre los 250 a 4000°C

-Colector Plano

Son colectores de baja temperatura utilizados generalmente para el calentamiento de agua en los hogares, el dispositivo funciona de manera similar al efecto invernadero (retiene

radicación el sistema). El elemento más destacable de este dispositivo son sus absorbedores, en la **figura 5** se muestran todos sus componentes.

Figura 5: Componentes de un absorbedor plano



Fuente: [35]

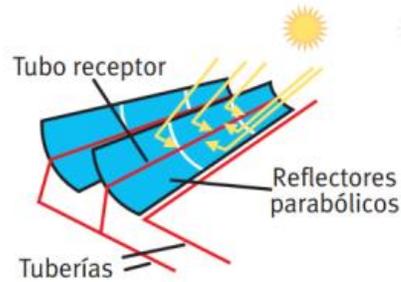
-Colector tubos de vacío

Su funcionamiento es semejante a los colectores planos, con la diferencia de que su componente principal ahora es los tubos de vacío, los cuales aportan en el descenso de mermas térmicas por conducción y convección entre la cubierta transparente y el absorbedor [33].

-Captadores parabólicos

Es un tipo de colector de concentración, posee una configuración de espejos (sus superficies son parabólicas) que reflejan la radiación y la enfocan sobre el absorbedor (cilíndrico o plano). Consiguen el incremento de temperatura gracias al aumento de densidad de radiación que incide sobre fluido de trabajo con la ayuda de reflectores parabólicos, en la **figura 6** se muestra un esquema de este captador.

Figura 6: Colector Parabólico

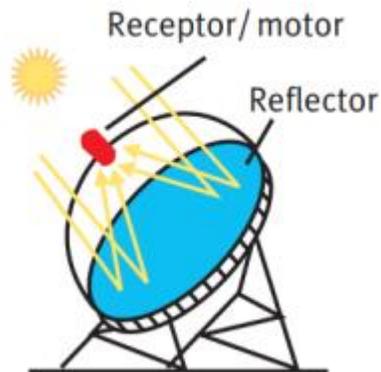


Fuente: [35]

-Captadores de disco

Son una variación de los colectores parabólicos, utilizan una serie de mecanismos para corregir su inclinación (rotación NS y EO), con lo que se optimiza la captación solar en determinadas estaciones del año. Su receptor se encuentra en el punto focal del disco, en la **figura 7** se muestra un esquema de un captador solar de disco.

Figura 7: Captadores de disco

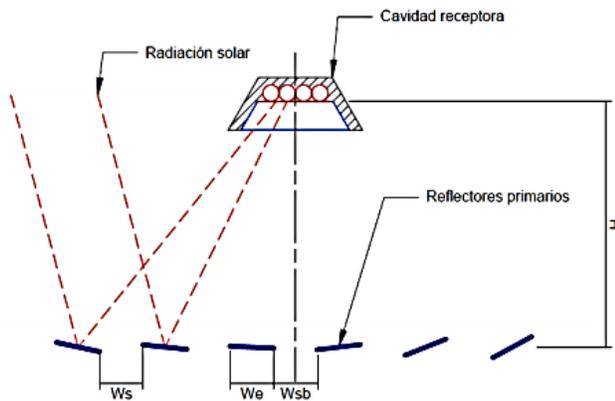


Fuente: [35]

-Colectores Fresnel

Es una agrupación ordenada de espejos instalados sobre el piso, su función es reflejar la radiación del sol sobre un el receptor elevado ubicado en el punto focal de los espejos [36]. Existen dos variantes de colectores Fresnel, los cuales son: Colector de lente y colector solar lineal [32].

Figura 8: Colector solar lineal Fresnel

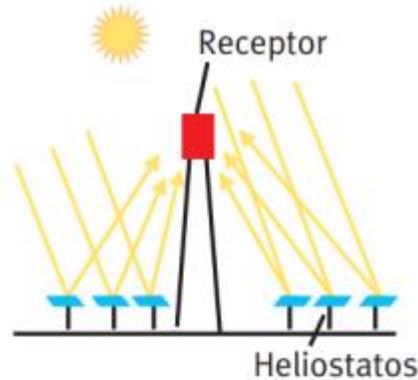


Fuente: [36]

-Colector de torre central

El colector de torre central es una estructura conformada por varios helióstatos instalados en el piso, todos estos reflectores redirigen la radiación solar a el receptor el cual es una torre de gran altura, este receptor acumula la energía térmica reflejada y calienta el fluido de trabajo. Este colector es usado generalmente para la generación eléctrica mediante un conjunto de tanques de almacenamiento, una turbina de vapor y un generador. Debido a que la energía impulsora de este proceso es únicamente la solar, este tipo de tecnología es completamente amigable con el medio ambiente [37]. Dependiendo de la potencia que se requiera, se colocara el número de espejos reflectores. Este tipo de colector solar posee un flujo de calor 100 veces más que los de tipo parabólico.

Figura 9: Esquema del colector torre solar



Fuente: [35]

2.9. ENERGÍA MARÍTIMA

Se refiere a la energía aprovechable de una fuente marina, este tipo de energía es atractiva debido a las grandes extensiones de los océanos que son aproximadamente el 70% de la superficie terrestre según [38], [39], [40] y también porque el mar funciona como “almacén” de energía, puede ser esta térmica, cinética o química [38], en la siguiente figura se muestra la tecnología de generación marina existente y la fuente de energía que esta utiliza.

Figura 10: Tecnologías de generación marina.

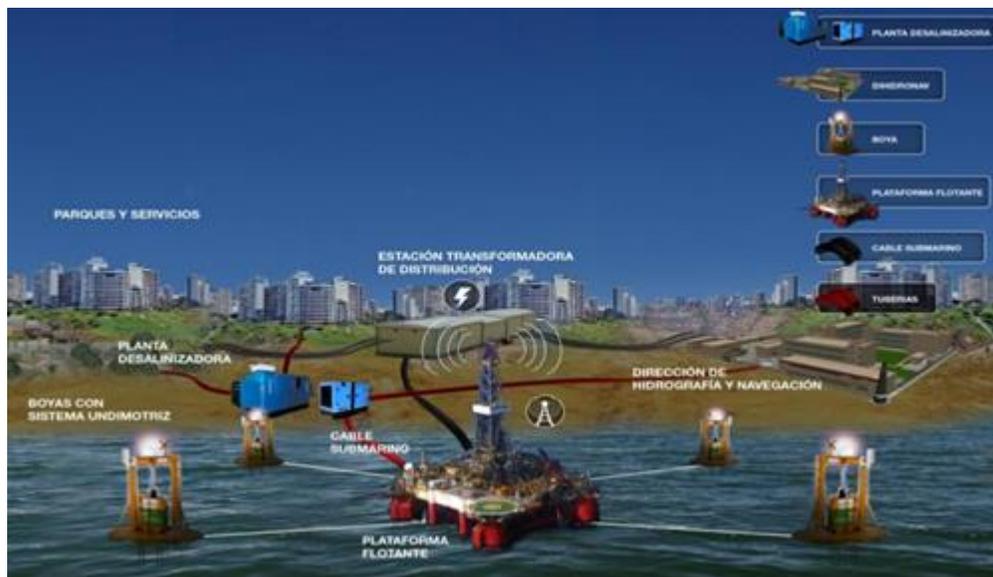
Fuente de energía	Principio de conversión	Tecnologías disponibles
Gradiente de salinidad	Presión osmótica y una hidroturbina	Saltkraft, PRO
Gradiente de temperatura	Ciclo de vapor a baja temperatura	OTEC
Energía Mareomotriz	Hidroeléctrica convencional	"Tidal Power plant"
Energía undimotriz	Cuerpo flotante Generación de aire comprimido Péndulo	OSPNEY, Lmpet, Exim, Pelamis, OWEC, Mighty, Wale, Tapchan, SSG, Wavedragon, Waverotor.
Energía cinética a partir de las corrientes	Aspas hidrodinámicas	TideEL, Brian, UEK, Kobold, Stingray, Blue Concept, SEAFLOW

Fuente: [39], [40]

2.9.1. Energía undimotriz

La energía undimotriz aprovecha la energía del movimiento marino que se encuentran en las olas (movimiento oscilatorio) de los océanos para transformarla en energía eléctrica [38], [39], [41]. El viento es la creadora de las olas de los océanos, la energía cinética del viento y el rozamiento contra la superficie del agua producen las olas, este fenómeno se provoca cuando el viento se encuentra a grandes velocidades e impacta sobre la superficie del agua, logrando que las moléculas de aire transfieran parte de su energía a las de agua [38], [39].

Figura 11: Sistema Undimotriz



Fuente: [40]

2.9.2. Energía de salinidad u ósmica

Es la energía que se obtiene por la diferencia de sal en el agua, producto de la mezcla de agua “dulce” de río en el mar, la tecnología de generación se la coloca en las desembocaduras de los ríos, existen 3 formas para generar energía eléctrica.

- Electrodiálisis directa. –Realiza una conversión electroquímica con la ayuda de celdas de electrodiálisis (formadas por membranas y electrodos), la diferencia de concentración de sal generara voltaje en los electrodos de estas celdas que es igual al oxido de la solución [39].

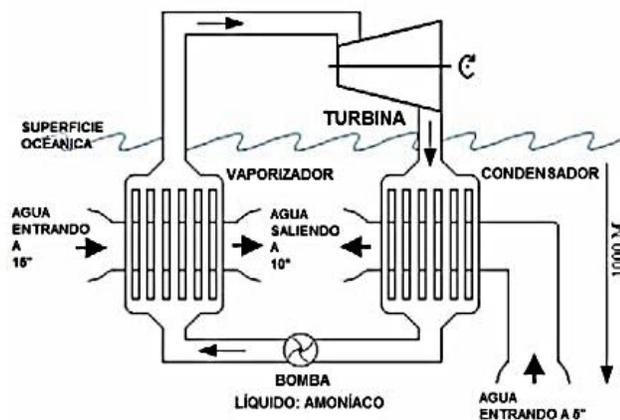
- Efecto osmótico por métodos mecánico. – Genera una diferencia de altura con la diferencia de presión osmótica, la diferencia de altura es aprovechada por una turbina hidráulica y esta se conecta finalmente a un generador eléctrico.
- Presión osmótica retardada. – Utiliza la variación de presión osmótica generada por el paso del agua dulce por una membrana semipermeable y mezclándose con el agua de mar que es bombeada (presión menor a la osmótica) al tanque común.

2.9.3. Gradiente de temperatura

La radiación solar cae sobre las aguas del océano logrando elevar su temperatura superficial (es por eso que se dice que los mares almacenan la energía solar), la tecnología OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) es la encargada de aprovechar el calentamiento superficial de las aguas del océano y las aguas a una menor temperatura (ubicados a profundidades de 1000 m por lo general) para arrancar un motor de calor, esta tecnología puede funcionar con 3 ciclos los cuales son:

Ciclo cerrado. - Aprovecha el calentamiento superficial del mar para evaporar amoníaco para posteriormente impulsar una turbina, en la cual entrega parte de su energía y se condensa este fluido con el agua fría de aguas profundas, para completar el ciclo, el fluido condensado es bombeado nuevamente para ser evaporado.

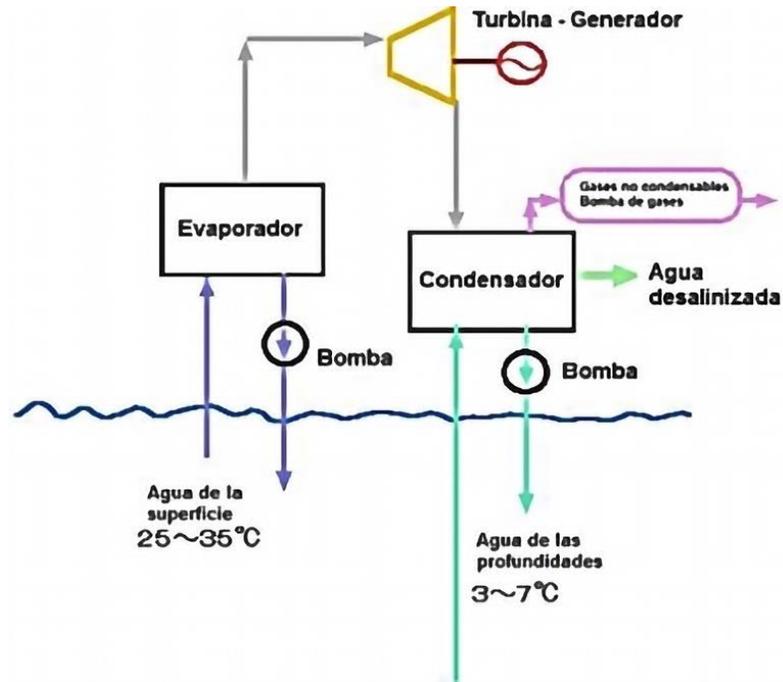
Figura 12: Esquema de la tecnología OTEC de ciclo cerrado



Fuente: [39]

Ciclo abierto. – El agua calentada por la radiación solar es enviada a un evaporador, el evaporador realiza su trabajo, convierte este fluido en vapor, posteriormente el fluido evaporado ingresa a la turbina a baja presión para la generación eléctrica.

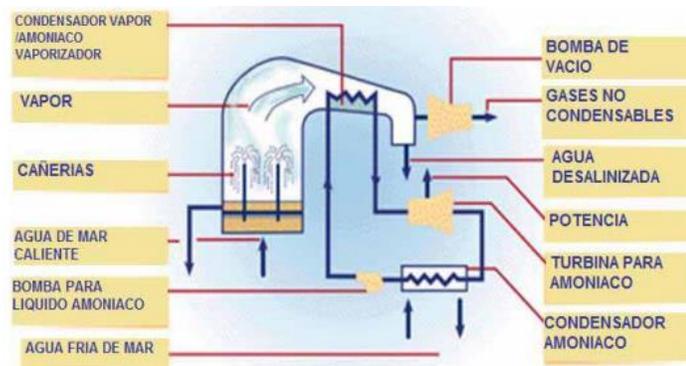
Figura 13: Esquema de la tecnología OTEC de ciclo abierto



Fuente: [39]

Ciclo híbrido. - Es una combinación del ciclo cerrado y abierto.

Figura 14: Esquema de la tecnología OTEC de ciclo híbrido

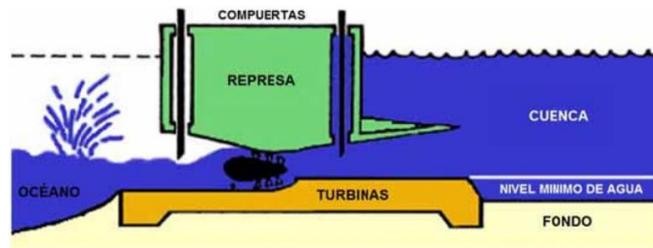


Fuente: [39]

2.9.4. Energía mareomotriz

Se refiere a la energía conseguida del ascenso o descenso de la marea de los océanos. Esta variación del nivel de la marea tiene que ver con efectos de atracción gravitacional de la luna, el sol y el giro del planeta. La diferencia de alturas de la marea permite utilizar turbinas hidroeléctricas convencionales. La generación eléctrica se consigue al almacenar energía potencial en el agua de mar con la construcción de un dique en una bahía cerrada, para posteriormente dejar fluir esta agua desde el dique a las turbinas y finalmente ser liberado al océano.

Figura 15: Esquema de generación eléctrica a partir de energía mareomotriz

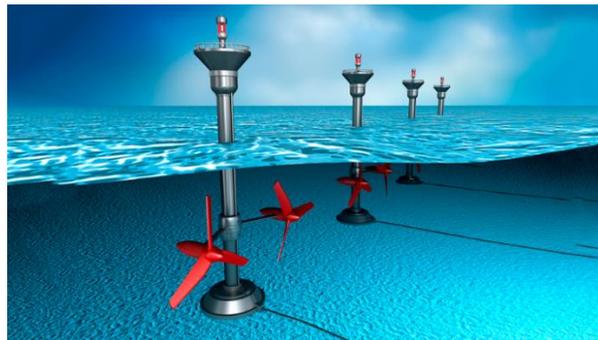


Fuente: [39]

2.9.5. Energía a partir de las corrientes marinas

Se trata de utilizar la energía cinética de las corrientes marinas a través de aspas hidrodinámicas, esta tecnología de generación es similar a las turbinas de viento. En la **figura 16** se muestra un “parque” de generadores eléctricos que aprovechan las corrientes marinas.

Figura 16: Generadores eléctricos a partir de corrientes marinas



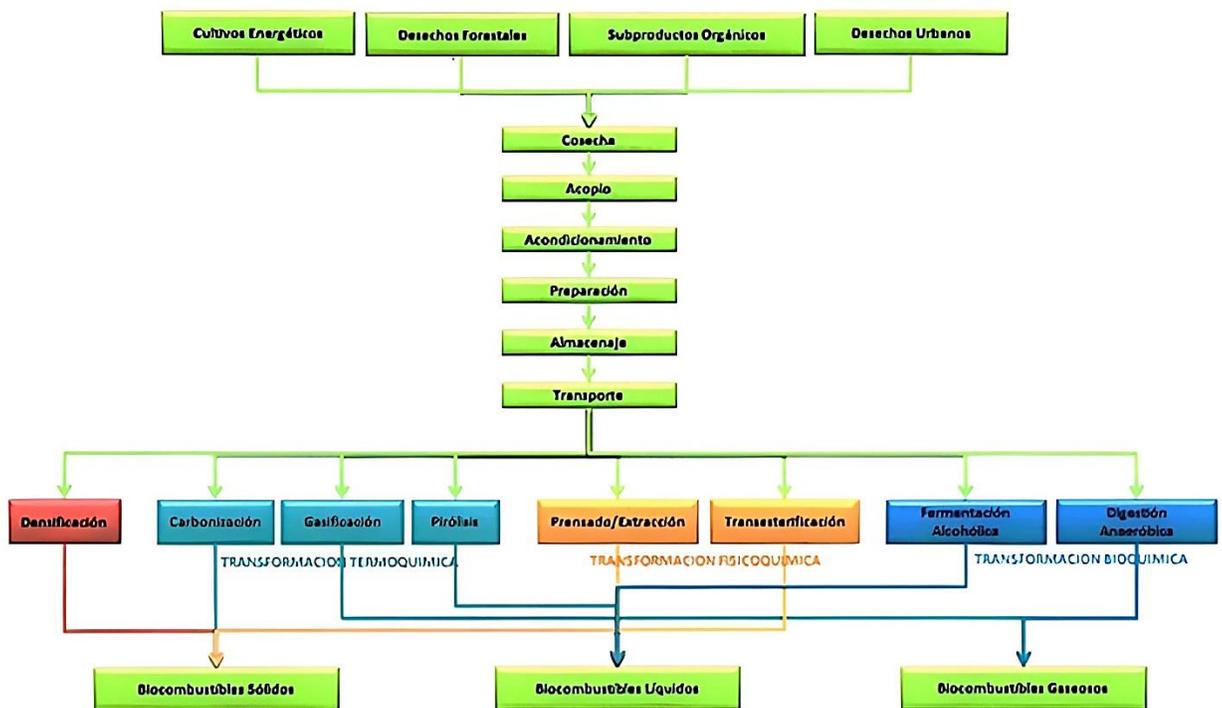
Fuente: [42]

2.10. BIOMASA

Se trata de una energía renovable que es obtenida por procesos biológicos. Se considera biomasa a los restos, desperdicios o desechos de la agricultura (abarcando material vegetal y animal), silvestres (árboles, plantas, hojas, etc), industriales (solo productos biodegradables) y también a desechos biodegradables municipales [43].

A través de la biomasa se pueden obtener derivados energéticos llamados bioenergía, los cuales para ser obtenidos pasan través de ciertos procesos de transformación y se utilizan para obtener energías como calor, electricidad y biocombustibles [43]. Existen biocombustibles de primera y segunda generación, los de segunda generación presentan ventajas sobre los de primera, ventajas como que presentan-muestran un impacto ambiental reducido, bajas emisiones de CO₂ y se puede aprovechar toda la biomasa [44].

Figura 17: Ejemplo de procesos de obtención de combustibles mediante biomasa



Fuente: [45]

La biomasa se puede clasificar según:

-Su obtención, según [46], así:

- Primaria. – Se recolecta directamente de la naturaleza para la generación energética
- Secundaria. – Son restos de actividades humanas.

-Los tipos de biomasa [46]:

- Desechos animales. - Son residuos de ganadería, avicultura, etc.
- Residuos agrícolas. - Son por lo general tallos, hojas, paja de trigo y cascarilla de arroz, procedentes de la planta cosechada, en si son restos que contienen un contenido energético utilizable para generar bioenergía.
- Residuos sólidos urbanos. – Son residuos orgánicos y aguas residuales que han creado los residentes de las ciudades.
- Desechos Urbanos: Son materiales como madera, cartón y papel.
- Rellenos sanitarios: Vertederos que tienen gran variedad de desechos que son descompuestos por bacterias para originar gas metano.
- Cultivos de energía: Son sembríos herbáceos, arbolados, agrícolas y acuáticos, los cuales tienen la peculiaridad de ser de rápido crecimiento y poseer potencial para “crear” bioenergía.
- Residuos municipales e industriales: Todo proceso industrial que trabaje con biomasa genera subproductos, estos son nombrados como residuos y poseen un contenido energético apreciable. Un ejemplo de esto es la industria de papel.

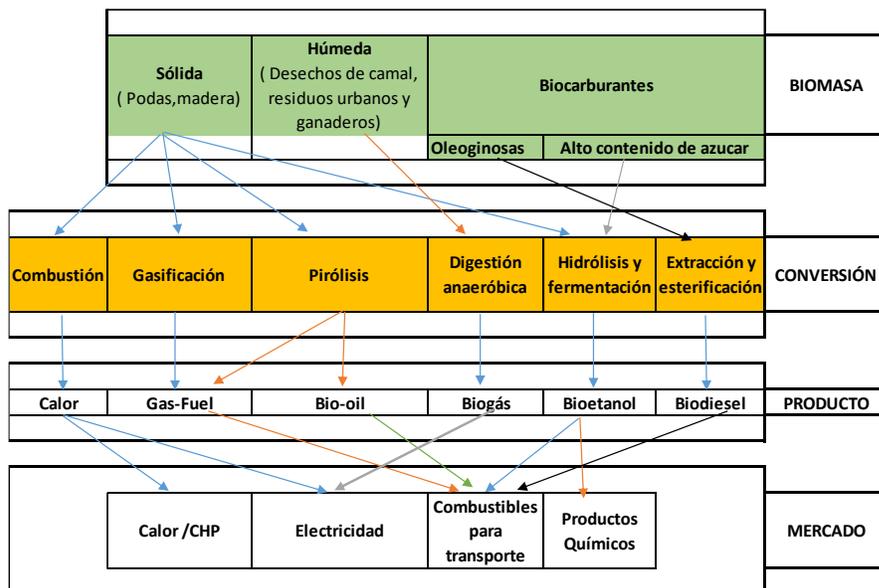
La clasificación de la biomasa según la forma de la que de ella se puede extraer energía según [46] se muestra a continuación:

- Biomasa sólida. – Materia orgánica de textura sólida, se extrae de la naturaleza directamente o de los restos de procesos agrícolas, se obtiene energía de ellos a través de la pirolisis, gasificación o también la combustión.

- Biomasa húmeda. – Materia orgánica con gran contenido de humedad, esto pueden ser de origen ganadero o de sólidos urbanos. Para degradarlo se utilizan procesos bioquímicos.
- Biocarburantes. – Se consideran combustibles líquidos, se clasifican en dos, la primera por su gran contenido de aceite (Oleoginosas), sus procesos de extracción son físicos y fisicoquímicos. Y la segunda por su contenido de azúcar su extracción es mediante fermentación.

La conversión de la biomasa a productos se lo muestra en la **figura 18**:

Figura 18: Transformación de la biomasa a productos y su aplicación

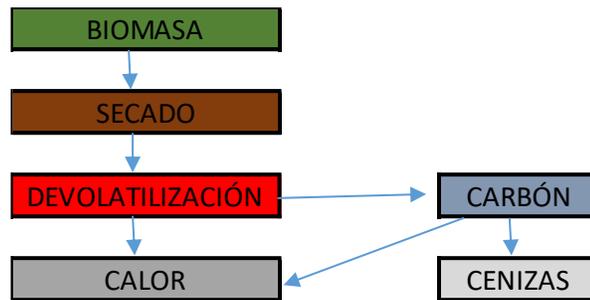


Fuente: Autor

2.10.1. Combustión

Es el método más antiguo para aprovechar la energía de la biomasa, este proceso es termoquímico y consiste en una reacción química exotérmica entre el combustible (biomasa) y el comburente (oxígeno) para liberar energía térmica [47]. Es utilizada en procesos de cogeneración para producir electricidad. El trayecto que realiza la biomasa en el proceso de combustión se muestra a continuación.

Figura 19: Trayecto de la biomasa en la combustión



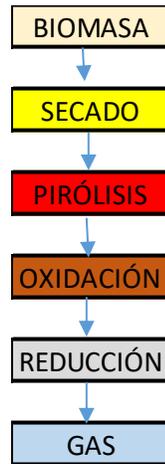
Fuente: Autor

El proceso de combustión de la biomasa como se muestra en la **figura 19** inicia con secado, el cual tiene como propósito extraer la humedad que contiene la biomasa, posterior a esto pasa a la etapa devolatilización donde la biomasa se descompone y libera gases volátiles (hidrocarburos), estos hidrocarburos son quemados creando carbón y calor, el carbón creado arde hasta transformarse en calor y cenizas [47].

2.10.2. Gasificación

Es el proceso térmico-químico que transforma la biomasa sólida en gas, a través de reacciones causada por un agente gasificante (aire, H₂, O) el biocombustible resultante se lo conoce como “gas fuel”, biogas o “sintergas”, este puede ser utilizado como “combustible” para transporte o en motores de combustión interna en general [48]. Este gas resultante está compuesto principalmente por CO y H₂. El proceso de gasificación se lo realiza en un sistema sellado, se muestra en la siguiente figura el proceso por etapas.

Figura 20: Proceso de gasificación por etapas



Fuente: Autor

Secado. – En esta etapa se remueve la humedad presente en la biomasa

Pirólisis. – Se descompone térmicamente la biomasa en un ambiente sin oxígeno a una temperatura que está entre 350-500°C [49].

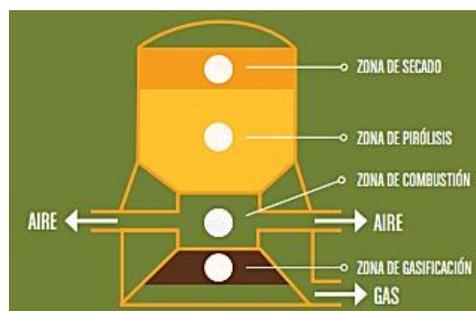
Oxidación. – Se introduce un agente gasificante como oxígeno o vapor de agua con gases inertes, el proceso crea altas temperaturas por lo general 700-2000°C [48].

Reducción. – Se presentan múltiples reacciones químicas a temperaturas que oscilan los 900-1100°C [49]. Posteriormente a esta etapa se extrae el biogás, alquitranes y cenizas.

Existen diferentes gasificadores [50], los cuales son:

Downdraft. - Se utilizan para plantas de baja capacidad de generación, su rango es de 10kW a 1MW. Al igual que la biomasa el gas fluye hacia abajo del gasificador.

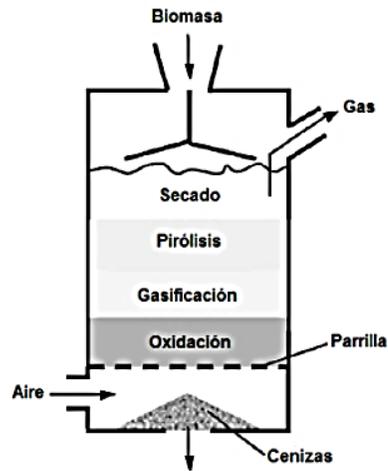
Figura 21: Esquema de un gasificador downdraft



Fuente: [51]

Updraft. - Es utilizado para generaciones intermedias que esta entre 1MW a 10MW. Son conocidos como flujo ascendente debido a que la biomasa ingresa por la parte superior y el aire ingresa por la parte baja del gasificador.

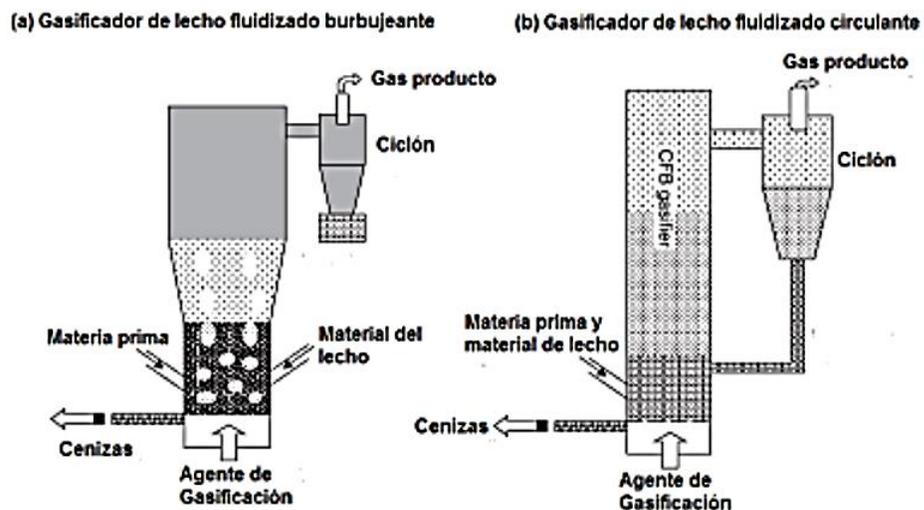
Figura 22: Esquema de una gasificador updraft



Fuente: [52]

De lecho fijo o lecho fluido. - Se lo utiliza en aplicaciones de generación intermedias y altas de entre 1MW a 100MW. Se conoce como lecho fijo debido a que la biomasa permanece estacionaria sobre unas rejillas hasta descomponerse y llegar al reactor.

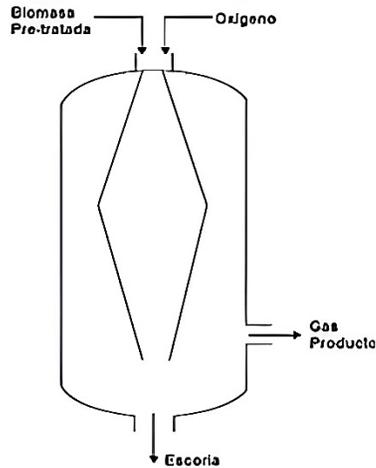
Figura 23: Esquema de gasificadores de lecho fluido



Fuente: [52]

De flujo por arrastre. – Se los utiliza para plantas de gran generación, su capacidad de generación es >50MW. Los sólidos son acarreados por el flujo de gas, es por esto que estos gasificadores poseen este nombre.

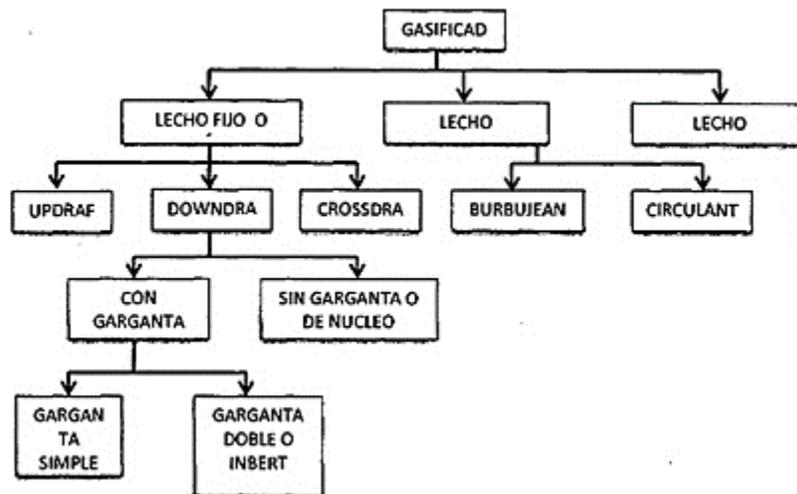
Figura 24: Esquema de gasificador de flujo por arrastre



Fuente: [52]

Como resumen de los tipos de gasificadores, se muestra la **figura 25**

Figura 25: Clasificación de los tipos de gasificadores existentes



Fuente: [50]

Los gasificadores pueden ser utilizados en las residencias para generación de gas para usos de cocción de alimentos, calentamiento de agua o espacios.

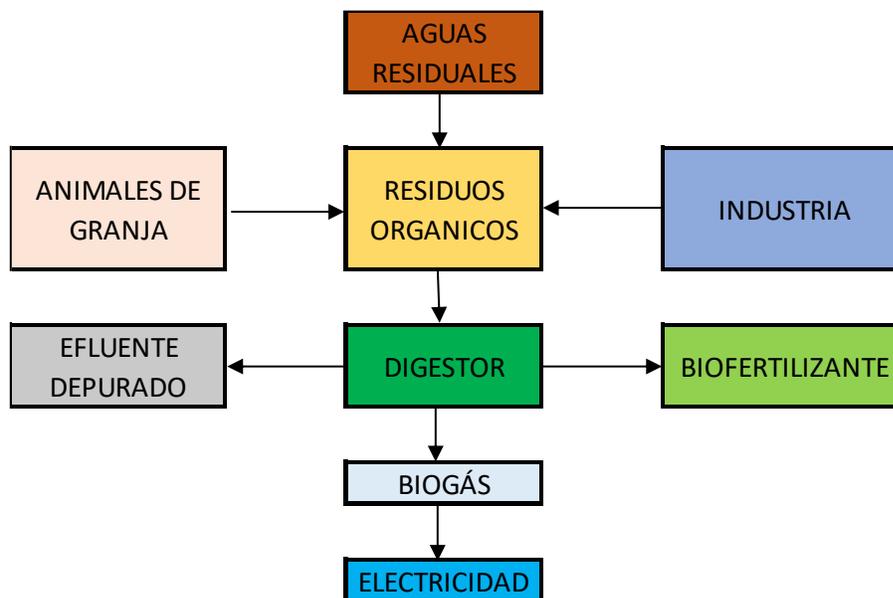
2.10.3. Pirolisis

Es un proceso que consiste en degradar térmicamente los principales componentes de la biomasa (hemicelulosa, celulosa y lignina) [53], para obtener biocombustibles sólidos (bio-carbón), líquidos (bio-aceite) y gaseosos (biogás), este proceso se lo lleva a cabo con ausencia de aire en un reactor de pirolisis [54]. La calidad de este proceso para crear los diferentes productos depende del tipo de biomasa, la temperatura, presión y el reactor que se utiliza.

2.10.4. Digestión anaeróbica

El proceso en el cual un grupo de bacterias descomponen la biomasa para formar gas, este proceso se lo realiza sin oxígeno. Al conjunto de productos orgánicos gaseosos que este proceso genera se llama biogás y se compone de (CH_4 , CO_2 , H_2 , H_2S) [55]. El mayor componente del biogás es metano el cual es de 50 a 70%, es por este motivo que este gas suele utilizarse en generadores eléctricos o en turbinas [55]. Los dispositivos utilizados para este proceso se llaman biodigestores.

Figura 26: Procesos de digestión anaeróbica y sus productos



Fuente: [55]

Como ya se mencionó el biogás se caracteriza por su gran contenido de metano es por esta razón que su poder calorífico es un poco más de la mitad del poder calorífico del gas natural [55].

La degradación de la materia se la realiza en el digestor en varias etapas, 3 de ellas para la biomasa sólida y otras 2 para líquidos.

Las etapas para la degradación de la materia son:

Liquefacción. - La etapa se caracteriza por las bacterias hidrolíticas transforman los polímeros de la biomasa a sus correspondientes monómeros [56].

Acidogénesis. – Utiliza los productos solubles de la etapa liquefacion para formar ácidos orgánicos [56].

Acetogénesis. – Los compuestos son transformados en (CH_3COOH , H_2 y dióxido de carbono).

Metanogénesis. - Las bacterias metanogénicas en esta etapa transforman el respectivo sustrato (ácido acético o ácido fórmico con metanol) en metano.

Con la ayuda de un biodigestor se podría ayudar al sector rural a obtener un combustible para cocción de alimentos o calentamiento de agua, esto resulta favorable para los habitantes de estas zonas, ya que pueden utilizar los desechos orgánicos de los animales para generar el combustible el cual brinda y suple parte de sus necesidades energéticas y además les aporta confort, debido a que se evita la necesidad de la tala de árboles para quemar su madera [57].

2.10.5. Hidrolisis

Hidrolisis es una reacción química que descompone la biomasa al agregar una molécula de agua con el objetivo de convertir polisacáridos (celulosa, hemicelulosa) en monómeros simples. Este proceso tiene la meta de incrementar la porosidad de la biomasa al romper los enlaces de la lignina [58].

La hidrólisis ácida e hidrólisis enzimática son los dos métodos principales para descomponer biomasa sólida [59].

Hidrolisis acida. – Se expone a la biomasa a ácidos (sulfúrico, perclórico o clorhídrico), durante un determinado tiempo y temperaturas (160-200°C) para obtener monómeros de azúcar [58].

Hidrólisis enzimática. – Este método descompone la biomasa a hexosas y pentosas por medio de enzimas celulasas, la materia resultante de este proceso puede fermentarse con bacterias o a su vez levaduras, para producir etanol [59].

2.10.6. Fermentación

Se descomponen los carbohidratos de la biomasa en etanol y CO₂ mediante la adición de levaduras o bacterias en el interior de un reactor sin presencia de oxígeno [58].

El proceso fermentación depende de:

Tipo de microorganismos utilizados. -Estos son seccionados dependiendo el tipo de material a fermentar,

Duración del proceso. - Tiempo necesario para que el proceso deje de producir CO₂ por lo general dura de 2 a 3 semanas.

Grado de acides. – El PH es para la formación de células de levadura.

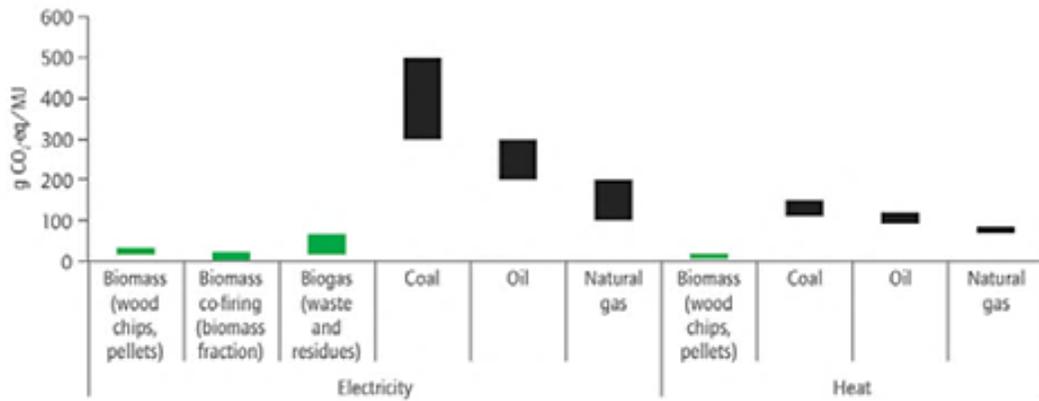
Niveles de azúcar. – Utilizado para el crecimiento de levaduras

Temperatura. – La temperatura óptima para los microbios, comúnmente oscila entre los 19 a 32°C [58].

2.10.7. Esterificación

La esterificación es una reacción química reversible de un ácido carboxílico y un alcohol, el producto de esta reacción son esteres y agua [60]. La esterificación puede utilizar o no un catalizador (usado para reducir el tiempo de este proceso). Este proceso utiliza biocarburantes oleaginosas para crear biocombutibles.

Figura 27 : Comparación de emisiones de CO₂ entre biomasa vs energía fósil, Gas natural y carbón



Fuente: [61]

2.11. ELECTRÓLISIS DEL AGUA

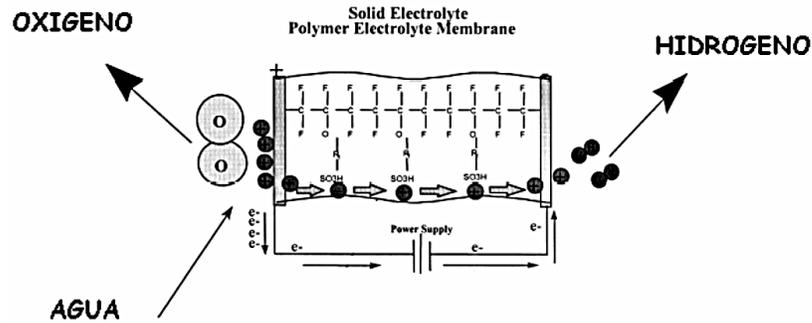
Es el proceso de separación de la molécula de agua por medio de electricidad, la electrólisis posee dos electrodos que están separados por un electrolito, en el ánodo se desprende oxígeno y el cátodo desprende hidrogeno [62].

Para que este proceso ocurra debe aplicarse un determinado voltaje que rompa los enlaces moleculares del agua.

Los electrolizadores más estudiados son 3 según [62] :

- Electrólisis alcalina
- De membrana polimérica
- Óxido de solido

Figura 28: Esquema del proceso de electrolisis del agua



Fuente: [63]

2.12. METANACIÓN

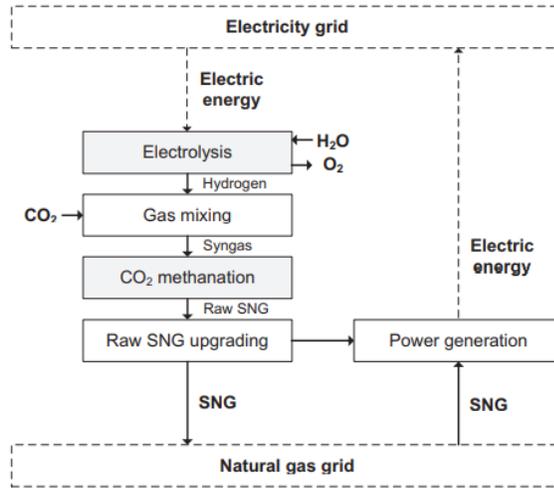
Es el proceso de producción de metano a partir de CO_2 o CO , existen dos tipos de metanación: La biológica que se efectúa a temperaturas $<70^\circ\text{C}$ y metanación catalítica que se realiza a temperaturas mayores a los 250°C [64], estos procesos utilizan tres tipos de tecnología para producir metano según [65] y [64], las cuales son:

Metanación de lecho fijo. – Trabaja con reacciones exotérmicas, el proceso tiene dos reactores, el primero enfriado y el otro adiabático, un catalizador y un intercambiador de calor. Se llama de lecho fijo debido a que el catalizador en el interior del reactor crea un lecho homogéneo (sólido disperso).

Metanación con lecho fluidizado. – Posee dos intercambiadores de calor para un solo reactor, el proceso se caracteriza por la obtención de una mezcla adecuada, producto del flujo de lecho fluidizado (un flujo ascendente que suspende partículas sólidas) [66].

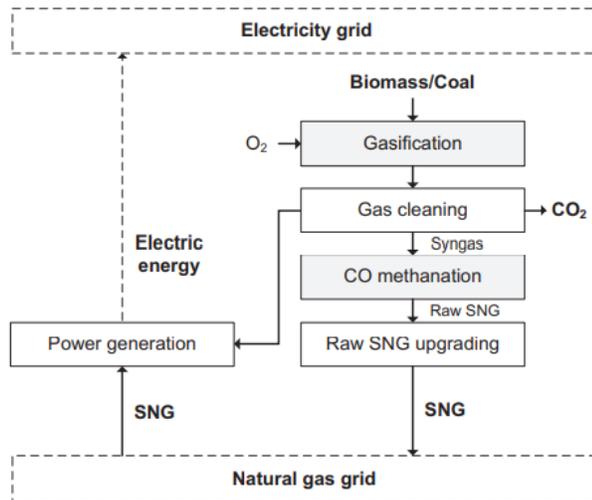
Metanación de tres fases. – Posee un reactor trifásico, los productos se encuentran presentes en tres fases (sólido, líquido y gas) [66], [64] y [65].

Figura 29: Ejemplo de planta con tecnología PtG utilizando metanación de CO₂



Fuente: [64]

Figura 30: Ejemplo de planta de biomasa-carbón para obtener un Substituto al Gas Natural con metanación de CO



Fuente: [64]

2.13. ENERGÍA EÓLICA

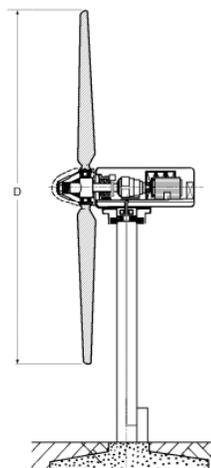
La energía eólica es la energía cinética que presentan los vientos, los cuales son creados por efecto del calentamiento no homogéneo de la superficie de la tierra por la radiación solar [67], [68]. La tecnología que transforma la energía cinética del viento en electricidad son denominados aerogeneradores. Los aerogeneradores están constituidos por alabes o

palas, estructura principal o torre, caja de transmisión, mecanismos de orientación (no todos lo poseen), anemómetro, veleta y conexión a la red eléctrica. Los elementos que transforman la energía cinética en energía mecánica son los alabes, estos elementos poseen un perfil aerodinámico para maximizar el aprovechamiento del viento, la energía generada por esta tecnología puede ser almacenada en baterías o distribuirse directamente a la red nacional [69], [70].

Los aerogeneradores tienen varias clasificaciones (según el número de palas, la velocidad del rotor, tipo de control y regulador, el tipo de generador, su potencia nominal, su tipo de conexión a la red), pero uno de las clasificaciones más destacables es por la disposición del eje de giro. Esta clasificación tiene dos categorías, las cuales son:

Aerogeneradores de eje horizontal. – Su eje de rotación se encuentra paralela a la dirección del viento, generalmente las de baja velocidad poseen 4 palas mientras que las de alta velocidad pueden llevar hasta unas 24, además las palas pueden situarse en 2 posiciones, que pueden ser: Barlovento upwind (el sistema de orientación está detrás de las palas y el viento impacta primero a las palas) y Sotavento downwind (el sistema de orientación es el primero en recibir el viento, después pasa a las palas) [71]. La disposición horizontal le da ventaja sobre la vertical en su rendimiento y pueden ser instalados a mayor altura.

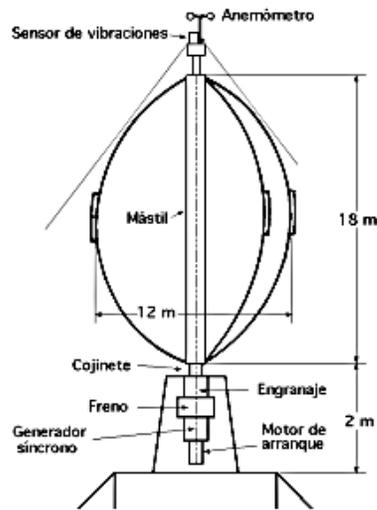
Figura 31: Esquema de aerogenerador de eje horizontal



Fuente: [62]

Aerogeneradores de eje Vertical. - Su eje de rotación es perpendicular al suelo, se caracterizan por no necesitar de un sistema de orientación y su sistema de generación eléctrico puede ubicarse a nivel del suelo. Poseen ventajas sobre los aerogeneradores horizontales como: no necesitan la construcción de una torre, los elementos que necesiten de mantenimiento están a nivel del suelo y no utilizan cajas de cambios para modificar sus revoluciones [71], [67].

Figura 32: Esquema de un aerogenerador tipo Darrieux



Fuente: [71]

Las características de estos aerogeneradores se muestran en la **figura 33**. Otra clasificación importante las plantas de autogeneración es de acuerdo a la ubicación de instalación pudiendo ser estas marítimas (offshore) o sobre tierra (onshore).

La ventaja de las centrales onshore sobre la offshore es su menor costo de instalación y mantenimiento, mientras que las offshore son más productivas debido a que la frecuencia de los vientos en el mar es mayor que las tradicionales sobre tierra [72].

Figura 33: Características de los aerogeneradores verticales y horizontales

Eje	Tipo de Rotor	Rendimiento Máximo	Características
HORIZONTAL	Holandés	0,17	<ul style="list-style-type: none"> -30-60 kW -Alto par de arranque -Velocidades medias(*) -Diseño ineficiente de las palas -4 palas
	Multipala Americano	0,15	<ul style="list-style-type: none"> -0,4-6 kW -Alto par de arranque -Bajas velocidades -Muchas pérdidas -12-15 palas
	Perfil Aerodinámico (hélices)	0,47	<ul style="list-style-type: none"> -0,5-3.200 kW -Bajo par de arranque -Altas velocidades -Alto rendimiento -1 a 3 palas
VERTICAL	Savonius	0,30	<ul style="list-style-type: none"> -0-1,5 kW -No requiere ser orientado -Alto par de arranque -Bajas velocidades -2 a 4 palas
	Darrieus	0,35	<ul style="list-style-type: none"> -5-500 kW -No requiere ser orientado -No arranca solo -Altas velocidades -Buen rendimiento -2 a 3 palas

Fuente: [67]

La tecnología de viento es utilizada para satisfacer demandas rurales inaccesibles a la red eléctrica convencional son los Sistemas híbrido diésel-eólico.

Sistemas Híbrido Diésel-Eólico. - Son pequeños parques de generación eólica que son utilizados por limitaciones, geográficas, ecológicas, económicas o demográficas. La característica de este sistema es la incorporación de motor de combustión interna a diésel a un aerogenerador con el propósito de mejorar la aseguración de generación.

2.14. ENERGIA GEOTÉRMICA

La energía geotérmica es el aprovechamiento la energía térmica presente en el interior de la tierra para beneficio del hombre (suele ser utilizado para la generación eléctrica, calefacción y usos agrícolas) [73], [74], [75]. Este tipo de tecnología, según [75] y [76] ha sido utilizada solo en ciertas áreas donde existan determinadas características geológicas (presencia de agua en estado gaseoso o líquido para ceder calor desde los lugares más calientes y profundos hasta los fríos cercanos a la superficie terrestre), pero según [73], esta tecnología no va a tener estos limitantes a futuro, tal como explica [65] que la presencia de temperaturas elevadas y agua ya no son un requisito para la generación geotermica, debido a que se cuenta con la tecnologia bomba de calor o a su vez se puede inyectar agua desde la superficie hacia una roca seca caliente.

El gradiente de temperatura o también denominado geotérmico es aproximadamente de 25 a 30°C/1km [73], [76], pero en zonas con actividad volcanica puede aumentar considerablemente este gradiente de temperatura.

Actualmente la energía de la tierra es accesible por medio de perforaciones. Esta energia termica contenida en el interior de la tierra se transfiere al extereior por conduccion y convección termica, la enenergia interna de la tierra es apreciada debido a que el contenido de calor en la corteza terrestre es igual a $5,4 \times 10^{21}$ MJ, lo cual nos muestra el potencial que se encuentra bajo tierra. Ademas con el lento enfriamiento de la tierra, esta energia puede ser aprovechada por varios millones de años; Por todo esto alguno autores consideran la tierra como una máquina termica [73] , [75].

Las acumulaciones naturales de calor que son accesibles con la tecnología instalada y se encuentran ubicadas en áreas favorables son denominados sistemas geotérmicos. Los recursos geotérmicos según [77] es la energía (térmica) que puede ser aprovechada dentro de un especifico periodo de tiempo, con costos competitivos comparado con otro tipo de energía. Los yacimientos geotérmicos son conocidos como áreas geológicas donde la temperatura es muy elevada, se encuentran a distancias accesibles (profundidades posibles con tecnología actual) y poseen agua dentro de esta zona. En la **figura 34** se muestra un tipo de clasificación de los yacimientos.

Figura 34: Clasificación de los yacimientos geotérmicos según el tipo de entalpía

TIPO/SISTEMA	Muffler y Cataldi, 1979	Hochstein, 1990	Benderitter y Cormy, 1990	Haenel, Rybach y Stegena, 1998
Baja Entalpía	< 90 °C	< 125 °C	< 100 °C	< 150 °C
Media Entalpía	90 – 150 °C	125 – 225 °C	100 – 200 °C	
Alta Entalpía	> 150 °C	> 225 °C	> 200 °C	> 150 °C

Fuente: [76]

Los sistemas geotérmicos también se pueden clasificar en dos:

-Hidrotermal convectivo. – Se los halla entre piedras quebrantadas que poseen una elevada permeabilidad por lo general se encuentran a profundidades de 500 a 3000m por zonas volcánicas activas, este sistema convectivo pueden ser de tipo: vapor dominante (genera vapor sobrecalentado) y liquido dominante (genera agua a altas temperaturas hasta crear burbujas de vapor) [76].

Figura 35: Yacimiento hidrotermal



Fuente: [78]

-Conductivo de roca seca caliente. - Se los halla entre piedras muy calientes que no poseen permeabilidad, se extrae el calor de ellas al inyectar agua desde la superficie para crear vapor, por lo general se encuentran a una profundidad mayor de los 4000 m.

Para que sea considerado un campo geotérmico como tal, este debe gozar de 4 requisitos que deben estar presente en el mismo sitio y tiempo. Estos cuatro requisitos según [76] son:

Fuente de Calor. - Son rocas a altas temperaturas o magma que se encuentran bajo tierra y es accesible mediante perforaciones.

Reservorio. - Son piedras fracturadas permeables, estas rocas tienen contacto con el fluido y la fuente de calor lo cual permite una extracción de calor continua.

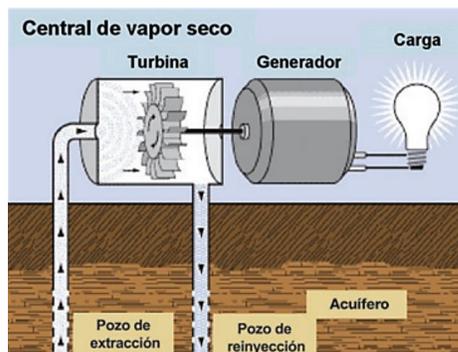
La capa sello. – Formado por varios tipos de rocas como por ejemplo volcánicas (tienen baja permeabilidad), esta capa sello tiene la función de impedir que los fluidos del reservorio salgan a la superficie o pierda calor.

La recarga. - Sistema natural conformado de tal forma que permite la recarga del reservorio con agua de lluvia, del rocío, de los ríos, etc.

La tecnología para transformar la energía interna de la tierra en electricidad se puede reducir a tres, las cuales para su funcionamiento dependen de las características del fluido en el interior de los yacimientos geotérmicos (sea este vapor o agua), estas tecnologías según [76] y [75] son:

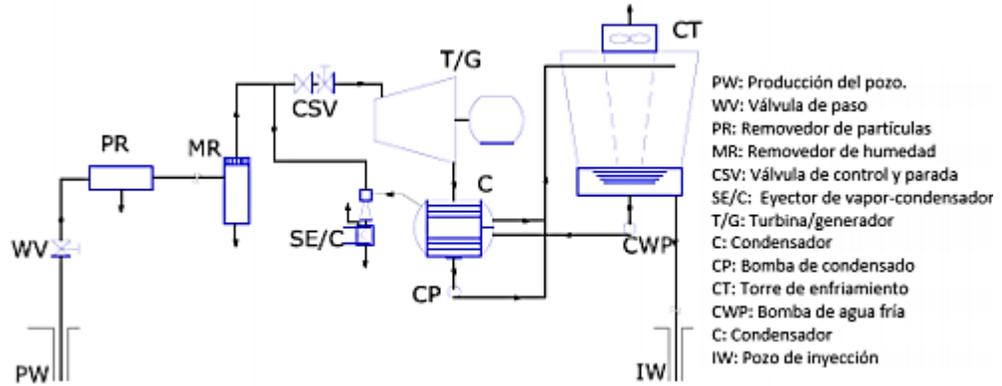
-Central de Vapor seco.- Utiliza el vapor sobrecalentado almacenado en el interior del yacimiento y conduciéndolo de forma directa a una turbina la cual está unida a un generador eléctrico [75].

Figura 36: Esquema de la tecnología de central de vapor seco



Fuente: [75]

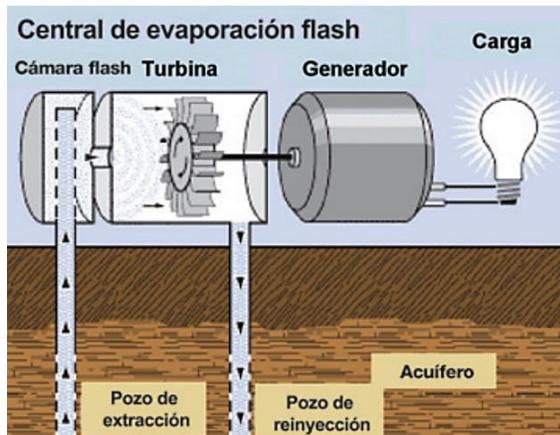
Figura 37:Diagrama de centra de vapor seco



Fuente: [78]

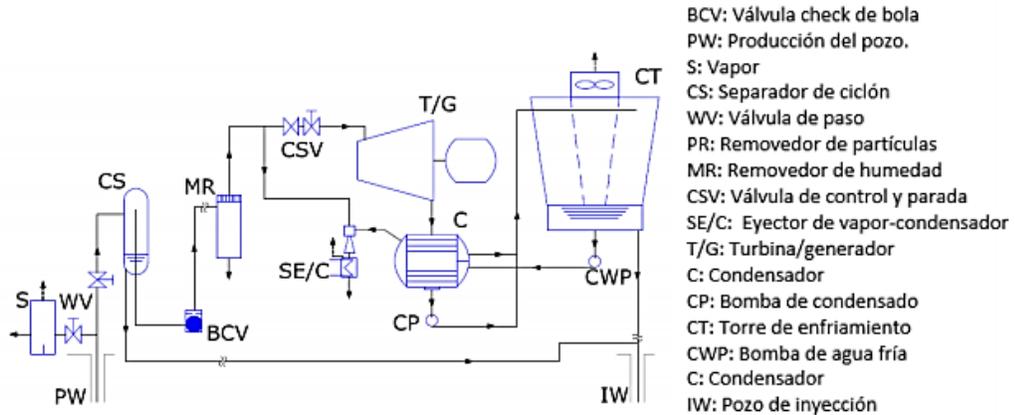
-Central de evaporación flash.- El yacimiento está formado por una mezcla de agua y vapor, al extraer el agua del yacimiento (salida del pozo), esta sufre una pérdida súbita de presión lo que provoca la evaporación rápida o denominada flash, este vapor generado entra a la turbina para la generación eléctrica.

Figura 38: Esquema de central por evaporación flash



Fuente: [75]

Figura 39: Diagrama de centra por evaporación flash



Fuente: [78]

-Central de ciclo Binario. - Es utilizado este ciclo cuando la temperatura del agua en el interior del yacimiento se encuentra entre los 95 a 200°C, el agua o vapor no ingresa directamente a la turbina, sino que únicamente se utiliza para transmitir calor a un fluido de bajo punto de ebullición por medio de un intercambiador de calor, este fluido se vaporiza e impulsa la turbina acoplada a un generador eléctrico.

Figura 40: Esquema de central de ciclo binario

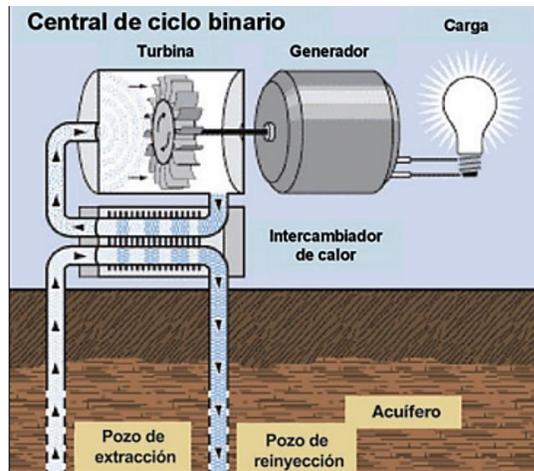
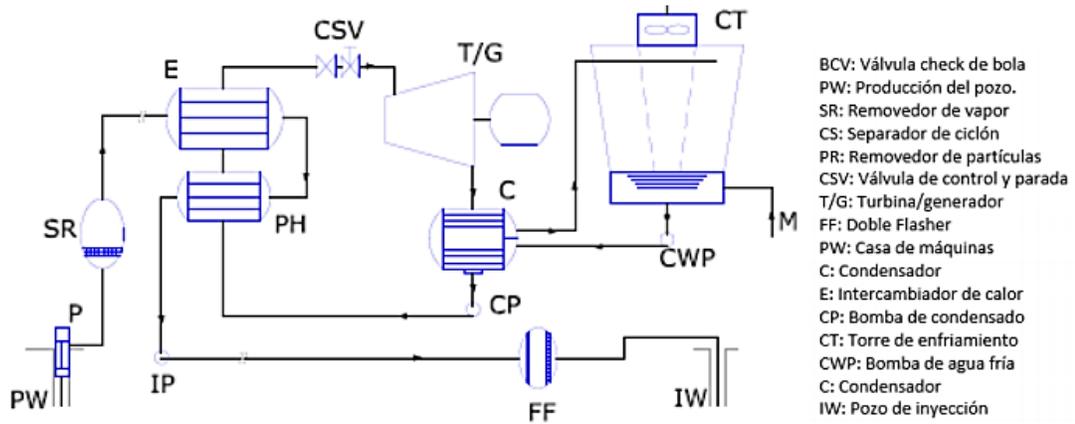


Figura: [75]

Figura 41: Diagrama de central de ciclo binario



Fuente: [78]

Para brindar agua caliente y calentamiento de espacios a las residencias se puede utilizar esta tecnología geotérmica como se muestra en la **figura 42**.

La inversión inicial sería la mayor desventaja de este sistema por las perforaciones que se debe realizar y los dispositivos para el transporte y control del caudal. También posee una ventaja destacable, que la energía térmica que presenta el yacimiento permanece estable (no es afectado por factores climáticos o estaciones del año).

Figura 42: Esquema del sistema hidrotérmico utilizado para extraer agua caliente de la tierra .



Fuente: [79]

2.15. ENERGÍA HIDRÁULICA

La energía hidráulica es la energía cinética o potencial que posee el agua, suele extraerse la misma para fines de generación eléctrica u transformarla en energía mecánica [80]. La energía contenida en el agua es transformada a energía mecánica por medio de la turbina, este dispositivo se lo conecta a un generador para producir electricidad

Para aprovechar el potencial energético que posee el agua se utilizan plantas hidroeléctricas, las principales variables para la generación eléctrica en estas plantas son:

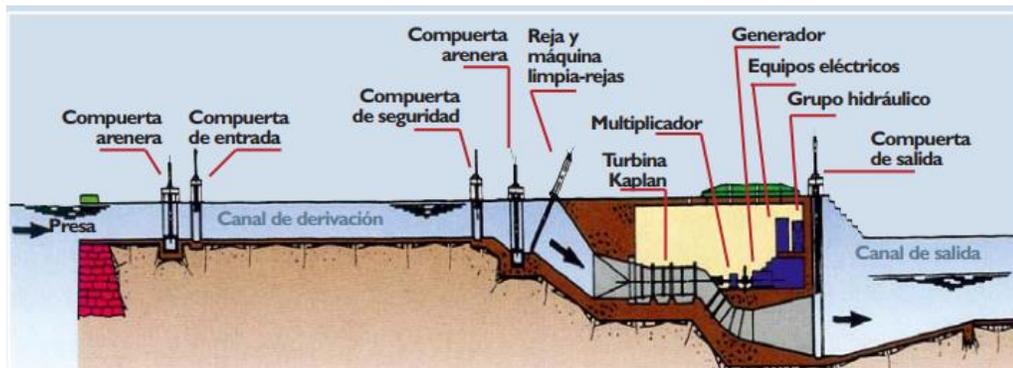
- Caudal del Rio
- Cantidad de agua disponible en el embalse
- Altura del salto

Para la óptima generación eléctrica por medio de la energía hidráulica es necesario conseguir las anteriores variables, por ello es necesario construir: obras civiles (captan el caudal de río, lo dirigen y retienen para crear el salto), equipos de control (compuertas o aliviaderos) y equipos electromecánicos de generación [81], [82].

Las centrales eléctricas se clasifican en:

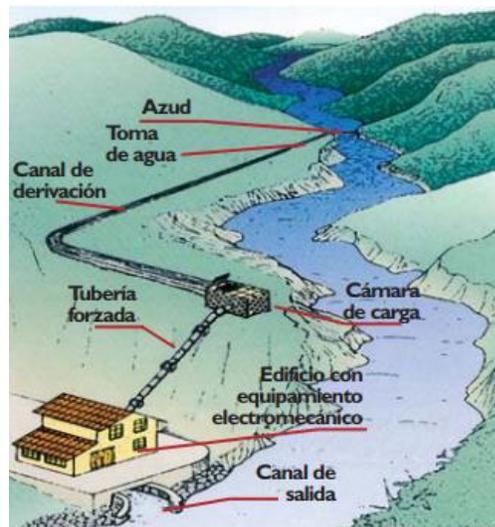
-Centrales fluyentes. - Para la generación eléctrica captan parte del caudal de un río y lo dirigen por varios procesos como se muestra en la **figura 43** hasta que el agua llega al rodete, este está conectado a un generador eléctrico. La central se caracteriza por utilizar una tubería para dirigir el agua a la turbina, por la altura de salto fijo y el caudal a turbinar inconstante; En la **figura 44** se muestra los componentes principales que conforman una central fluyente.

Figura 43: Esquema de los componentes de una mini central hidroeléctrica



Fuente: [83]

Figura 44: Elementos que conforman una central fluyente



Fuente: [83]

-Centrales con embalse o pie de presa. - Se realizan diques para el almacenamiento, regulación del caudal a turbinar, este caudal retenido en los diques se puede utilizar en momentos de alta demanda para igualar la demanda energética.

-Centrales reversibles. - Posee las características de las hidroeléctricas comunes, pero con la diferencia característica, que este tipo de central puede volver a llenar su embalse con un sistema de bombeo, el sistema de bombeo se energiza con excedentes eléctricos de otras fuentes.

Todas las centrales mencionadas poseen una turbina, la cual es la responsable directa (aparte del caudal de agua y altura de salto) de la potencia que genera la planta, estos dispositivos se pueden clasificar en turbinas de acción y turbinas de reacción.

-Turbinas de acción. – La presión en la entrada y salida del rodete es la misma. Las turbinas que pertenecen a este son:

- Turgo
- Michell-Banki
- Pelton

-Turbinas de reacción. – La presión en la entrada y salida del rodete disminuye. Las turbinas que pertenecen a este son:

- Bombas rotodinámicas
- Francis
- Deriaz
- Kaplan
- Axiales

Las características de estas turbinas se resumen en la **figura 45**.

Figura 45: Características de las diferentes turbinas

TURBINA		Inventor y año de patente	N_s (rpm, HP, m) rpm	Q m ³ /s	H m	P kW	$\eta_{m\acute{a}x}$ %
A C C I Ó N	PELTON	Lester Felton (EE.UU.) 1880	1 Ch: 30 2 Ch: 30-50 4 Ch: 30-50 6 Ch: 50-70	0.05-60	30-1800	2-300000	91
	TURGO	Eric Crewdson (G. Bretaña) 1920	60-260	0.025-10	15-300	5-8000	85
	MICHELL- BANKI	A.G. Michell (Australia) 1903 D. Banki (Hung.) 1917-1919	40-160	0.025-5	1-50 (200)	1-750	82
R E A C C I Ó N	Bomba rotodinámica	Dionisio Papin (Francia) 1689	30-170	0.05-0.25	10-250	5-500	80
	FRANCIS	James Francis (G. Bretaña) 1848	L: 60-150 N: 150-250 R: 250-400	1-500	2-750	2-750000	92
	DERIAZ	P. Deriaz (Suiza) 1956	60-400	500	30-130	100,000	92
I Ó N	KAPLAN y de hélice	V. Kaplan (Austria) 1912	300-800	1000	5-80	2-200000	93
	AXIALES: - Tubular - Bulbo - Generador periférico	Kuhn-1930 Hugenin-1933 Harza-1919	300-800	600	5-30	100,000	93

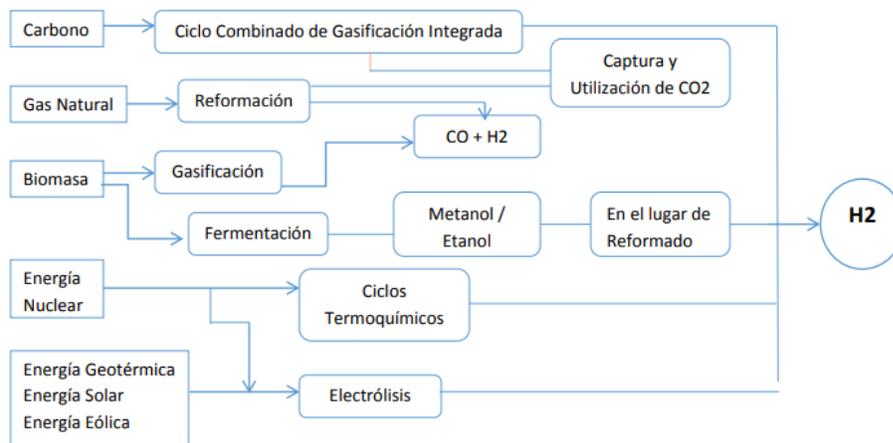
Fuente: [80]

2.16. HIDROGENO VERDE

Se denomina hidrogeno verde (Green hydrogen) a la obtención de hidrogeno a través de energía renovable (Eólica, biomasa, etc.). La producción de hidrogeno verde es una tecnología que puede ser adaptada en cualquier país para ser utilizado para suplir la demanda del sector residencial [84] y puede ser considerada como sustituta a los derivados del petróleo debido al mayor potencial que poseen en comparación con los combustibles fósiles, esto se debe porque el potencial de la producción de hidrogeno está ligada al potencial de los recursos renovables [84].

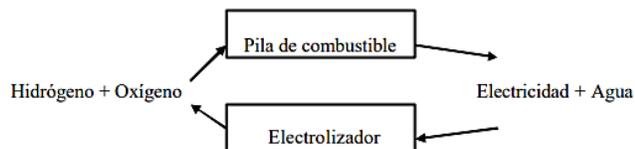
Para producir hidrogeno, existen varias formas para conseguirlo (en la **figura 46** se muestra el esquema de la energía y procesos utilizados para la generación de hidrógeno), como por ejemplo pirolisis o gasificación de biomasa, Power to Gas, electrolizadores, etc. El hidrogeno producido por alguno de estos métodos puede ser transformado en amoniaco, metano, metanol e hidrocarburos líquidos, esto nos muestra que la aplicabilidad del hidrogeno es múltiple además de poseer una “flexibilidad” para transformarse y ser amigable con el medio ambiente. También si se utiliza como combustible, el hidrogeno puede ser utilizado en pilas de combustible para generar energía eléctrica.

Figura 46: Energía y procesos utilizados para la generación de hidrógeno



Fuente: [63]

Figura 47: “Flexibilidad” del hidrógeno con el uso de una pila de combustible y un electrolizador



Fuente: [63]

Figura 48: Esquema de la estructura de generación de hidrógeno para usos en los diferentes sectores.

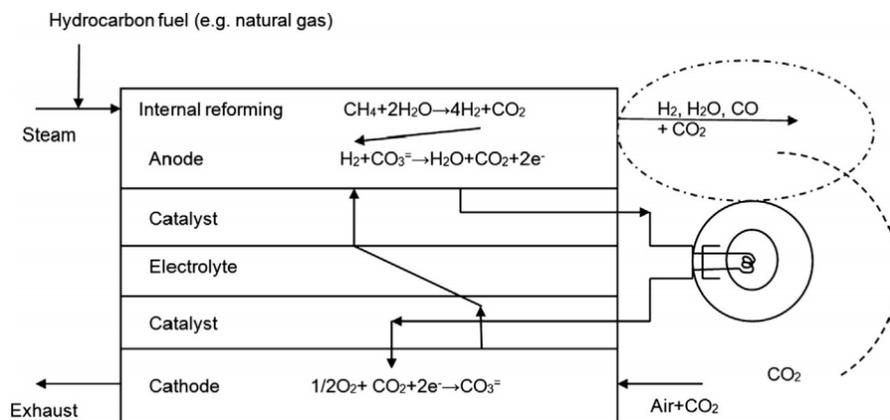


Fuente: [85]

2.17. PILA O CELDA DE COMBUSTIBLE

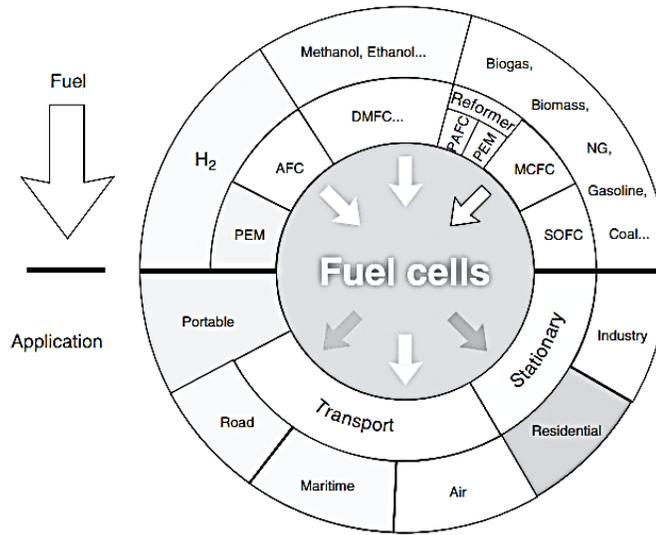
La pila de combustible es un equipo que funciona bajo un proceso electroquímico provocado por la combinación ininterrumpida de un oxidante (oxígeno) y combustible (hidrógeno), los cuales reaccionan y crean energía eléctrica, la celda de combustible se muestra en la **figura 49**. Son dispositivos silenciosos y entregan energía de alta calidad, en la **figura 50** se muestra el tipo de combustible que utilizan las pilas de combustible y que aplicación tienen estos dispositivos.

Figura 49: Esquema del interior de una pila de combustible



Fuente: [86]

Figura 50: Posibles aplicaciones de varias tecnologías de pila de combustible



Fuente: [87]

Esta tecnología es estable y puede satisfacer necesidades de potencia desde unos cuantos watts (necesidades portátiles como, por ejemplo, en teléfonos) hasta los MW (necesidades estacionarias, sean estas industriales o residenciales).

Las celdas o pilas de combustible permanecen en desarrollo pero se ha enfocado sus estudios en dos tipos de conceptos según [87], los cuales son:

-Tubulares. - Compuestas por un cátodo tubular poroso, quien también presenta una franja cerámica a lo largo del tubo. El resto de la superficie del cátodo está recubierto por una fina capa de electrolito. Este tipo de pilas de combustible pueden llegar a conseguir densidades de potencia de 330 mW/cm^2 . Estas celdas muestran mejores características de estabilidad energética.

-Diseños planos. – Se dividen o clasifican en dos tipos: los soportados por electrolitos y electrodos. El primero hace uso de un electrolito para estabilizar a la celda mecánicamente, poseen una placa cerámica la cual aporta con resistencia a la corrosión, su temperatura de funcionamiento es elevada ($850\text{-}1000^\circ\text{C}$). El segundo son los soportados por electrodo los cuales buscan disminuir la temperatura de trabajo (comparándolo con los soportados por electrolito) por medio del aumento de la

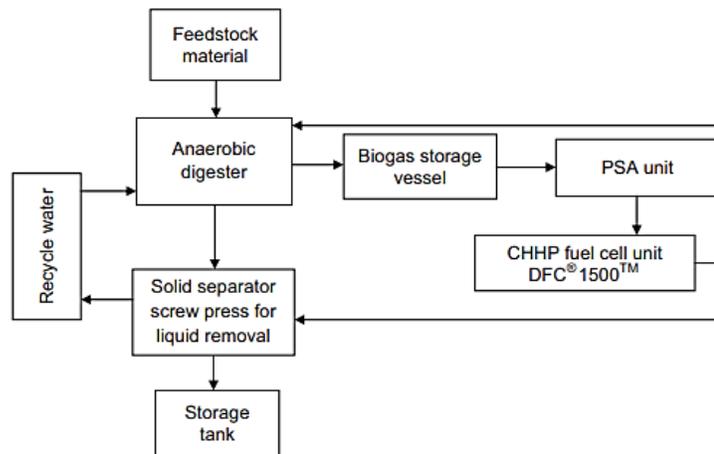
conductividad, por lo general trabajan entre los 650-800°C. Aseguran grandes densidades energéticas.

Figura 51: Resultados de pilas de combustible de óxido solido (SOFC)

Parameter	Anode-supported cells, 750 °C	Electrolyte-supported cells, 800–900 °C	Tubular cells, 900–1000 °C
Power density at 0.7 V ($W\ cm^{-2}$)	0.46–2.0	0.03–0.63	0.11–0.53
Active cell area (cm^2)	20–960	80–840	30–990
Cell degradation rate (% per 1000 h)	1.4–0.2	1.0–0.5	2.0–0.1
Cell operating time (h)	≤26 000	≤10 000	≤4 000
Stack power (kW)	0.1–25	0.4–5.4	–
Ref.	[2, 8, 9, 15, 18–21, 23, 24, 26, 29–33, 36]	[2, 8, 9, 11–14, 20, 22, 25, 27, 34, 35]	[3–10, 16, 17, 20, 28]

Fuente: [87]

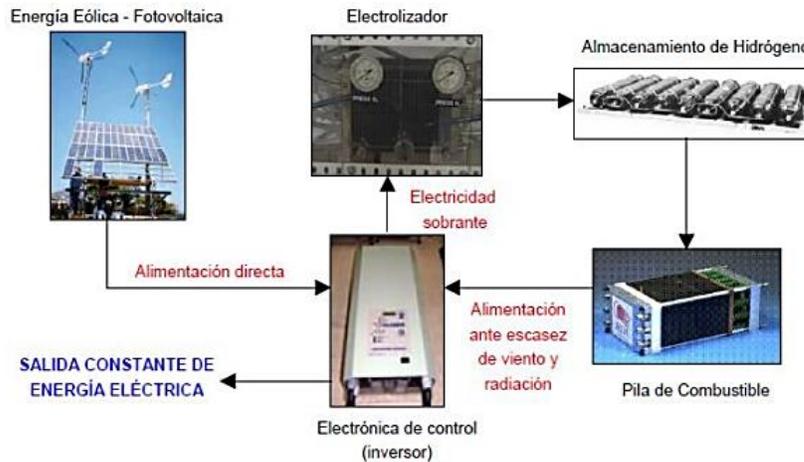
Figura 52: Ejemplo de aplicación de la pila de combustible utilizando como combustible biomasa para generar electricidad (aplicada en el campus de Missouri S&T).



Fuente: [86]

La purificación del hidrogeno se lleva a cabo por la tecnología Pressure swing adsorption (PSA), la tecnología PSA es un separador y purificador de mezclas de gases, tiene diferentes aplicaciones en el sector industrial como por ejemplo secado de gases, fraccionamiento del aire, separación de dióxido de carbono, metano del gas de vertedero, separación del monóxido de carbono del hidrogeno, etc [88].; Esta tecnología también tiene la capacidad de aprovechar los gases de escape de refinería (refinery off gases ROG) y obtener hidrógeno [89].

Figura 53: Energía limpia generada mediante la combinación tecnológica de paneles solares, aerogeneradores, electrolizadores y celdas de combustible, capaces de suplir la demanda residencial de calor y electricidad.



Fuente: [90]

Figura 54: Características de las diferentes Fuel cells

Tipo	Electrolito	T operación °C	Usos	Portador carga	Componentes primarios
Membrana polimérica PEMFC	Polimero sólido	60-100	Generación estacionaria. Portátiles Vehículos	H ⁺	Basados en carbón
Ácido fosfórico PAFC	Ácido fosfórico Líquido	175-200	Generación estacionaria. Portátiles	H ⁺	Basados en grafito
Carbonatos fundidos MCFC	Carbonato de litio, sodio y potasio	600-1000	Generación estacionaria.	CO ₃ ²⁻	Basados en aceros inoxidable
Óxidos sólidos SOFC	Óxido de Zr con itrio	600-1000	Generación estacionaria.	O ⁻	Cerámicos

Fuente: [63]

2.18. POTENCIALES ENERGÉTICOS DEL ECUADOR

Según [85], ya se ha evaluado los potenciales de la energía renovable en Ecuador y se muestran estos resultados en la **figura 55**.

Figura 55: Potenciales de los recursos renovables en el Ecuador evaluados en el 2014.

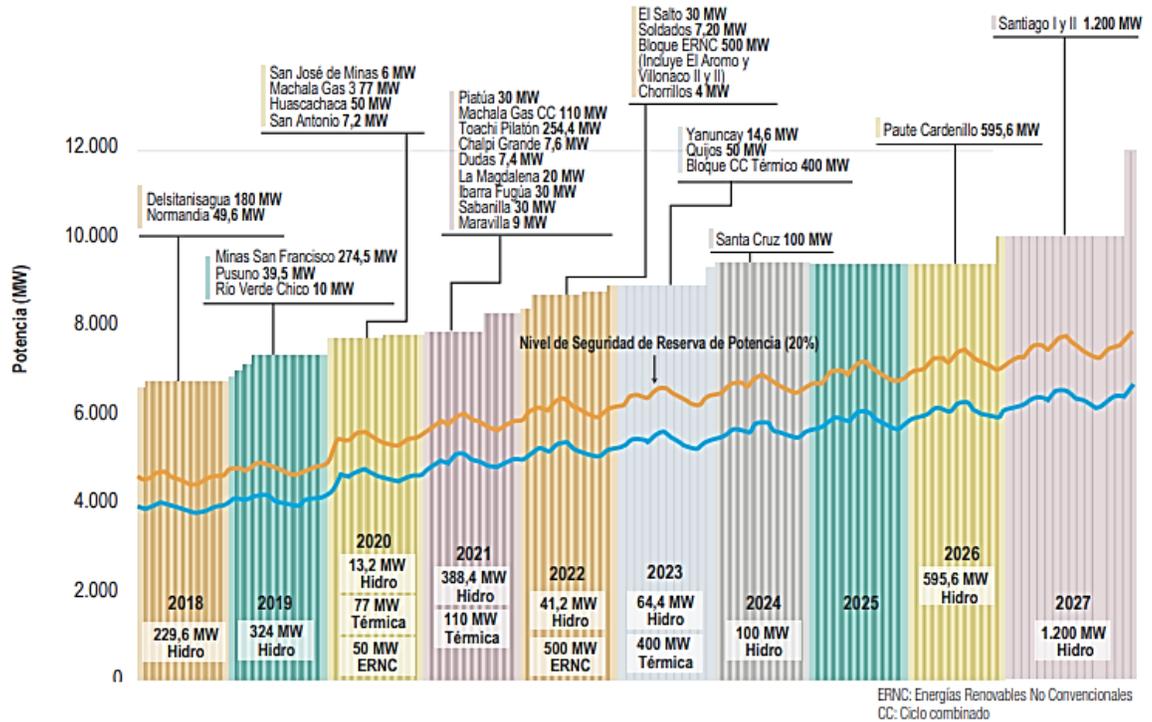
Tipo de ER	Teórico	Factible	Técnico	Económico (MW)
Solar	—	—	—	6.500
Eólico	2.869 GWh/año	1.519 GWh/año	—	998
Biomasa	27.558 GWh/año	—	16.631 GWh/año	—
Geotérmica	1.700 MW	4.700 GWh/año	—	1.000
Hidroeléctrica	91.000 MW	—	31.000 MW	22.000
			Total	30.498

Fuente: [85]

La **figura 55** nos da una referencia o estimación de los recursos renovables aprovechables del Ecuador, los cuales necesitan de una determinada tecnología para ser explotado para incrementar la generación energética del país y al mismo tiempo llevarlo a una explotación energética limpia y amigable con el medio ambiente. Por parte del potencial hidroeléctrico Ecuatoriano, este ha sido evaluado en [85] y también por el CONELEC en su “ Plan maestro de electricidad” encontrando que el Ecuador posee 90.9 MW teóricos para ser aprovechados.

Actualmente existen varios proyectos de ERNC (se muestran en la **figura 56**) que buscan justamente incrementar la explotación de las diferentes fuentes energéticas que posee el país y reducir paulatinamente las emisiones de gases dañinos a la atmosfera.

Figura 56: Proyectos energéticos Ecuatorianos 2018-2027



Fuente: [91]

Tal como se muestra la **figura 56** la mayoría de los proyectos que se tienen planeados son de tipo hidroeléctrico, lo que incrementará el aprovechamiento del potencial que posee el Ecuador, pero hay que tener presente que la diversidad energética también debe crecer para garantizar la seguridad energética del país [92].

Más adelante se mostrará varios estudios que han realizado sobre los potenciales energéticos teóricos que posee el país.

2.18.1. Aprovechamiento de la energía undimotriz en el Ecuador

Se estudió el perfil costero ecuatoriano en el artículo [93], para evaluar el potencial energético de las olas y se detalla que el mayor potencial energético undimotriz se encuentra en el perfil del Guayas y el Oro, obteniendo una potencia promedio por metro de frente de ola igual a 90.31KW, lo cual está cerca a la excelencia, debido a que los países con la mayor capacidad de esta energía, poseen promedios de metro de frente de ola igual a 100KW [93].

Este tipo de tecnología posee ventajas como:

- Se puede utilizar la energía eléctrica para generar agua o hidrógeno.
- Gran disponibilidad eléctrica
- Seguridad energética

La mayor desventaja de este tipo de tecnología de generación es su alto costo, según David M. Ross este tipo de tecnología no tiene la intención de ahorrar recurso económico si no la misión de remplazar los generadores eléctricos a base de combustibles fósiles (disminuir las emisiones de gas invernadero).

Como resumen, esta publicación nos muestra que Ecuador posee un muy buen potencial de energía undimotriz pero su costo de inversión va a ser alto.

2.18.2. Potenciales Eólicos en el Ecuador

Según [94] los mayores potenciales energéticos eólicos en Ecuador están presente en la región Sierra, Costa y Galápagos. La región oriental posee gran cantidad de vegetación que influye negativamente en la velocidad del viento [95] es por eso que su recurso eólico es menor en comparación con las otras regiones. Los mejores recursos eólicos del país se lo encuentran en la región de los andes por su altitud sobre el nivel del mar (3.500m aproximadamente); Su velocidad promedio del viento es de 7m/s, con lo cual se obtiene un potencial de 1.670 MW, en cambio la región Costa posee aproximadamente 900 MW [95].

Figura 57: Mayores potenciales eólicos factibles a corto plazo por provincia

POTENCIAL FACTIBLE A CORTO PLAZO									
PROVINCIA	POTENCIAL INSTALABLE					INTEGRACIÓN ACUMULADA			
	RANGO VELOCIDAD m/s	ÁREA [km ²]	POTENCIA INSTALABLE [MW]	FACTOR DE CAPACIDAD	ENERGÍA ANUAL [GWh/año]	VIENTO [m/s]	ÁREA [km ²]	POTENCIA INSTALABLE [MW]	ENERGÍA ANUAL [GWh/año]
	7,0 - 7,5	1,24	3,72	0,20	6,39	> 7	4,60	13,80	23,69
	7,5 - 8,0	1,56	4,68	0,25	10,04	> 7,5	3,36	10,08	21,63
	8,0 - 8,5	0,96	2,88	0,30	7,42	> 8	1,80	5,40	13,91
	> 8,5	0,84	2,52	0,35	7,57	> 8,5	0,84	2,52	7,57
	7,0 - 7,5	1,08	3,24	0,20	5,56	> 7	3,68	11,04	18,96
	7,5 - 8,0	1,00	3,00	0,25	6,44	> 7,5	2,60	7,80	16,74
	8,0 - 8,5	1,04	3,12	0,30	8,04	> 8	1,60	4,80	12,36
	> 8,5	0,56	1,68	0,35	5,05	> 8,5	0,56	1,68	5,05
	7,0 - 7,5	21,25	63,76	0,25	109,48	> 7	40,81	122,42	210,18
	7,5 - 8,0	12,01	36,02	0,30	77,31	> 7,5	19,55	58,65	125,88
	8,0 - 8,5	5,08	15,23	0,35	39,23	> 8	7,54	22,63	59,29
	> 8,5	2,47	7,40	0,20	22,23	> 8,5	2,47	7,40	22,23
	7,0 - 7,5	1,02	3,05	0,20	5,23	> 7	2,42	7,27	12,49
	7,5 - 8,0	0,48	1,44	0,25	3,09	> 7,5	1,41	4,22	9,07
	8,0 - 8,5	0,48	1,44	0,30	3,71	> 8	0,93	2,78	7,17
	> 8,5	0,45	1,34	0,35	4,04	> 8,5	0,45	1,34	4,04
	7,0 - 7,5	7,31	21,93	0,20	37,66	> 7	11,87	35,61	61,14
	7,5 - 8,0	3,25	9,76	0,25	20,94	> 7,5	4,56	13,67	29,35
	8,0 - 8,5	1,19	3,56	0,30	9,16	> 8	1,31	3,92	10,08
	> 8,5	0,12	0,36	0,35	1,08	> 8,5	0,12	0,36	1,08
	7,0 - 7,5	11,50	34,49	0,20	59,21	> 7	23,95	71,85	123,36
	7,5 - 8,0	7,09	21,26	0,25	45,62	> 7,5	12,45	37,36	80,19
	8,0 - 8,5	3,16	9,47	0,30	24,39	> 8	5,37	16,11	41,48
	> 8,5	2,21	6,64	0,35	19,94	> 8,5	2,21	6,64	19,94
	7,0 - 7,5	21,38	64,14	0,20	110,13	> 7	33,92	101,77	174,74
	7,5 - 8,0	8,29	24,86	0,25	53,34	> 7,5	12,54	37,63	80,77
	8,0 - 8,5	2,90	8,70	0,30	22,40	> 8	4,26	12,78	32,91
	> 8,5	1,36	4,08	0,35	12,26	> 8,5	1,36	4,08	12,26
	7,0 - 7,5	71,46	214,38	0,20	368,08	> 7	173,49	520,46	893,62
	7,5 - 8,0	42,20	126,59	0,25	271,70	> 7,5	102,03	306,09	656,92
	8,0 - 8,5	22,48	67,45	0,30	173,72	> 8	59,83	179,49	462,27
	> 8,5	37,35	112,04	0,20	336,65	> 8,5	37,35	112,04	336,65
TOTAL ESTIMADO PARA EL ECUADOR [MW]						> 7	294,74	884,22	1518,17
						> 7,5	158,50	475,51	1020,54
						> 8	82,64	247,91	638,47
						> 8,5	45,35	136,06	408,81

Fuente: [95]

Actualmente existen varios proyectos planeados para incrementar la generación eólica del país, de los cuales el más destacable es Minas de Huascachaca (Azuay), con una potencia esperada de 50MW. Para dicho proyecto se invitó \$101 millones.

2.18.3. Potencial de Biomasa del Ecuador

El potencial de biomasa del Ecuador fue estudiado en [85] y [6] tomando en cuenta factores como disponibilidad técnica, su costo de producción, etc. y es catalogado según el tipo de biomasa como se muestra en la **figura 58, 59 y 60**

Figura 58: Potencial teórico de biomasa del Ecuador, evaluado en 2005.

Tipo de biomasa	Teórico (GWh/año)	Técnico (GWh/año)
Residuos sólidos urbanos	3.144	2.114
Residuos agrícolas	17.299	6.919
Residuos agroindustriales	4.467	2.685
Residuos ganaderos	2.900	870
Industria alcoholera	48	43
Total	27.858	16.631

Fuente: [85]

Figura 59: Potencial teórico de biomasa del Ecuador, evaluado en 2005.

Tipo de biomasa	Energía Estimada (año)
Bosques y plantaciones	820 TWh
Residuos vegetales	4.300 GWh
Desechos municipales	4.000 GWh
Residuos animales	3.300 MWh

Fuente: [85]

Figura 60: Residuos de biomasa existentes en las diferentes provincias del Ecuador y según la actividad, 2019

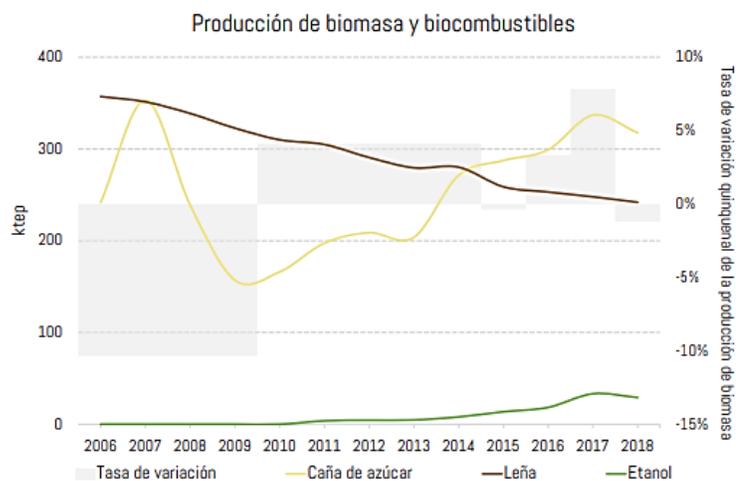
Province	Agriculture residues (ton/year)	Cattle manure (ton/year)	Forestry residues (ton/year)	Total residues (ton/year)	Residues location density (ton/km ² /year)
Azuay	7010	104,101	0	111,112	13
Bolívar	80,682	40,633	0	121,315	37
Cañar	237,177	54,692	0	291,869	75
Carchi	3639	47,724	0	51,364	14
Chimborazo	65,962	74,045	0	80,642	15
Cotopaxi	175,573	81,561	36,404	293,539	45
El Oro	1,542,216	36,191	0	1,578,407	264
Esmeraldas	4,267,607	26,425	9638	4,303,671	289
Guayas	4,094,557	173,215	19,949	4,287,721	250
Imbabura	46,806	33,598	50,123	130,528	28
Loja	227,017	48,353	0	275,371	25
Los Ríos	4,340,758	20,786	45,146	4,406,691	705
Manabí	587,761	186,878	4875	779,515	42
Morona S.	27,742	21,184	0	48,926	2
Napo	25,749	8148	0	33,898	3
Orellana	402,699	7203	0	409,902	20
Pastaza	15,352	26,361	0	41,713	1
Pichincha	772,813	178,886	28,931	980,630	103
Sta. Elena	6118	8130	0	14,249	4
Sto. Domingo	659,749	102,608	21,088	783,446	187
Sucumbios	48,314	7004	0	55,318	3
Tungurahua	0	130,182	0	130,182	39
Zamora	27,429	21,502	0	48,932	5
TOTAL	17,603,374	1,439,420	216,157	19,258,952	77

Fuente: [6]

Las tres figuras anteriores muestran que Ecuador tiene la mayor cantidad de residuos de biomasa en residuos agrícolas, residuos animales y residuos urbanos. Esto quiere decir que el sector residencial rural tiene mayor ventaja que el urbano con el gran potencial que tiene cerca para aprovechar (por lo general el sector rural ecuatoriano posee residuos agrícolas y residuos animales mucho más cercanos y accesibles que el urbano).

La **figura 61** muestra unas formas de biomasa que son aprovechadas, en el Ecuador para generar bioetanol.

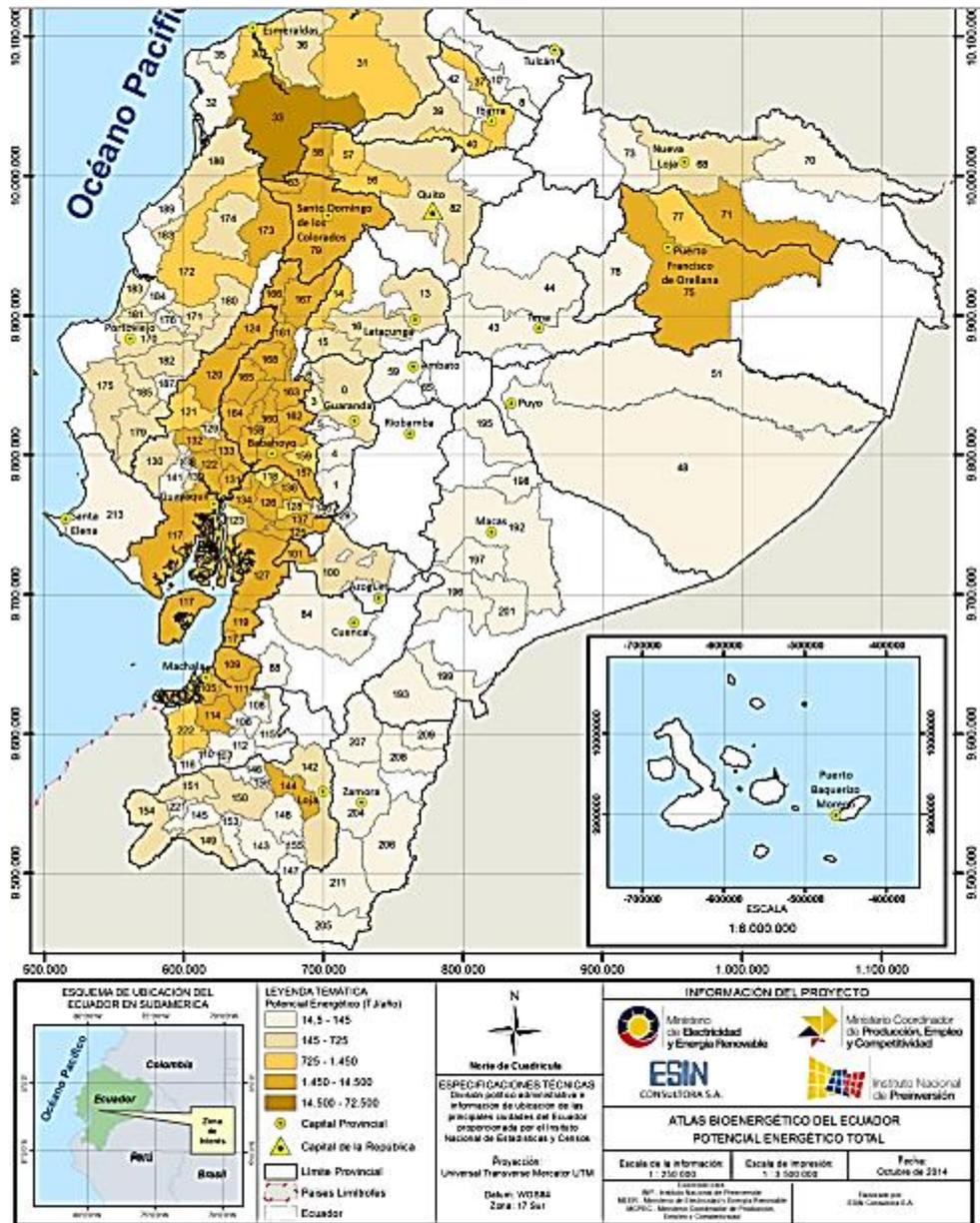
Figura 61: Producción de biomasa y biocombustibles del Ecuador



Fuente: [96]

Existe además de todos estos datos expuestos, el atlas bioenergético del Ecuador, el cual expresa en mapas el potencial que tiene cada provincia en residuos de biomasa, además muestra el potencial total estimado de biomasa del país, como se muestra en la **figura 62**. Este mapa aporta con información valiosa para planificaciones y análisis que estén relacionado con la utilización de recursos en bioenergía. En fin, como muestra la figura 62 se puede decir que el Ecuador tiene un “aceptable” potencial energético de biomasa, que se encuentra su mayoría en la región costa (pose provincias que generan entre 1450 a 72500 TJ/año).

Figura 62: Mapa del potencial energético total de biomasa estimado del Ecuador (TJ/Año)



Fuente: [97]

2.18.4. Potencial para generar hidrogeno en el Ecuador mediante Biomasa

El artículo creado por [6] habla sobre la posibilidad de generar hidrogeno a través de la biomasa que es obtenida a partir de los residuos agrícolas, ganaderos y desechos orgánicos. En el mismo artículo se muestran las evaluaciones de la generación de H₂ en

varios países y estos han obteniendo resultados como: El H₂ se puede utilizar para sustituir la gasolina para el sector transporte y afirman que el H₂ puede responder con el 44% de demanda mundial energética del 2006. Otra buena referencia del hidrogeno se encuentra en Bangladesh, este elemento llena de ilusiones a su comunidad, por ser una fuente renovable capaz de satisfacer a todo el sector residencial [6], esto debido a que a través de residuos agrícolas, solios urbanos y ganaderos, se puede obtener hidrogeno con un potencial energético equivalente a 47.7 ton/día de carbón. En algunos casos la obtención de H₂ no se lo realiza a través de la biomasa sino se la hace por medio de electrólisis (este proceso es impulsado por energías fotovoltaicas o eólicas).

En el artículo [6] también menciona la evaluación del potencial que Ecuador pose para generar hidrogeno “extraído” de energías renovables y residuos sólidos urbanos, como resultado de esto se descubre que se posee un potencial suficiente como para satisfacer el 91% la demanda energética del país . Esto es alentador para el ecosistema del país y su economía por el motivo de que se evitaría quemar combustibles fósiles y en vez de emplear el petróleo para desarrollar gasolinas, se puede vender este en el mercado internacional. Aparte de todo esto, la “industria de la biomasa e hidrogeno” puede ser implantada en el Ecuador por su potencial, el 73% del potencial nacional (producción de H₂) puede ser generado por tres provincias (Guayas, Esmeraldas y Los Ríos) los cuales pueden servir también para implantar el plan piloto para el inicio de esta industria, los gases que se extrae de la biomasa pueden ser utilizados en turbinas, MCI, y maquinaria generadora de calor y potencia [6], [98], para la obtención de gases útiles para motores de combustión interna se tiene que realizar etapas de proceso como: secado, gasificación y pirolisis, los cuales requiere tecnología o estudios ya existentes en el Ecuador como lo gasificadores [99], reactores para pirolisis [100]. También se podría encontrar mejoras tecnológicas para estos últimos procesos mencionados pero la implantación de esta nueva tecnología sería prudente realizarla después de haber realizado un plan piloto.

Lo más destacable de la obtención de hidrógeno a través de la biomasa son sus usos finales según la investigación de [6], se puede utilizar hidrogeno derivado de biomasa para cubrir parte de la demanda de combustibles del sector residencial, industrial y comercial. También puede ser utilizado como materia prima para refinar el petróleo, hidrogenación

de grasas, creación de nuevos y mejores aceros y para formar productos nitrogenados (utilizados para producir fertilizantes).

Con la información obtenida de este artículo [6], se puede esperar grandes beneficios en la matriz energética ecuatoriana si se llegase a implementar, esto por su capacidad de reemplazar los combustibles del sector residencial (GLP), transporte, residencial y comercial.

El potencial que presenta el país para generar H₂ esto puede ser aprovechado para:

- Disminuir los subsidios del gas GLP del sector residencial
- Iniciar la industria de hidrógeno en el país.
- Reducir emisiones de CO₂ al sustituir el gas GLP de las cocinas
- Suplir la demanda energética residencial o gran parte de ella.
- Crear nuevas clases de acero
- Incrementar la diversificación energética en el país
- Potenciar la actual matriz energética
- Aprovechar los residuos agrícolas, ganaderos, sólidos urbanos y forestales.

Según [101], los escenarios basados en matrices energéticas impulsadas 100% por energías renovables son posibles y a un costo muy similar a los sistemas basados en combustibles fósiles. Conseguir un sistema de generación 100% impulsadas por energías renovables puede ser económicamente viable solo con un buen diseño y la intervención estratégica de cada energía renovable [101]. Conociendo esto y el potencial energético que tienen el Ecuador, no solo en hidrogeno, sino también en todos sus recursos renovables no convencionales es lógico llegar a visionar la posibilidad de crear una matriz energética renovable, limpia, segura, diversificada y accesible para todos, por eso es necesario la búsqueda de tecnología para lograr suplir la demanda energética residencial del país y mejorar su matriz energética al mismo tiempo que se ofrece confort y seguridad energética al sector residencial.

Figura 63: Producción de hidrogeno y densidad de producción de hidrogeno en el Ecuador

Province	H ₂ production (ton/year)	H ₂ production density (ton/year/km ²)
Azuay	8.03E+02	9,65E-02
Bolívar	7.05E+03	1.79E+00
Cañar	2.16E+04	6.85E+00
Carchi	4.77E+02	1.26E-01
Chimborazo	7.75E+02	1.19E-01
Cotopaxi	1.91E+04	3.13E+00
El Oro	1.38E+05	2.40E+01
Esmeraldas	3.83E+05	2.43E+01
Guayas	3.71E+05	2.42E+01
Imbabura	9.40E+03	2.05E+00
Loja	2.11E+04	1.91E+00
Los Ríos	3.91E+05	5.43E+01
Manabí	5.23E+04	2.92E+00
Morona S.	2.47E+03	1.03E-01
Napo	2.22E+03	1.77E-01
Orellana	3.60E+04	1.66E+00
Pastaza	1.41E+03	4.77E-02
Pichincha	7.26E+04	7.61E+00
Sta. Elena	5.83E+02	1.58E-01
Sto. Domingo	6.16E+04	1.63E+01
Sucumbios	4.12E+03	2.27E-01
Tungurahua	5.14E+02	1.52E-01
Zamora	2.40E+03	2.27E-01
TOTAL	1.60E+06	6.49E+00

Fuente: [6]

2.18.5. Potenciales Geotérmicos

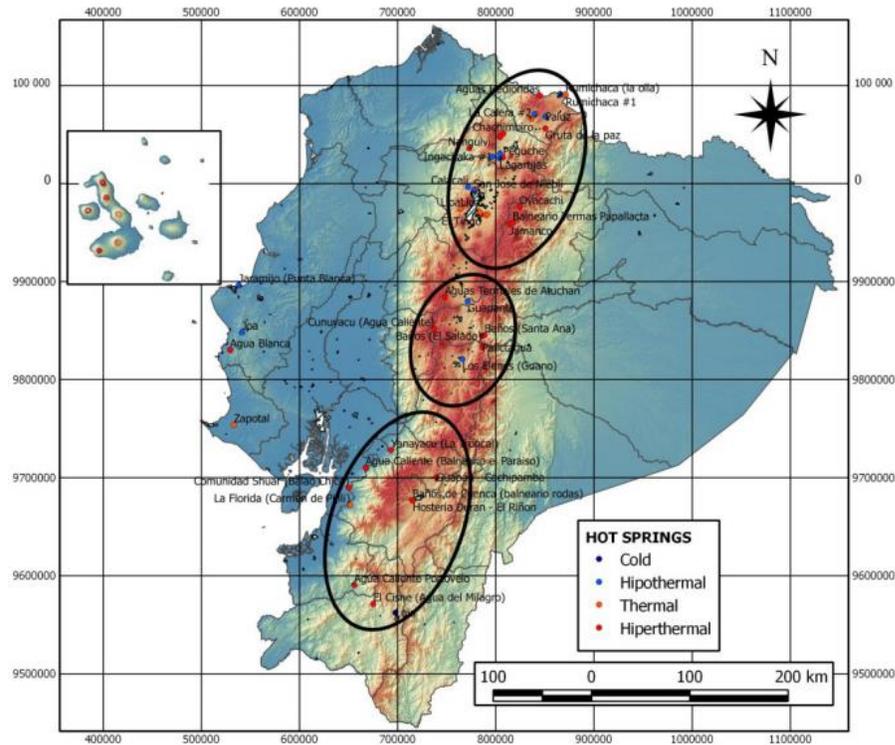
Para iniciar, es considerado un sector geotérmico a un punto bajo la corteza terrestre donde la temperatura de esta es elevada (aproximadamente 600-1000°C) debido a los flujos de magma que por el recorren. Por la gran cantidad de calor que contienen son capaces de calentar y evaporar agua de rocas permeables [102] la gran cantidad de energía de estos puntos calientes bajo tierra se los considera potenciales geotermicos.

Este potencial geotérmico ha sido evaluado por expertos en varios estudios a partir del año 1979 [103] [104], llegando a la conclusión que por ser una región rodeada por 40 volcanes activos, este país posee un potencial geotérmico de alrededor de 3000 MW.

Para encontrar los potenciales geotérmicos con la mayor entalpia para la generación eléctrica los expertos han utilizado los dos pasos que detalla la OLADE, el primero es un estudio geológico, petrológico y volcanológico, a lo largo de la cadena de los andes ecuatorianos los cuales son afectados por la actividad volcánica. El segundo es un estudio hidrogeológico a lo largo del país (para evidenciar manifestaciones de cambio de

temperatura del agua en el interior de la tierra) y medición de los parámetros meteorológico [104].

Figura 64: Áreas estudiadas en 1979 para ubicar fuentes de energía geotérmica



Fuente: [104]

Las tres provincias (Carchi Cotopaxi e Imbabura) poseen un potencial para la generación de alrededor de 534MW.

Figura 65: Estado de los proyectos de geotermia en el Ecuador en el 2016

Nombre	Localización- Provincia	Inversión	Estado actual	Potencial energético (MW)
Chacana	Napo	\$ 185,000.00	Prefactibilidad	438
Chachimbiro	Imbabura	\$ 162,500.00	Prefactibilidad	130
Chalpatan	Carchi	\$ 175,000.00	Estudios Básicos y de prospección	--
Tufiño-Chiles- Cerro Negro	Carchi-Nariño	\$ 150,000.00	Estudios Básicos y de prospección	114
Total		\$ 672,500.00		682

Fuente: [78]

Figura 66: Mapa geológico de la república del ecuador, 2017



Fuente: [105]

2.18.6. Potencial Solar del Ecuador

Potencial solar es considerado a la cantidad de radiación que recibe el país. El país tiene una ventaja sobre otras naciones en este tipo de recurso debido a que el ángulo de incidencia de radiación no varía con las estaciones del año, esta energía solar permanece usualmente perpendicular a el área del país. Este pro del país significa que recibe más radiación solar en el año comparado con países que poseen las 4 estaciones, por lo que la variación de esta radiación solo depende de las características geográficas y climáticas de las zonas del país [106].

Las zonas del país que se habían considerado en un primer estudio del potencial como las más destacable fueron el Guayas, El Oro, Esmeraldas y Zamora Chinchipe, pero con la creación del Atlas solar (por parte de la Corporación para la investigación energética CIE), ahora se tiene identificado mensualmente y por provincia la radiación solar difusa, directa

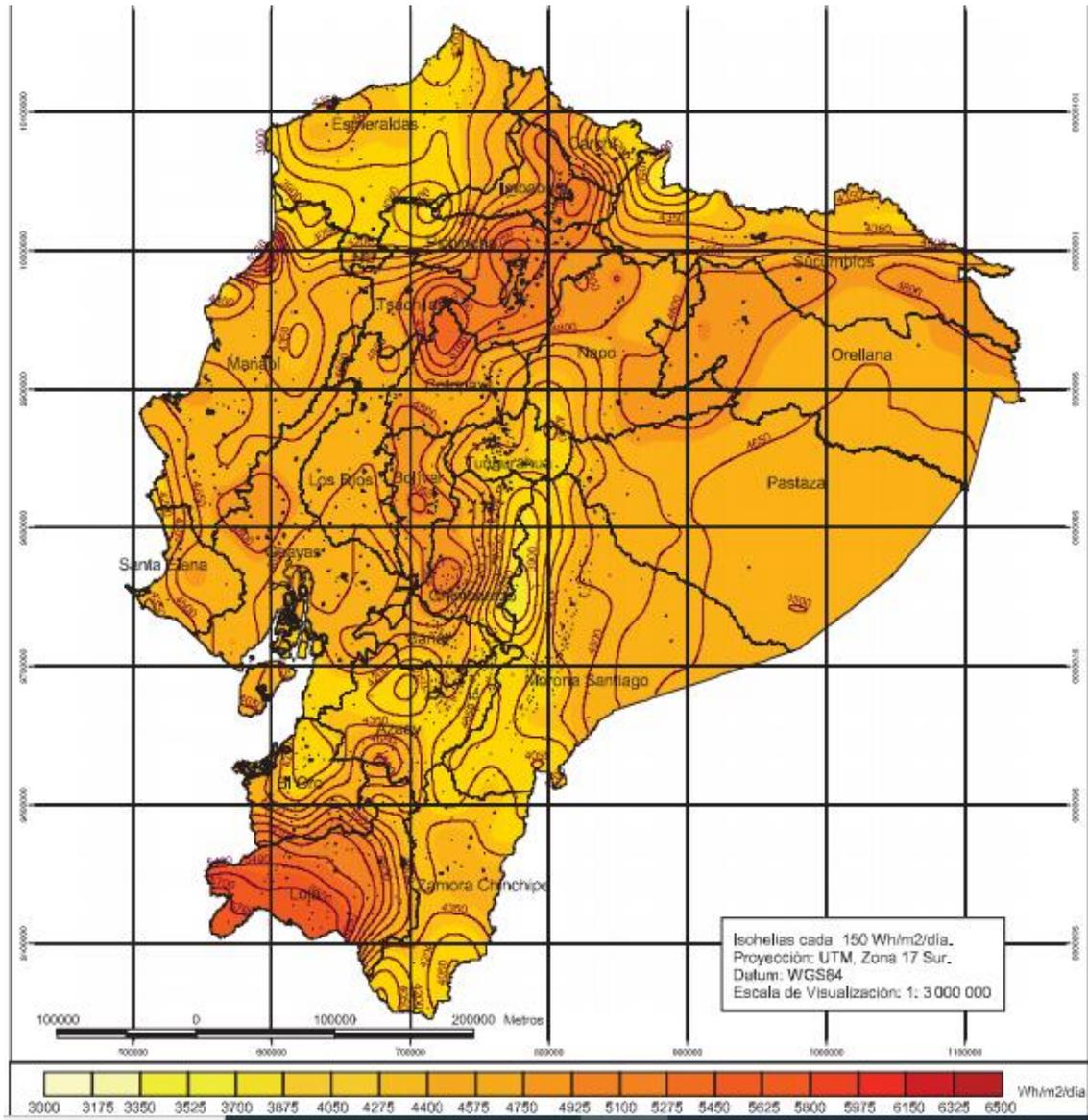
y global y están expresadas en Wh/m²*dia. Este documento facilita el análisis para la ubicación de los proyectos solares en el Ecuador en donde detalla las zonas que posee mayor insolación global y promedio

Tabla 4: Insolación global promedio anual por provincia [106]

Provincia	Mínimo (Wh/m ² /dia)	Máximo (Wh/m ² /dia)	Medio (Wh/m ² /dia)
Azuay	4050	4800	4425
Bolívar	4800	4950	4875
Cañar	4050	4650	4350
Carchi	3900	4200	4050
Cotopaxi	4800	5250	5025
Chinborazo	4950	4950	4350
El Oro	4200	5100	4650
Esmeraldas	3900	4350	4125
Guayas	4200	4800	4500
Imbabura	4000	5100	4550
Loja	4500	5700	5100
Los Ríos	4650	4650	4650
Manabí	4200	5250	4725
Morona Santiago	3750	4500	4125
Napo	4200	4800	4500
Pastaza	4500	4650	4575
Pichincha	4050	5250	4650
Orellana	4500	4800	4650
Tungurahua	4200	4300	4250
Santa Elena	4500	4350	4425
Santo Domingo	4650	5250	4950
Sucumbíos	4050	4800	4425

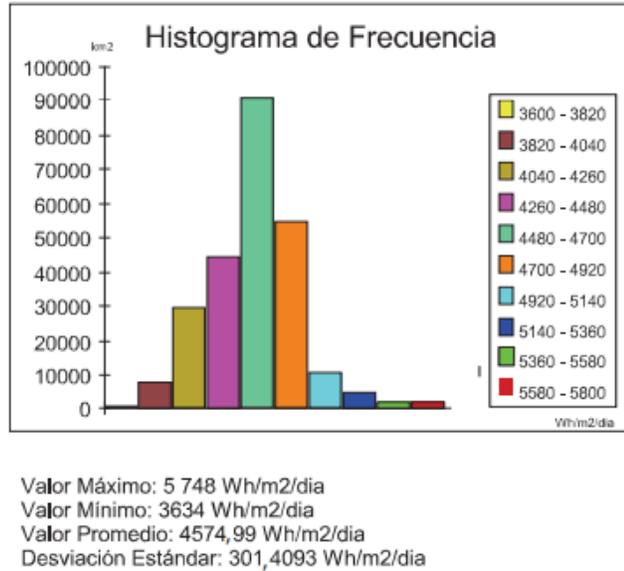
Los datos de la tabla 4 son obtenidos del atlas solar del Ecuador del mapa de insolación promedio, este mapa se encuentra en la **figura 67**.

Figura 67: Insolación Global Promedio del Ecuador



Fuente: [24]

Figura 68: Histograma de frecuencia de la insolación global promedio del Ecuador



Fuente: [24]

Gracias a todos los datos que nos proporciona el Atlas solar Ecuatoriano podemos saber el potencial solar que posee cada provincia para fines de generación eléctrica o también para calor.

Como la línea ecuatorial atraviesa el país la insolación que se presenta en esta tiene dos características notables, la primera es que la insolación diaria promedio es alta (como se muestra en la **figura 68**) y la segunda la insolación diaria permanece invariable por las estaciones del año.

Después de revisar varias tecnologías a base de RENC y los potenciales que el país presenta se procede a mostrar otro tipo de tecnología que combina varios dispositivos a base de RENC que puede ser utilizado en el sector residencial.

2.19. TECNOLOGIA IMPULSADA POR RECURSOS RENOVABLES

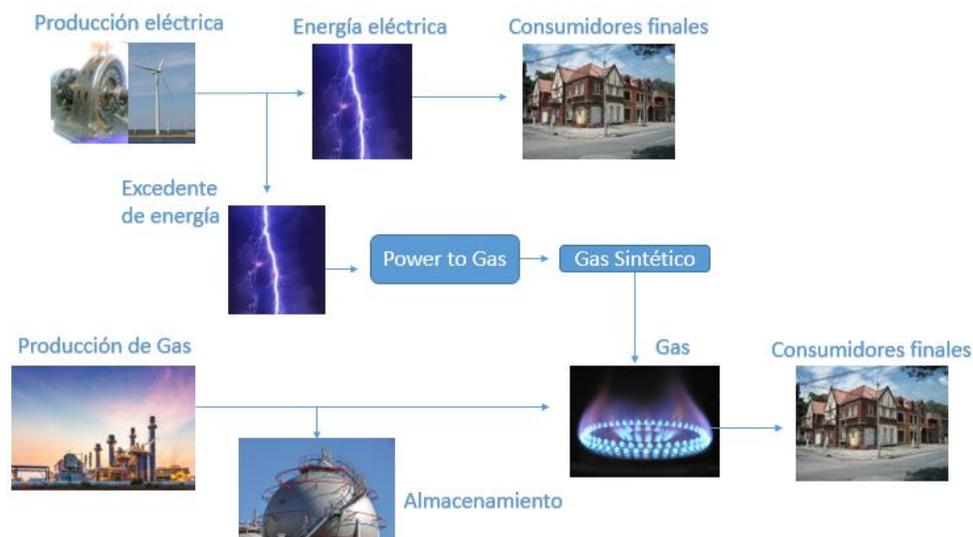
Las tecnologías que aportan en la optimización de la matriz energética y por ende al sector residencial se pueden clasificar en:

- Tecnologías para transformar recursos renovables en electricidad. - Estos pueden ser sistemas solares fotovoltaicos con montaje tierra, sistemas fotovoltaicos instalados en tejados, Concentrated Solar Power (CSP), Centrales de energía hidráulica, Plantas de Biomasa, etc.
- Almacenamiento de energía. - Son tecnologías de almacenamiento como baterías, energía hidráulica por bombeo (pumped hydro storage), almacenamiento de energía térmica, Power to Gas (está ligada a tecnología SNG, como ejemplo la electrolisis o metanación),
- Transmisión de energía. Se refiere a los sistemas de distribución y transmisión

2.19.1. Power to Gas

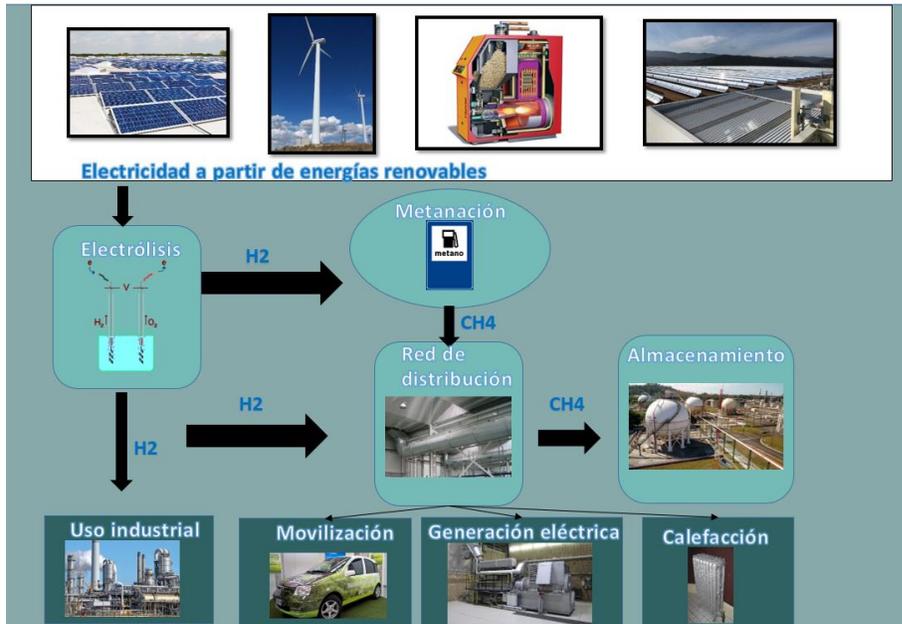
La tecnología para crear gas sintético renovable es conocida como “Power to Gas”, este tipo de tecnología utiliza el principio de la electrólisis del agua, esto para obtener hidrogeno, posteriormente a este elemento (H) se lo combina con CO₂ a altas presiones para obtener metano [101].

Figura 69: Generación de gas para consumo residencial a través de la tecnología Power to Gas



Fuente: Autor

Figura 70: Aplicaciones de la tecnología Power to Gas



Fuente: Autor

La **figura 69** muestran que la tecnología PtG apoyara a la actual generación de gas natural, esto resulta oportuno debido ya que la demanda de gas natural va a aumentar, producto de su incremento poblacional [107] y en tanto, la **figura 70** muestra una múltiple aplicabilidad de esta tecnología en varios sectores, esto incrementaría las posibilidades de impulsar el país por medio de la energía eléctrica generada de fuentes renovables y transformarla en gas para darle otro uso, en el caso residencial puede ser utilizado en: calefacción, sustituto de gas GLP entre otros.

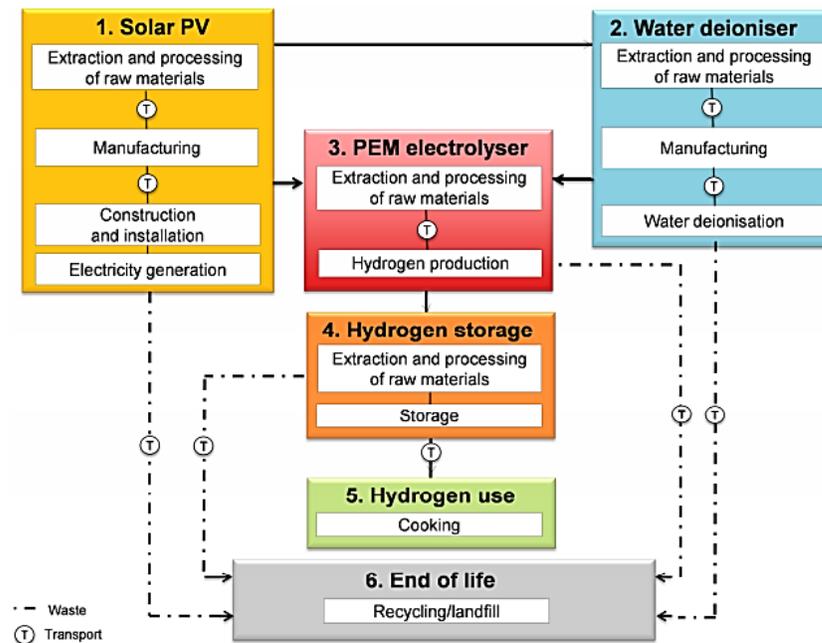
Además en ambas figuras (69 y 70) se muestra que no solo sirve esta tecnología para brindar soporte a varios sectores, si no también puede utilizar el exceso de energía eléctrica que se genera en horas de baja demanda eléctrica para transformarla a CH₄, almacenarla y utilizarla cuando se la necesite [108].

2.19.2. Generación de hidrógeno en el Ecuador

Los electrolizadores es una tecnología bastante estudia y desarrollada en el mundo, estos dispositivos son un tipo de los varios existentes para la generación de hidrogeno, los electrolizadores son los encargados de transformar la energía eléctrica en hidrogeno para

ser utilizado en diferentes aplicaciones, en el caso de este estudio, se mostrará su uso en el sector residencial en la **figura 71**. Según [109] las cocinas que queman GLP pueden ser adaptadas para utilizar hidrogeno, esto abre la posibilidad de evitar invertir una gran cantidad de dinero en remplazar las cocinas de los diferentes agentes del sector residencial del Ecuador y solo realizar una pequeña inversión en la adaptación de este equipo.

Figura 71: Esquema del ciclo de vida de electrolizadores de membrana de intercambio de protones alimentado por energía solar



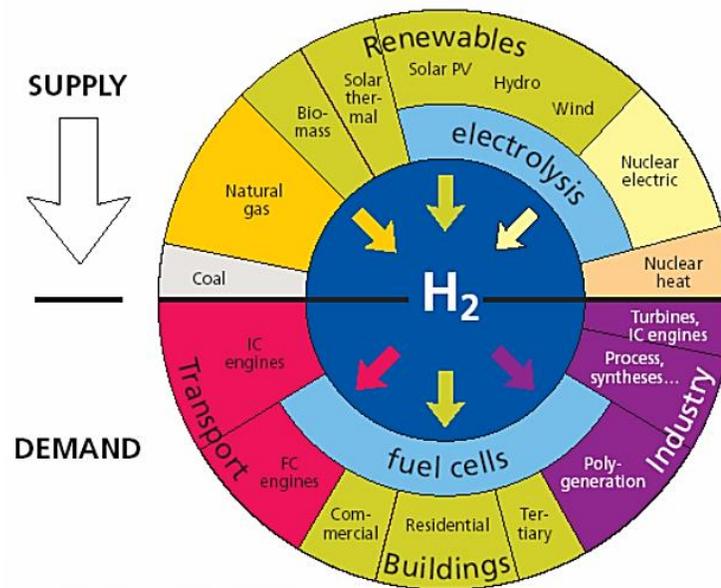
Fuente: [110]

Los electrolizadores son un “mecanismo” que puede ser utilizado para incrementar la seguridad energética residencial, por ser capaz de transformar la electricidad y almacenarla en forma de hidrogeno, esta puede ser combinada con otro tipo de tecnología para mejorar el suministro de energía llegando casi al nivel de garantizar siempre el acceso de energía a los hogares. Para conseguir esto hay que superar varios obstáculos, estos se mostraran más adelante.

La generación de hidrogeno se la puede obtener por diferentes procesos, como se muestra en la **figura 72**, esto nos presenta o brinda una idea la cual es que las energías renovables no convencionales son grandes opciones para la generación eléctrica e impulsores o

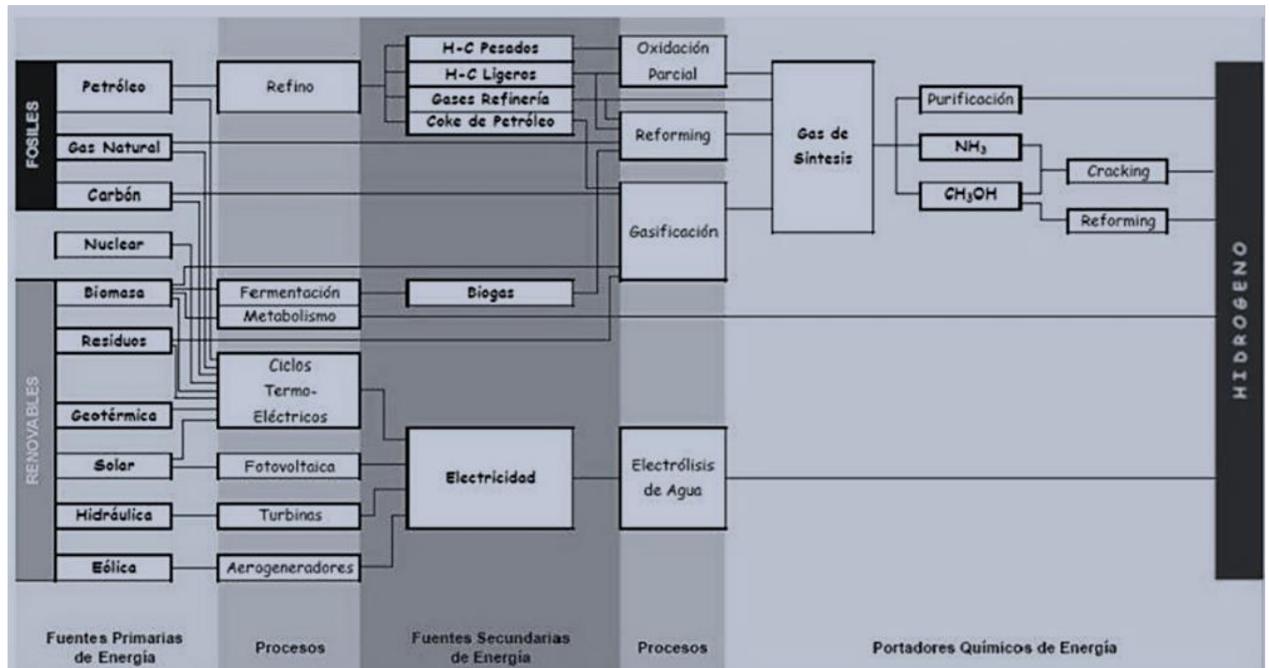
generadores de hidrogeno. Por lo que para iniciar con la “industria del hidrogeno” en el Ecuador (capturar y generar hidrogeno para darle utilidad en distintos sectores del país), es conveniente que se realicen primero más proyectos con energías renovables no convencionales para abastecer con la respectiva energía a los “generadores” de hidrogeno (sean estos electrolizadores, Gasificación de biomasa, etc. Véase esta tecnología y aplicaciones en la **figura 73**)

Figura 72: Tecnología utilizada para obtener hidrogeno y sus aplicaciones



Fuente: [90]

Figura 73: Esquema de las tecnologías a base de combustibles fósiles y renovables para producir hidrogeno



Fuente: [90]

Un obstáculo para insertar este tipo de tecnología es su costo de inversión y el coste del proceso de generación, pero según [84] y [111], estos costos se reducirán a futuro, a tal punto de ser competitivos con los costos de los combustibles fósiles. Actualmente se ha analizado en Alemania y Texas el costo de la generación de hidrogeno y se concluyó que: por la tendencia a la baja de precios de la tecnología eólica o fotovoltaica y la utilización de tecnología power to gas (PtG) (par generación de H) el costo es competitivo (aproximadamente $\text{€}3.23 \text{ kg}^{-1}$) [111]. El costo del proceso se debe a que los electrolizadores consumen mucha energía eléctrica para su funcionamiento (según [111], estos electrolizadores serán más económico, lo que haría más viable esta inserción de tecnología), mientras que el costo de inversión será alto por la necesidad de instalar generadores eléctricos a partir de fuentes renovables para suministrar energía a estos electrolizadores, lo favorable de esto es que se podrá almacenar el excedente de energía de las horas de baja demanda eléctrica como hidrogeno, pero aparece otro tipo de dificultad que debe superar esta tecnología es el almacenamiento del hidrogeno, por su bajo punto de ignición, densidad y la difusión en los metales (la difusión de hidrogeno en

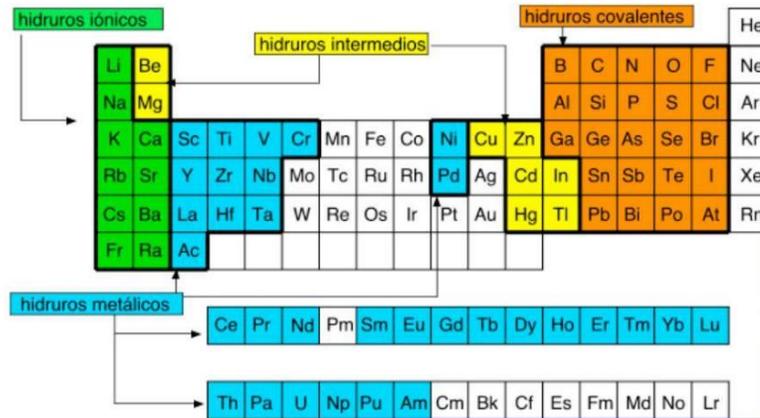
los metales reduce la ductilidad del material por lo que reducirá su resistencia y vida útil); y de momento existen formas de almacenarlo como se muestra a continuación:

Hidrogeno comprimido. – Se utilizan cilindros o tanques presurizados hechos de aluminio, acero y aleaciones [112], estos tanques trabajan a presiones entre 200 a 500 bar, estos son costosos porque están conformados exteriormente de metal y en su interior poseen revestimientos de polímero (generalmente nilón o polietileno reticulado o algún material permeable al hidrogeno), este revestimiento se lo realiza para evitar la penetración el hidrogeno en el metal [113].

Hidrogeno líquido criogénico. – Son tanques que trabajan a muy bajas presiones (por el punto de ebullición del hidrogeno) que es a una atmosfera -253°C . La mayor dificultad de este método de almacenamiento es conseguir y mantener estas bajas temperaturas (mediante criogenia y tanques bien aislados), la ventaja es que son más ligeras y menos voluminosas que los de hidrogeno comprimido.

Hidruros metálicos compuestos. – Esta forma de almacenamiento nace para solventar los problemas de volumen o muy bajas temperaturas que requieren los anteriores almacenamientos descritos. La idea de este método consiste en combinar el hidrogeno con otros elementos para formar hidruros (ver **figura 74** en donde se muestran los diferentes hidruros que se pueden formar), al formar hidruros se incrementa la densidad volumétrica y disminuye la temperatura y presión (1atm y 25°C) a la que el tanque trabaja, lo cual hace muy atractivo este tipo de almacenamiento [114]. Los hidruros son creados por una reacción exotérmica (producto de la unión un metal y el hidrogeno a $^{\circ}\text{T}$ y P determinada) y permanecen en estado sólido con apariencia metálica; y para deshacer la formación de hidruros se aplica una reacción endotérmica. Con este método se consigue una mayor densidad de hidrogeno que en los sistemas criogénicos y por compresión además son más compactos y seguros. Una desventaja de este método es el incremento de peso en los tanques, en comparación a los otros métodos.

Figura 74: Hidruros clasificados



Fuente: [112]

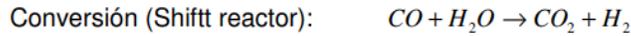
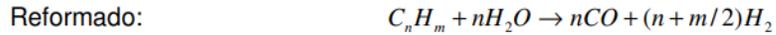
Nanoestructuras de carbono. – Son capaces de adsorber y absorber moléculas de H₂ y soltarlo con cambios en la presión y su temperatura.

Los electrolizadores pueden ser utilizados en la costa ecuatoriana para generar hidrogeno a partir del agua de mar y utilizarlo como combustible en las cells fuel, para generación eléctrica y obtener agua potable [115], además el hidrogeno puede ser un sustituto del gas GLP.

Aparte de los electrolizadores la tecnología más utilizada para la generación de hidrogeno son:

-Reformación con vapor de gas natural. – El proceso funciona con gas natural por ello este proceso posee este nombre (aunque también este proceso permite utilizar como materia prima hidrocarburos pesados como ejemplo, la Nafta). La reformación con vapor de gas natural se trata de un proceso endotérmico por lo que se usa un catalizador, comúnmente Níquel soportado. Este proceso genera vapores que no son útiles para el proceso de reformación por lo que pueden ser utilizados directamente en una turbina para la generación eléctrica. Las dos etapas del proceso se muestran en la siguiente figura.

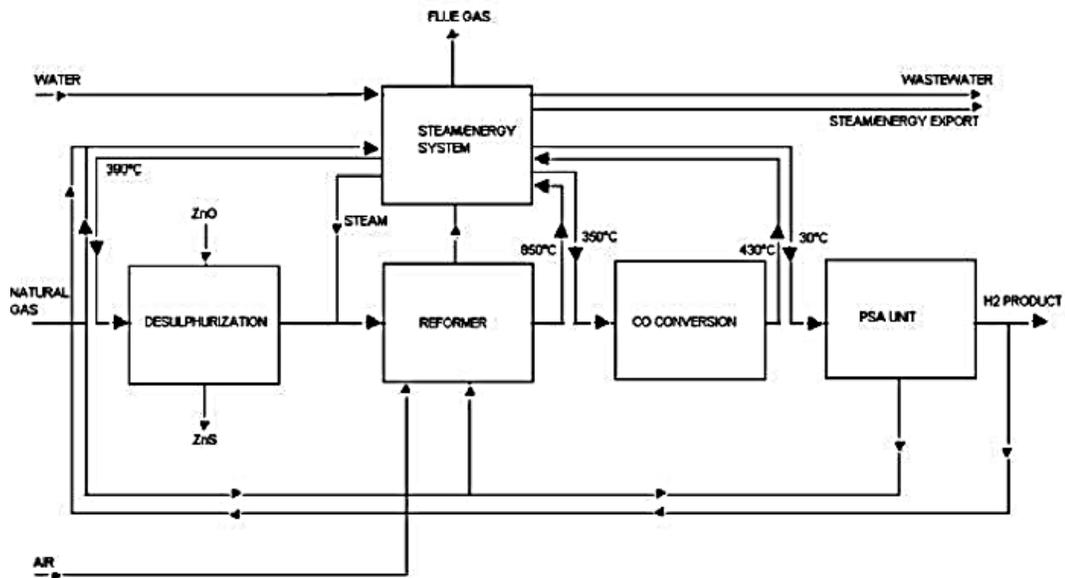
Figura 75: Proceso de reformado con vapor de gas natural



Fuente: [63]

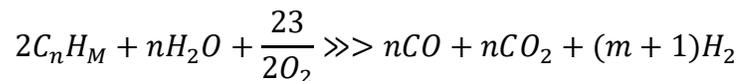
La gran desventaja de este método es que genera CO₂ y es necesario también utilizar combustibles fósiles para la extracción del gas.

Figura 76: Esquema de planta de reformado de vapor de gas natural



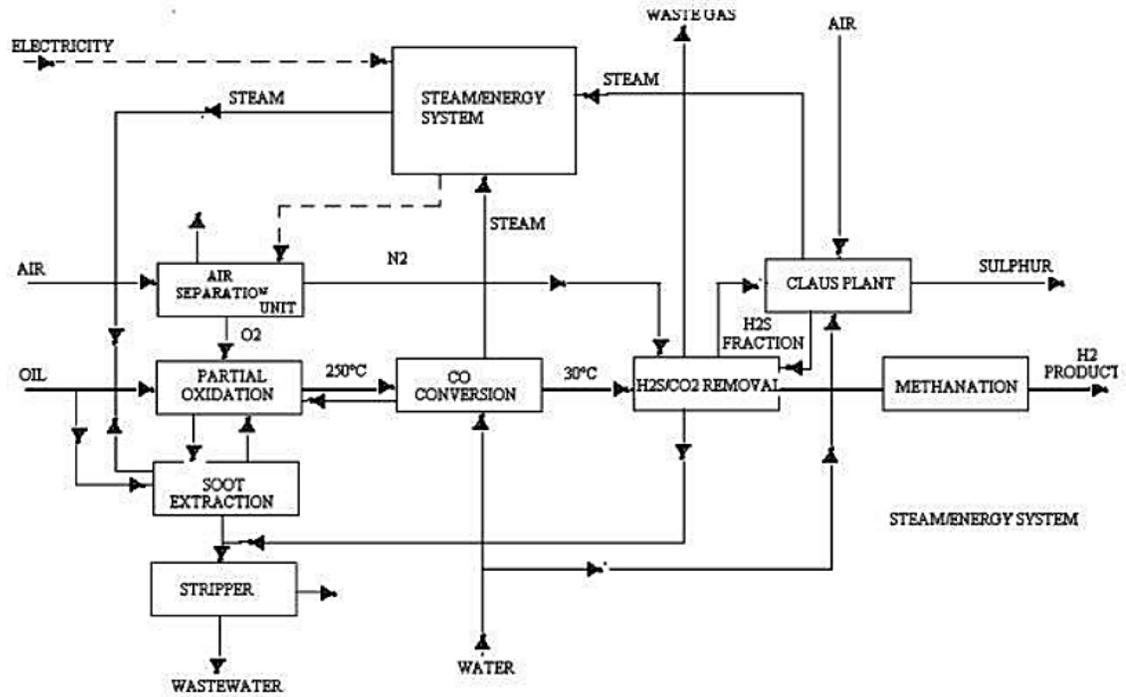
Fuente: [63]

-Oxidación parcial de hidrocarburos. –Este proceso se caracteriza por mezclar oxígeno y vapor a presiones medias y altas. El proceso es de tipo exotérmico y según el combustible que se utilice, puede o no necesitar un catalizador. También el proceso es capaz de utilizar combustibles fósiles gaseosos o líquidos. La reacción del proceso se muestra a continuación.



Este proceso también genera contaminantes a la atmosfera como CO y CO₂.

Figura 77: Esquema de una planta de oxidación de hidrocarburos



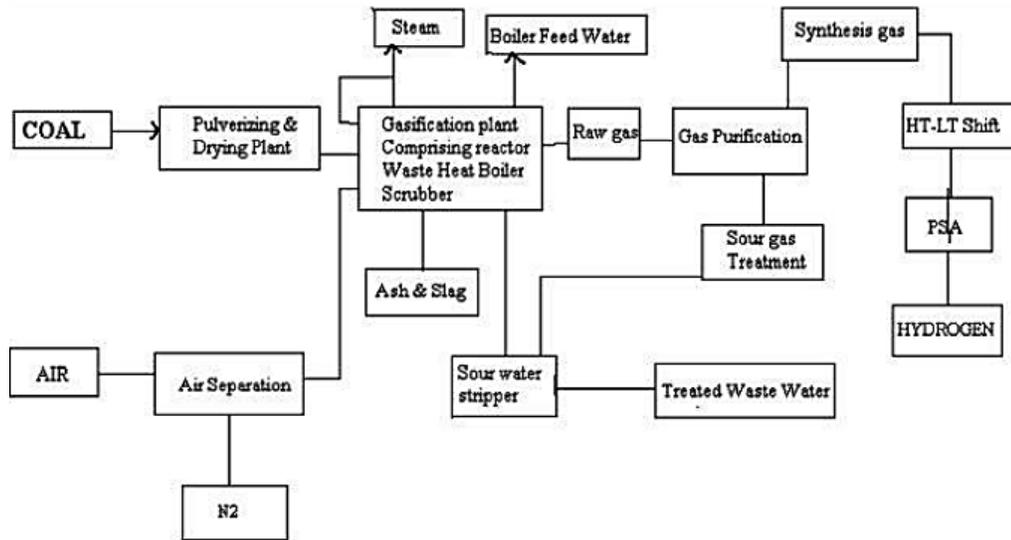
Fuente: [63]

-Gasificación de Carbono. – Se trata de un proceso exotérmico que es similar al proceso de oxidación de hidrocarburos, solo que la gasificación de carbono se la realiza por dos formas, la primera es por gas de síntesis y el segundo por secuestro de CO₂. La reacción del proceso se muestra a continuación.



De igual manera este proceso posee la desventaja de enviar CO₂ a la atmosfera.

Figura 78: Esquema de planta de generación de hidrógeno por gasificación de carbono



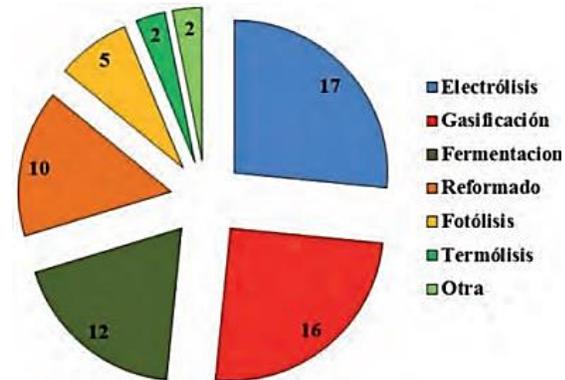
Fuente: [63]

-Producción biotecnológica de hidrógeno. - Esta forma engloba diferentes tecnologías y métodos de generación de hidrogeno, como:

- Gasificación de biomasa. - Es parecida a la gasificación de carbono, solo que su materia prima son residuos o desechos biodegradables. El proceso se lo realiza en un reactor al igual que el método de reformado de gas. Se utiliza este proceso cuando la biomasa que ingresa posee una humedad menor o igual al 20%
- Fermentación de biomasa. - Este método anaeróbico se lo realiza en el reactor y se fermenta con bacterias y se lo utiliza cuando la humedad de la materia prima es mayor a 30%.
- Fotoproducción de hidrógeno. - Actualmente la fotoproucción se la realiza por varias maneras, todas ellas tienen en común que capturan luz solar para producir energía eléctrica. La fotoproducción se la puede categorizar como fotoquímicos y fotobiológicos.

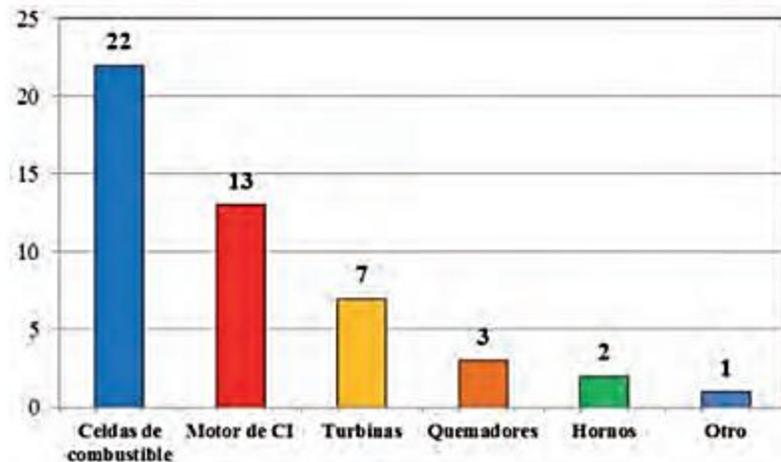
Todos estos métodos son más amigables con el medio ambiente porque solo generan el CO₂ que contiene la biomasa (generación de CO₂ neutra).

Figura 79: Teórica generación de hidrógeno del Ecuador mediante diferentes procesos



Fuente: [85]

Figura 80: Tecnologías teóricas que funcionan con hidrógeno y que pueden ser aplicables en el Ecuador



Fuente: [85]

2.19.3. Celdas Termoeléctricas

Es un dispositivo constituido por conductores distintos y una placa creada por materiales semiconductores n y p para generar electricidad (módulos Seebeck) por medio de una diferencia de temperaturas en sus caras (por lo general se los utiliza para aprovechar los “desperdicios” térmicos, por ejemplo el calor que expulsan los motores de combustión interna) [116], aunque también puede utilizarse de manera inversa (Módulos Peltier), se

introduce un determinado voltaje para obtener en una cara de la placa un flujo de calor (cara de “temperatura alta”) y en la otra cara se extrae calor (cara de “temperatura baja”).

En la **figura 81** se puede ver los componentes que crean una celda Peltier. Estos dispositivos suelen utilizarse en aplicaciones de refrigeración, pero es inferior su rendimiento comparado con la refrigeración por compresión, sin embargo el rendimiento de estas celdas puede incrementarse por medio de softwares [117].

El uso de estos dispositivos en la ventilación o refrigeración se ve limitado por su bajo $COP = 0.65$ lo cual los impide igualarse o superar a los sistemas convencionales con compresor, pero posee ventajas en climatización como:

Una ventaja notable de estas celdas sobre la refrigeración por compresión es que no necesita partes móviles para refrigerar y otra ventaja a considerar es que, por no necesitar un compresor, se elimina ruido del ambiente donde se instalen, además ya no es necesario los gases refrigerantes los cuales contaminan la atmósfera. Para mejorar el sistema termoelectrico, se suelen utilizar aletas para incrementar el intercambio de calor.

Figura 81: Componentes de una celda Peltier

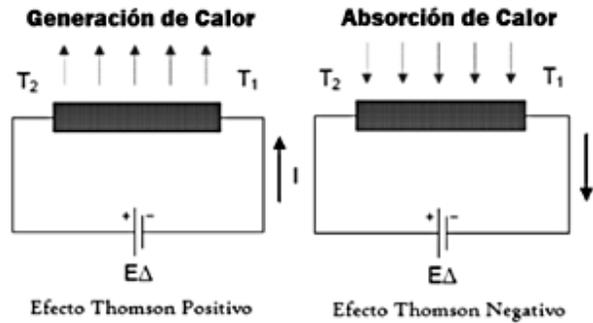


Fuente: [117]

Este tipo de tecnologías (Termoelectricos) basan su funcionamiento en tres efectos los cuales son:

Efecto Thomson. - Se presenta este efecto donde exista un gradiente de temperatura en los extremos de un conductor homogéneo y que circule corriente por él. El conductor cede o gana calor dependiendo de la dirección de la corriente que lo atraviesa [118].

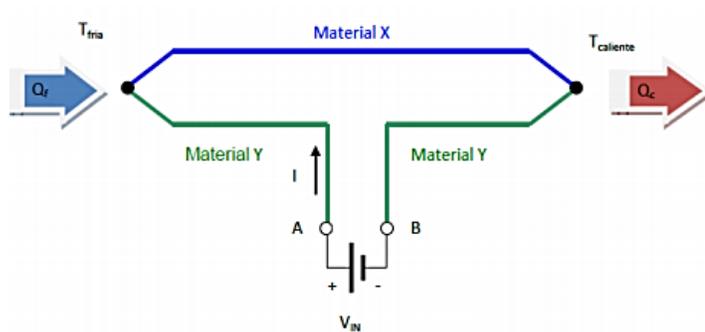
Figura 82: Esquema del efecto Thomson



Fuente: [117]

Efecto Peltier. - Cuando una corriente eléctrica atraviesa una unión de conductores diferentes, sus caras ceden o ganan calor (depende del efecto Thomson). Este efecto es conocido también como el inverso de Seebeck [118].

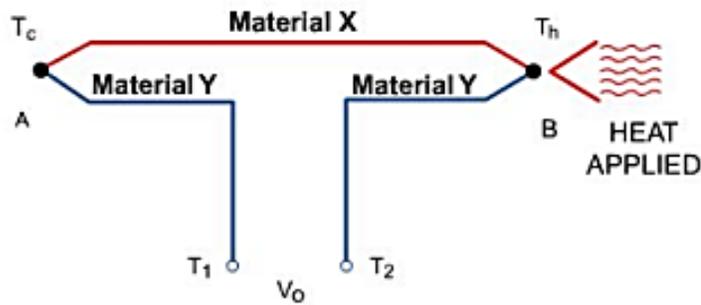
Figura 83: Esquema del efecto Peltier



Fuente: [116]

Efecto Seebeck.- La generación eléctrica se la realiza con la unión de dos materiales conductores diferentes, donde existe una diferencia de temperatura [118].

Figura 84: Esquema del efecto Seebeck



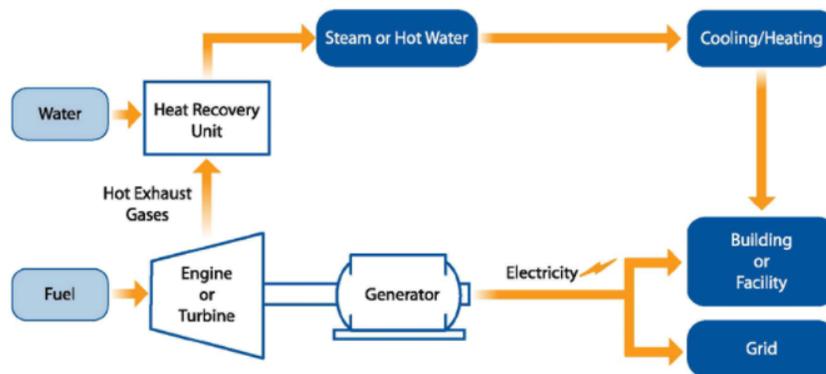
Fuente: [116]

2.19.4. Combined Heat and Power CHP

La cogeneración es una tecnología energéticamente eficiente que genera electricidad y captura el calor que de otro modo se desperdiciaría, esta tecnología proporcionar energía térmica útil, como vapor o agua caliente, que se puede utilizar para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y procesos industriales. La CHP puede estar ubicada en una instalación o edificio individual, o ser un recurso de energía o servicio público del distrito. La cogeneración se encuentra normalmente en instalaciones donde se necesita tanto electricidad como energía térmica.

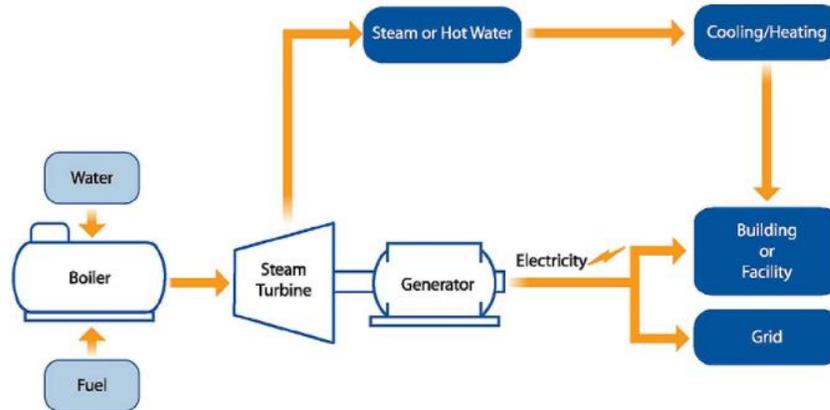
Existen dos sistemas de este tipo de tecnología y son: configuración con turbina de combustión y Configuración con caldera de vapor

Figura 85: Configuración con turbina del sistema CHP



Fuente: [119]

Figura 86: Configuración con caldera del sistema CHP



Fuente: [119]

Las diferencias de estos dos sistemas es que el sistema turbina de combustión utiliza algún combustible para mover el generador, los gases calientes son aprovechados y utilizados para obtener agua caliente. Mientras que el sistema de caldera de vapor, se genera el vapor en este dispositivo para luego inyectar el vapor en la turbina, el calor que sale de la turbina es aprovechado para el calentamiento de agua.

2.19.5. Suelo radiante

Se trata de un sistema que consiste en controlar (mantener estable) la temperatura de una parte superficial de la residencia (ejemplo: pared, suelo, o techo) por lo general suele ser el piso. El fin de mantener estable la temperatura de la superficie del suelo es brindar climatización (calefacción o refrigeración) al ambiente donde se encuentre esta superficie. Cuando la superficie se encuentra a una temperatura estable, compensa los intercambios de calor con el medio ambiente, si el ambiente exterior es “frio” el suelo radiante se mantiene a una temperatura superior (por lo general 23-25°C) y sucede lo contrario cuando el ambiente exterior es “caluroso” se disminuye la temperatura de esta superficie a aproximadamente 20°C o inferior (ver **figura 87** para saber las temperaturas de climatización que pueden utilizarse para entregar confort al ser humano).

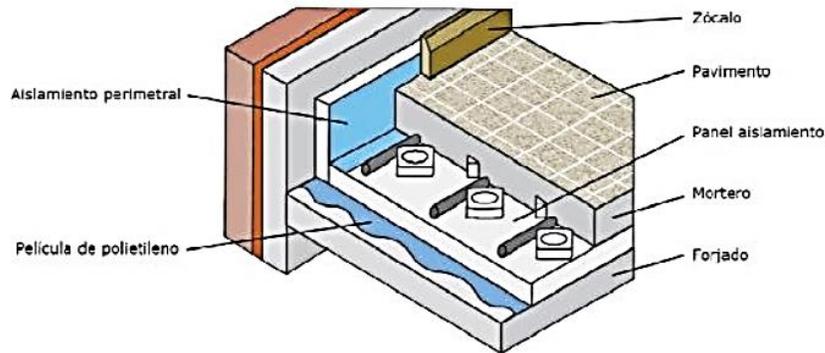
Figura 87: Sensaciones térmicas para el ser humano y sus efectos físicos.

Temperatura efectiva	sensación		Respuesta física
	térmica	confort	
40°C	muy caliente	muy incómodo	problemas de regulación
35°C	caliente		aumento tensión, por sudoración y aumento de flujo sanguíneo
	templado		regulación normal por sudoración y cambio vascular
30°C			regulación vascular
25°C	neutral	cómodo	
	ligeramente fresco		
20°C		ligeramente incómodo	aumento pérdidas de calor seco
	fresco		
15°C	frio		vasocontracción en manos y pies, estremecimiento.
	muy frío	incómodo	
10°C			

*Nota: La temperatura efectiva es una temperatura que combina varios aspectos como la humedad relativa, humedad del medio ambiente y el desplazamiento del viento que crea una sensación térmica en el humano (puede ser frío o calor) y esta es igual a la temperatura de un aire sin desplazamiento que brinda el mismo resultado.

Fuente: [120]

Figura 88: Conformación del suelo radiante



Fuente: [121]

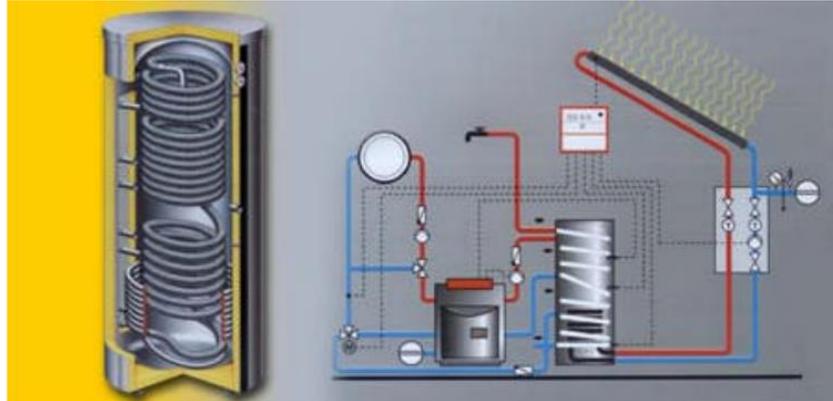
Existen varias formas de calentar la superficie radiante, una de ellas es crear un doble suelo, por la parte media de estos circulara un aire calentado por la quema de algún combustible. Otra forma de calentar la superficie radiante es la calefacción de suelo radiante, este funciona por un sistema de tuberías bajo el suelo por el que pasa el agua calentada por el calefactor o caldera. También se utiliza un sistema de resistencias eléctrica bajo la superficie radiante para calentarla, el inconveniente de esto es el encarecimiento de la planilla eléctrica.

Por lo general se suele utilizar el sistema de tuberías bajo el suelo radiante. Los elementos principales que conforman este sistema son:

- Tuberías. - Transporta el agua calentada de la caldera (también puede ser agua fría para reducir la temperatura en ambientes calurosos).
- Aislante. - Impide la transferencia de calor hacia otras superficies no deseadas.
- Sistema de sujeción. - Mantiene unido el aislante y las tuberías
- Banda perimetral. - Crea un pavimento flotante al separar la losa y el solado de las paredes
- Distribuidor. –Reparte al sistema de tuberías agua fría o caliente, posee 2 linea, la una de entrada y la otra es de retorno. En esta unida se instalan diferentes accesorios como manómetros, válvulas, purgadores o caudalimetro.

- Generador de calor. - Es el encargado de transmitir-calentar el fluido que recorre por el sistema de tuberías. Por lo general se utilizan calderas de gas (el denominado calefón), bombas de calor, colectores solares o resistencias eléctricas.

Figura 89: Sistema de suelo radiante con generador de calor solar



Fuente: [122]

2.19.6. Aerotermia

Se trata de un sistema de climatización de ambientes, este aprovecha la energía térmica que posee el aire ambiental para mantener la temperatura de un ambiente residencial.

El sistema está compuesto por dos unidades la exterior (bomba de calor aerotérmica) e interior, la exterior es la encargada de capturar y traspasar las calorías del ambiente a la unidad interior, esta última unidad mencionada se encarga de transmitir estas calorías a un sistema de calefacción central, todo este proceso de transporte es impulsado por un compresor y el fluido que captura y transporta las calorías al sistema de calefacción central es un refrigerante [123].

Figura 90: Representación del funcionamiento de aerotermia en una residencia

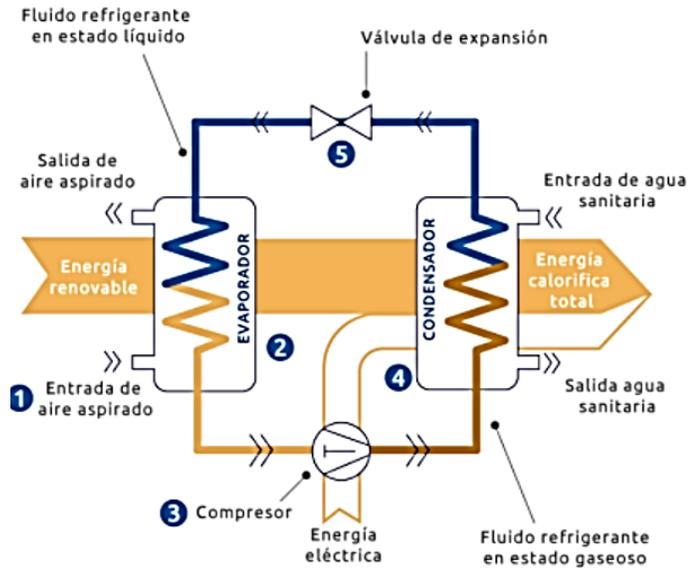


Fuente: [123]

Este tipo de tecnología se la considera renovable ya que solo aprovecha la energía térmica que posee el aire circundante (calentado por el sol), esta tecnología permite ahorrar energía eléctrica en los hogares, aporta en la climatización de espacios y reduce las emisiones de CO₂ a la atmósfera (la caldera de gas convencional genera 215 gr CO₂/kWh versus la aerotermia genera 72gr CO₂/kWh por su bomba de calor). Este tipo de tecnología puede ser aplicada en estaciones de invierno de países europeos [123], lo que permite utilizarlo en las regiones “frías” del Ecuador (Región Sierra).

Una ventaja destacable de esta tecnología sobre las calefacciones de fuentes fósil es el ahorro económico, pero una desventaja importante de este tipo de tecnología es el costo de instalación y del sistema en general (este costo es compensado por el ahorro energético en aproximadamente 5 años) [123], en la **figura 93** se puede ver un cuadro comparativo de pros y contras.

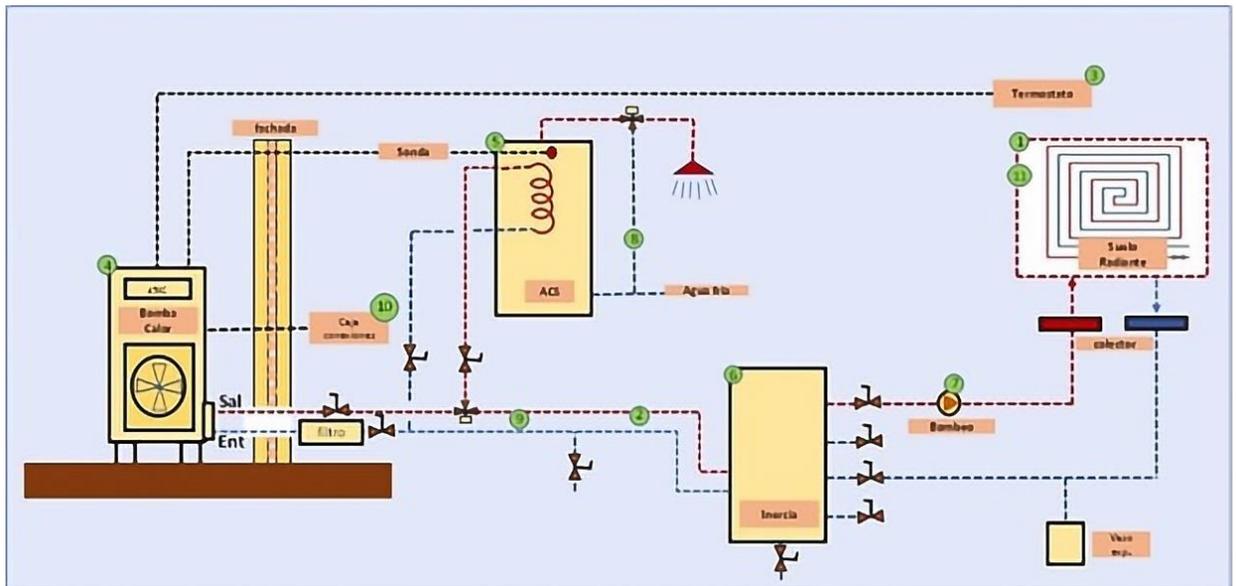
Figura 91: Esquema del sistema de aerotermia



Fuente: [124]

Los componentes principales de un sistema de aerotermia se muestra en la **figura 92**

Figura 92: Sistema ejemplar de la instalación de un sistema de aerotermia y sus componentes



Fuente: [124]

En la **figura 92** se muestra los dispositivos principales que conforman el sistema de aerotermia, los cuales son:

- Suelo radiante: base, aislante y mallas
- Tubería de conexión Bomba-tanque de inercia (este tanque contiene y retiene el agua calentada)
- Termostatos
- Generador de calor (por lo general suele ser una bomba de calor, pero puede utilizarse colectores solares)
- Depósito de agua caliente sanitaria ACS: Contiene el agua para su uso final y posee en su interior un serpentín que le permite calentar el agua y dirigirlo hacia las diferentes tomas de agua caliente.
- Instalaciones eléctricas: Energiza la bomba hidráulica
- Bomba hidráulica: encargada de impulsar el agua del depósito de inercia al piso radiante

Figura 93: Ventajas y desventajas de la aerotermia y su comparación con otras tecnologías

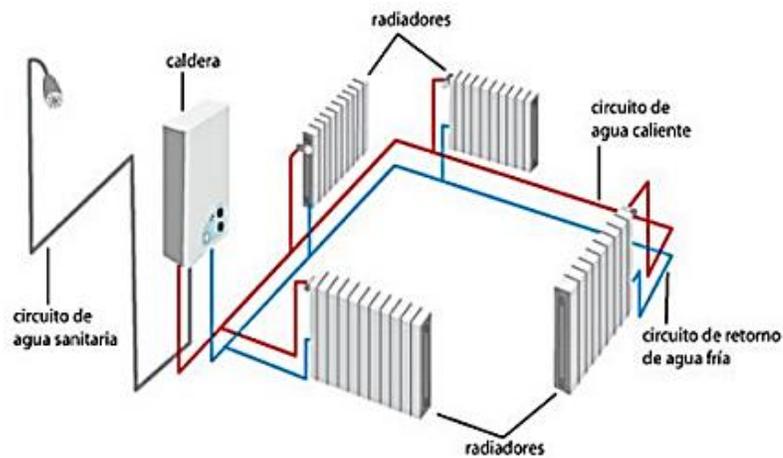
Energías	Ventajas	Inconvenientes
Aerotermia	Ahorro en las facturas de energía Ofrece calefacción y refrigeración Escaso mantenimiento	Alto desembolso inicial Rendimiento menor en temperaturas extremas No hay muchos instaladores especializados
Electricidad	No requiere instalación ni combustión	El suministro de energía más caro del mercado
Gas natural	Temperatura confortable y homogénea	Estructura no disponible en todo el territorio
Gasoil C	De fácil acceso	Energía muy contaminante y con alto precio
Propano a granel	Presenta el mayor poder calorífico (12,86 kWh/kg)	Instalación de un depósito en el lugar del suministro
Pellets	Instalación sencilla	Presenta el menor poder calorífico (4,57 kWh/kg)
Geotermia	Gran ahorro energético	alta inversión inicial

Fuente: [124]

2.19.7. Sistema de calefacción centralizada

El sistema es la síntesis de tuberías, caldera y calefactor, para brindar confort térmico a los distintos puntos de la residencia donde se encuentra instalada. Esta forma de calefacción es estética y segura para las residencias además de ser limpia. El sistema funciona con agua que es calentada en la caldera (la combustión se hace fuera de la residencia para evitar gases en el mismo), esta es bombeada por las respectivas tuberías hasta llegar a los calefactores, los cuales son los encargados de radiar energía térmica para elevar la temperatura del ambiente donde se encuentran instalados (se puede también impulsar el agua caliente al suelo radiante) [125]. Estos equipos suelen consumir GLP [126] [125].

Figura 94: Esquema del sistema de calefacción central y sus componentes.



Fuente: [125]

Figura 95: Esquema de la ubicación de los dispositivos del sistema de calefacción en los hogares.



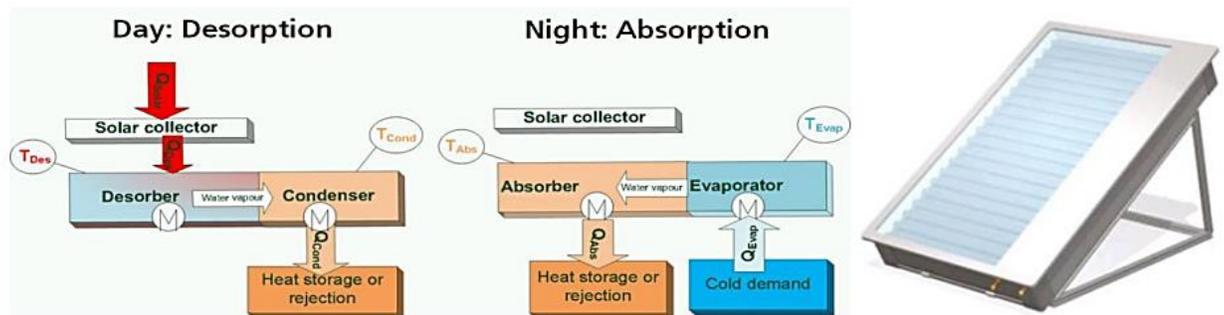
Fuente: [125]

2.19.8. Sistema Híbrido Solar-Biomasa-reversible

Se trata de un sistema que es capaz de entregar calefacción y refrigeración a los hogares; Está conformado por:

- Colectores solares con generadores termoeléctricos
- Módulo de sorción.- Esta tecnología trabaja de día y noche de forma diferente, es capaz de brindar calor y refrigeración (esta refrigeración se destaca sobre el sistema de compresores por ahorrar el consumo de energía eléctrica [127])

Figura 96: Principio de funcionamiento del colector de sorción



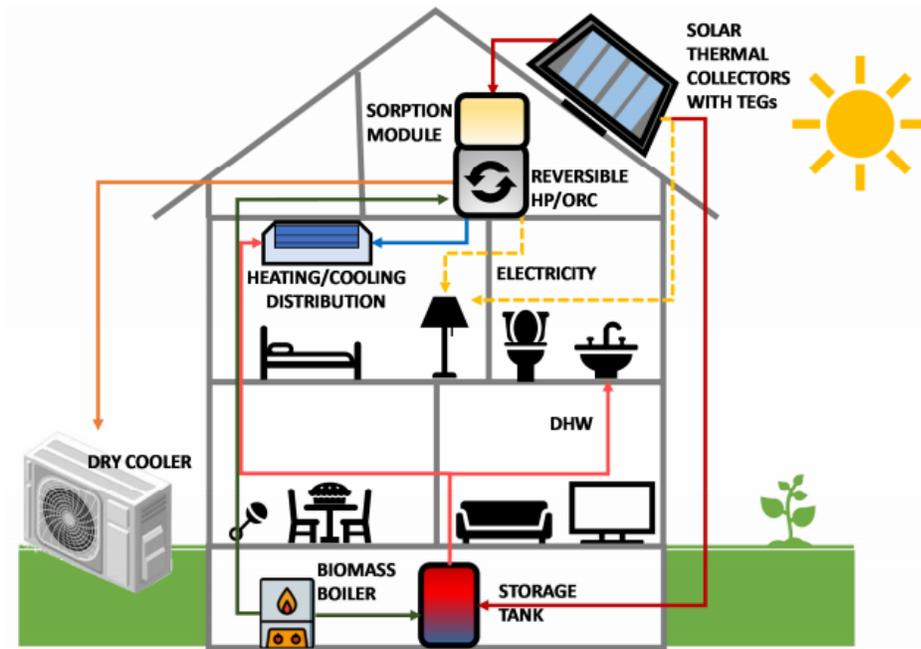
Fuente: [127]

- Bomba de calor / ORC reversible
- Caldera de biomasa

El sistema genera calor mediante los colectores solares y la caldera de biomasa y cuando sea requerido refrigeración se inyecta calor en el módulo de sorción [128].

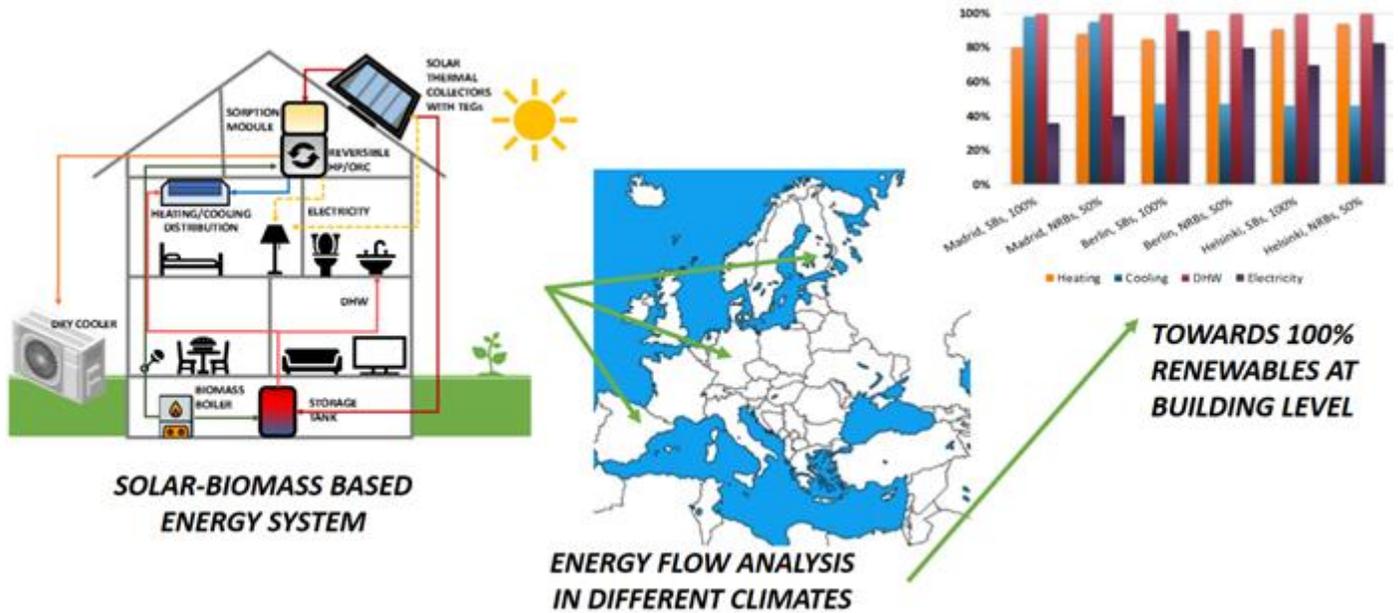
La electricidad se produce invirtiendo la bomba de calor como ORC (Organic Rankine Cycle) o mediante los termoelectricos conectados a los colectores solares.

Figura 97: Esquema del sistema hibrido solar-biomasa reversible en una residencia



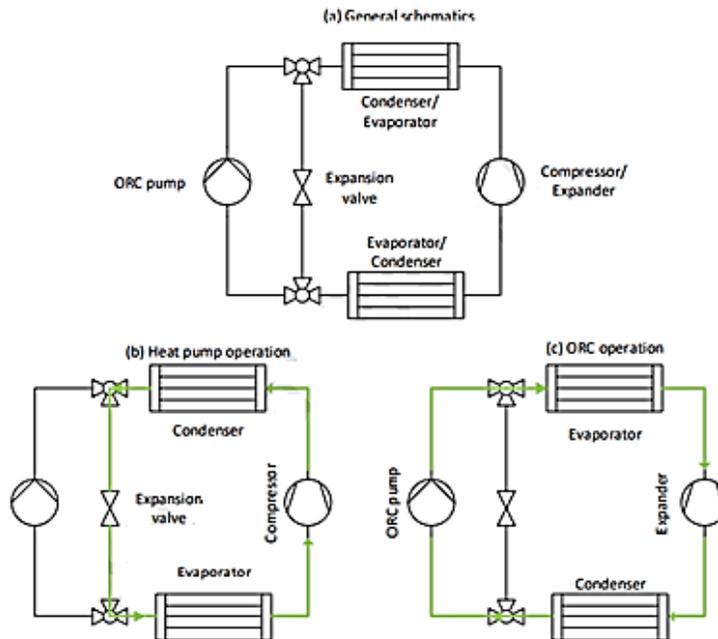
Fuente: [129]

Figura 98: Sistema híbrido solar-biomasa reversible para obtener residencias impulsadas al 100% con energía renovable



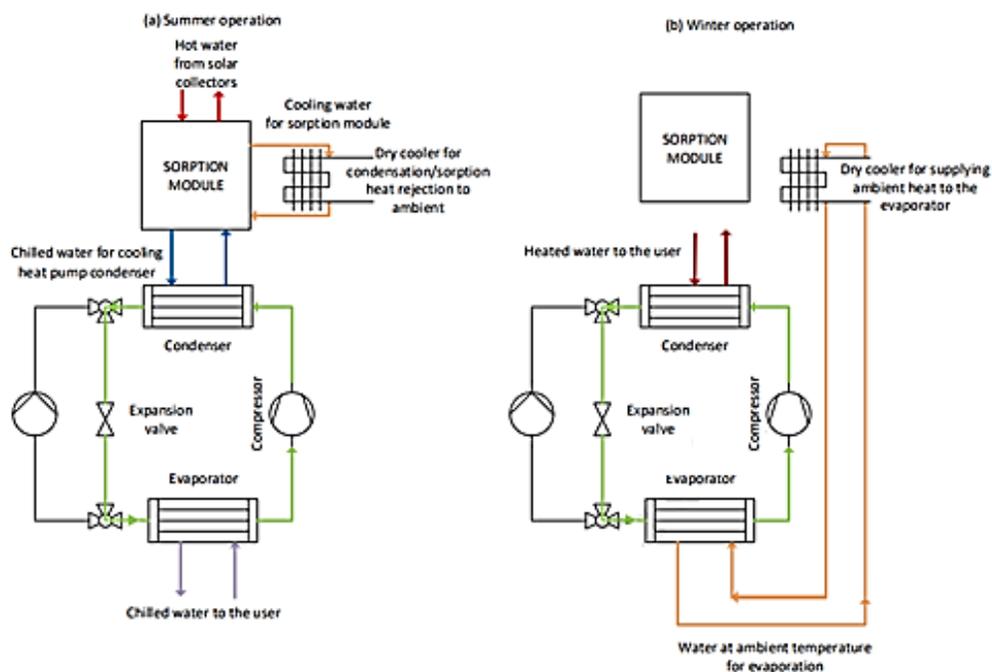
Fuente: [129]

Figura 99: Esquema general de funcionamiento del sistema reversible, bomba de calor o ORC, a) Sistema general, b) Operación como bomba de calor, c) Operación ORC



Fuente: [129]

Figura 100: Funcionamiento del sistema híbrido en: a) verano ,b) invierno



Fuente: [129]

Como se ve en la **figura 99** el sistema híbrido puede trabajar tanto en invierno como en verano, esto puede ser aplicado en el Ecuador para las diferentes regiones donde existen climas calurosos (Costa u Oriente) y en climas “fríos” (Sierra).

Para el funcionamiento en invierno el sistema de enfriamiento seco cuenta con un intercambiador de calor de placas separa con la mezcla de agua-glicol en el circuito de distribución [130]. El glicol (etilenglicol) utilizado en sistemas de enfriamiento, es un gas que no contamina el medioambiente y reduce el riesgo en la residencia por posibles fugas de este. Las temperaturas de refrigeración oscilan entre 7-16°C [129].

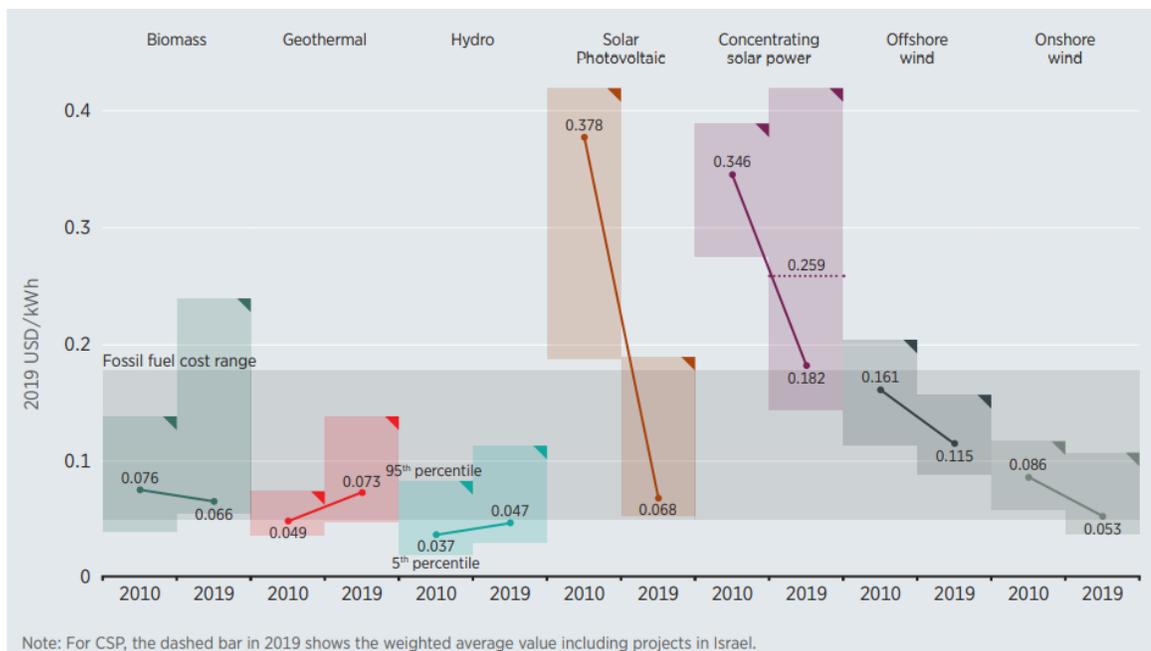
Hasta ahora se ha revisado las diferentes fuentes y potenciales energéticos que tiene el país y además se ha presentado varias tecnologías para generar, transportar o almacenar la energía para satisfacer las diferentes demandas del país sobre todo del sector residencial, a continuación, se buscara valores internacionales de los precios de estas tecnologías renovables para conseguir estimar la inversión necesaria para cada tipo de tecnología según la potencia instalada del proyecto.

2.20. TENDENCIA DE PRECIOS DE GENERACIÓN POR MEDIO DE TECNOLOGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

A pesar de que la pandemia del Covid-19 ha impedido el incremento de nuevos proyectos de instalación de ERNC en el país y el mundo, la competitividad de estas tecnologías (frente a las fósiles) no se ha detenido al igual que sus pros como: las emisiones GEI nulas, su potencial de crear nuevos empleos, el incremento de su eficiencia y su abaratamiento.

Según estudios de la International Renewable Energy Agency (IRENA) [131] el costo de las tecnología renovables ha venido reduciéndose en los últimos 10 años, esto ha provocado que este tipo de tecnologías sea más competitivo frente a las que utilizan combustibles fósiles.

Figura 101: Costo promedio nivelado global de la generación eléctrica mediante tecnologías a base de energías renovables, 2010-2019



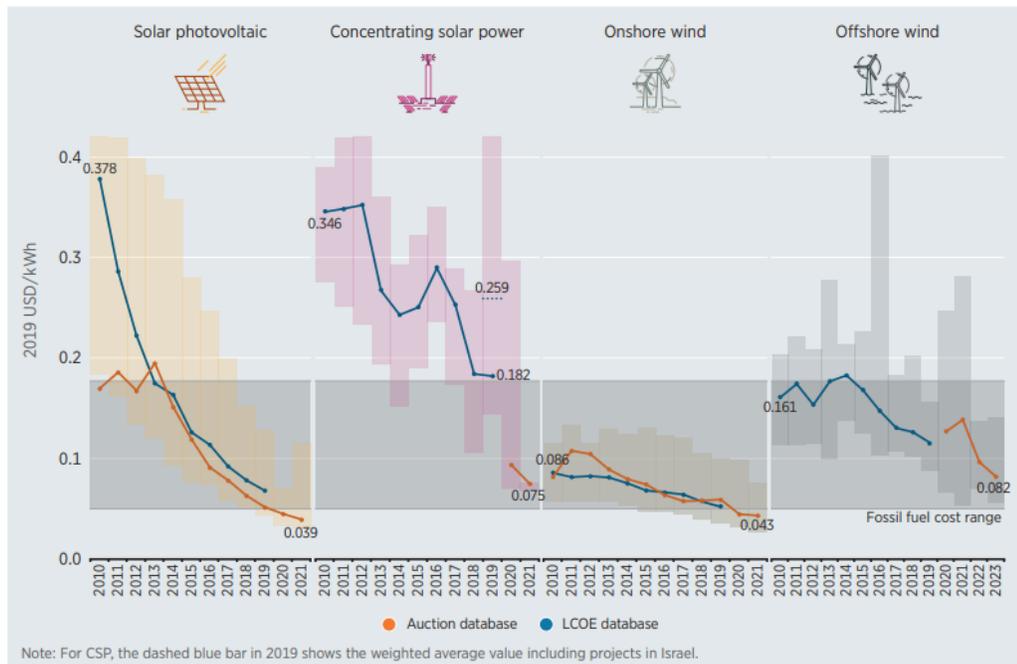
Fuente: [131]

De la **figura 101** se puede destacar que la energía solar fotovoltaica y eólica onshore son un tipo de energía que ha reducido tanto su costo en los últimos 10 años que ya están a un nivel competitivo con las tecnologías a base de combustibles fósiles, lo que significa que pueden ser introducidas de forma “rápida” en la matriz energética, con esto, las dos tecnologías serían los “pilares” para el cambio e incremento de la matriz energética

Ecuatoriana, mientras que tecnologías como la eólica marina, hidroeléctrica, bioenergética y geotérmica serán opciones de inversión complementarias y rentables a mediano plazo.

Además, estos estudios de IRENA también señalan que se prevé que estas las tecnologías renovables continúen disminuyendo sus costos, y no solo van a ser más baratos los dispositivos sino también el coto absoluto de los proyectos renovables [131], IRENA explica esto mostrando que en el 2019 el 56% de toda la capacidad de generación de energía renovable a escala de servicios públicos recientemente encargada proporcionó electricidad a un costo menor que la nueva opción más barata de combustibles fósiles. Nueve décimas partes de la capacidad hidroeléctrica recién puesta en servicio en 2019 (a nivel mundial) cuestan menos que la nueva opción más barata de combustibles fósiles, al igual que las tres cuartas partes de la capacidad eólica terrestre y dos quintas partes de la energía solar fotovoltaica a escala de servicios públicos.

Figura 102: Precios globales promedio nivelados LCOE (Levelized Cost of Energy) y subastas/PPA (Power purchase agreements) de proyectos renovables en el periodo 2010 a 2023



Fuente: [131]

Las líneas de tendencia azules mostrados en la **figura 102** están expresados en LCOE el cual es el costo de la tecnología que engloba su instalación y funcionamiento durante toda su vida (muestra el valor de venta de la energía para cubrir todos los gastos en la instalación y funcionamiento del equipo durante toda su vida útil). Es utilizada comúnmente para comparar o contrastar los precios con otras tecnologías, definición de las tareas de alimentación, determinar-analizar si una tecnología renovable es rentable o no, etc. [132].

El LCOE tradicionalmente se calcula con la formula mostrada en la **figura 103**, esta fórmula es una división entre los constes de construcción-funcionamiento de la planta y la producción de su energía.

Figura 103: Formula tradicional para calcular el LCOE

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{P_t}{q^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{E_1 \cdot (1-d)^{t-1}}{q^t}} \left[\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right]$$

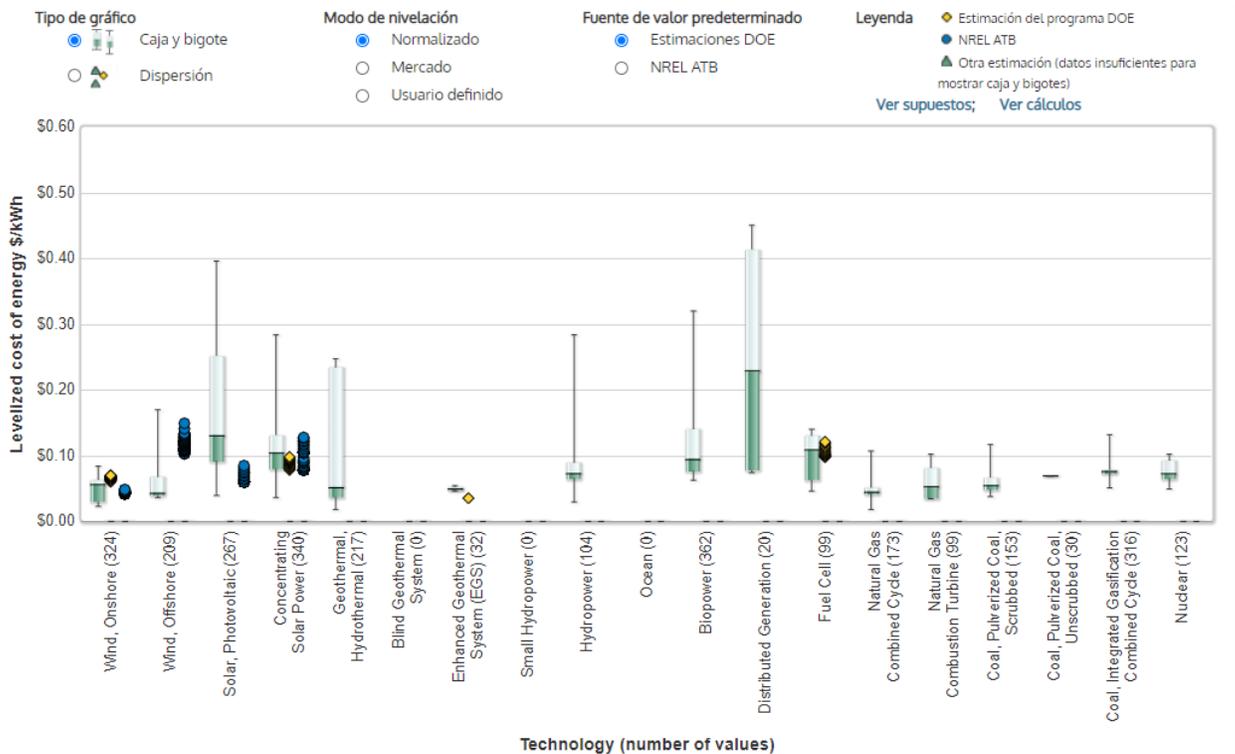
Fuente: [113]

2.20.1. Costos estimados de las Tecnologías de fuentes renovables no convencionales

The Transporent Date Base (TCDB) es desarrollada por el Departamento nacional de energía de Estados Unidos (DOE), tiene como objetivo recopilar datos de costos para la generación energética renovable, de tecnología, de combustibles renovables, generación eléctrica, etc. y hacerla accesible a todos.

Los datos del TCDB se obtienen de publicaciones y documentos de planificaciones energéticas, esta recopilación de información muestra estimaciones históricas de costos de tecnologías de generación de electricidad y es posible también proyectarlos. El DOE actualiza y obtiene sus datos de múltiples empresas dedicadas a la generación energética, lo cual les permite calcular con mejor precisión el costo de Tecnologías [133], el valor calculado por la herramienta del DOE solo sirve de referencia para poder comparar los costos de las tecnologías de generación (no muestra el valor exacto del costo de la tecnología del mercado) [134].

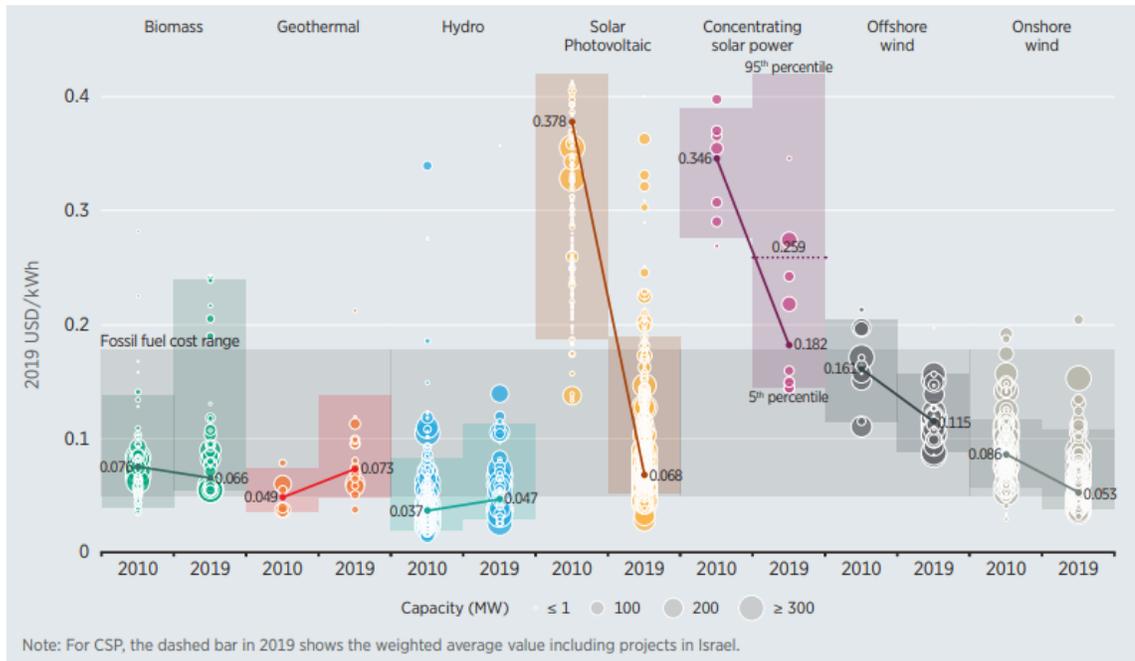
Figura 104: Proyección 2020-2050 del costo nivelado-LCOE (estimación de los costos de generación de la energía eléctrica que toma en cuenta: la inversión inicial y los costos operativos, o mejor dicho, es un indicador económico que mide el costo medio de generación a lo largo de su vida) de las diferentes tecnología de generación, tomando datos desde el 2009 al 2015 del DOE



Fuente: [135]

La **figura 104** muestra una proyección de los costos nivelados de generación por KWh de las diferentes tecnologías renovables no convencionales para el periodo de 2020 a 2050 obtenidos de datos de diferentes publicaciones científicas y resumidos en la aplicación del DOE (el TCBD), esto ayuda a comparar que tipo de tecnología requerirá una mayor inversión. Según esta proyección la tecnología que tendría un menor costo sería la energía eólica tipo onshore, otra tecnología de bajo costo por KWh generado es el “sistema geotérmico mejorada”, un poco más costosas que la generación eólica onshore se encuentran las Fuel Cells y una última tecnología que se destacara de la **figura 104** es la solar fotovoltaica que presenta su valor mínimo en \$0.05/KWh lo cual es más bajo que el costo promedio de KWh en Ecuador (\$0,0926/ KWh) [136].

Figura 105: LCOE globales de tecnologías de generación de energía renovable a escala de servicios públicos puestas en servicio en el mundo, 2010-2019



Fuente: [131]

La **figura 105** muestra también la caída de los precios de las diferentes tecnologías renovables, el tamaño del proyecto se representa según el diámetro de los círculos, esto nos ayuda también a entender que los proyectos de gran escala de las diferentes tecnologías son más viables económicamente a nivel de sector público, mientras se conoce que a nivel residencial los costos son más elevados (ver **figura 107**). LCOE de los sistemas fotovoltaicos residenciales por país y mercado disminuyó de USD 0,30 / kWh y USD 0,45/ kWh en 2010 a USD0,063 / kWh y USD 0,265 / kWh en 2019, una disminución de entre el 42% y el 79% por país / mercado [131] y se espera que continúe disminuyendo.

2.20.2. Paneles Solares

Según investigaciones del centro de estudios en medio ambiente y energías renovables (CEMAER) los precios de los paneles solares varían por varios factores como el tipo de material del que están contruidos, sus dimensiones, el tipo de sistema de instalación (directos, aislados o híbridos), la eficiencia que poseen y su vida útil [137].

CEMAER en su estudio de precios de los paneles solaras por Watt de potencia que generan obtienen los resultados mostrados en la **figura 106**.

Figura 106: Precios de los diferentes paneles solares por su potencia de generación

	Monocristalinos		Policristalinos		Flexibles
	140-160W	240-260W	140-160W	240-260W	100-120W
México	0.79	0.87	0.79	0.67	1.22
Colombia	1.63	1.35	1.23	1.04	1.57
Chile	0.88	1.10	0.98	1.07	3.18
Argentina	2.07	1.72	2.41	1.80	3.30
Ecuador	1.11	1.33	1.23	1.20	3.01
Perú	1.07	1.06	1.15	1.15	2.92
Centroamérica	1.25	1.04	1.25	0.94	2.06

Fuente: [137]

Según la **figura 106** el costo de un panel solar mono cristalino de 260W en Ecuador sería de aproximadamente \$345 el cual es un costo elevado para los agentes con menos recursos económicos del Ecuador (Agente E y Agente F) por lo que se tendría que realizar un plan energético para brindar alguna alternativa para que estos agentes puedan adquirir los equipos en el menor tiempo posible, caso contrario el agente tendrá que ahorrar por varios años.

El valor de los paneles solares va a reducirse según estudios de [138] a precios mucho más bajos que los aerogeneradores (**figura 108**) y en algunos países esta tecnología ya es más barata que el carbón [139], según proyecciones de [138] se espera que para el 2040 los paneles solares representen un 29% de aporte a la energía mundial generada debido a la reducción de por lo menos un 60% de su valor actual. La reducción de los costos de este tipo de tecnología se debe principalmente a una baja demanda y a la competencia de precios en el mercado. Con los nuevos planes políticas de China la tendencia de estos

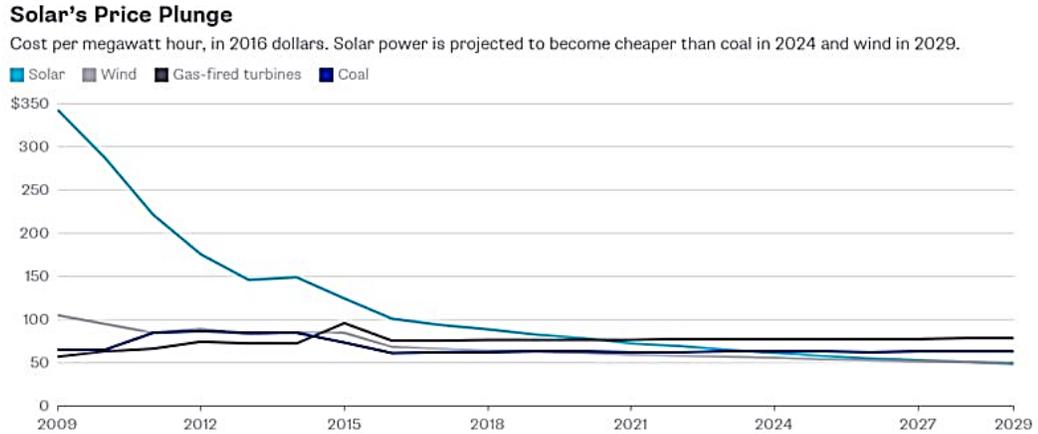
precios va a continuar disminuyendo ya que estos planes empujaran al mercado global a una sobreoferta [140].

Figura 107: LCOE de los paneles solares fotovoltaicos del sector residencial y comercial por países dese el año 2010 al 2019

Sector	Market	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
		2019 USD/kWh									
Residencial	Australia	0.319	0.258	0.187	0.163	0.154	0.106	0.098	0.089	0.082	0.075
	Brazil				0.261	0.244	0.232	0.187	0.155	0.125	0.111
	China			0.162	0.144	0.139	0.107	0.103	0.096	0.079	0.067
	France		0.712	0.516	0.435	0.330	0.201	0.188	0.174	0.161	0.149
	Germany	0.301	0.261	0.204	0.185	0.174	0.144	0.141	0.138	0.144	0.138
	India				0.132	0.128	0.093	0.085	0.074	0.067	0.063
	Italy	0.405	0.360	0.248	0.228	0.162	0.137	0.128	0.121	0.113	0.109
	Japan	0.455	0.450	0.393	0.298	0.250	0.224	0.202	0.188	0.169	0.163
	Malaysia				0.185	0.185	0.161	0.151	0.127	0.109	0.095
	Republic of Korea				0.224	0.225	0.170	0.164	0.141	0.130	0.125
	South Africa				0.200	0.180	0.156	0.148	0.134	0.119	0.102
	Spain				0.181	0.158	0.122	0.116	0.109	0.106	0.104
	Switzerland				0.304	0.274	0.259	0.246	0.225	0.205	0.188
	Thailand				0.250	0.201	0.183	0.179	0.159	0.137	0.106
	United Kingdom				0.327	0.342	0.302	0.274	0.276	0.268	0.265
	California (US)	0.306	0.290	0.253	0.222	0.210	0.213	0.207	0.187	0.179	0.171
	Other US states	0.304	0.280	0.230	0.202	0.203	0.202	0.178	0.162	0.157	0.155
Comercial	Australia					0.131	0.107	0.097	0.086	0.082	0.078
	Brazil							0.155	0.123	0.104	0.093
	China		0.180	0.147	0.129	0.107	0.094	0.089	0.086	0.072	0.064
	France	0.625	0.324	0.237	0.240	0.237	0.194	0.166	0.186	0.176	0.154
	Germany		0.253	0.176	0.155	0.140	0.114	0.119	0.115	0.114	0.105
	India								0.071	0.066	0.062
	Italy	0.322	0.279	0.171	0.141	0.139	0.115	0.108	0.101	0.094	0.092
	Japan			0.335	0.276	0.213	0.172	0.169	0.164	0.153	0.147
	Malaysia					0.173	0.132	0.128	0.099	0.087	0.080
	Republic of Korea								0.137	0.125	0.115
	Spain		0.257	0.228	0.215	0.197	0.105	0.105	0.096	0.090	0.087
	United Kingdom							0.207	0.194	0.189	0.187
	Arizona (US)	0.279	0.249	0.222	0.180	0.152	0.162	0.147	0.135	0.120	0.112
	California (US)	0.259	0.251	0.203	0.191	0.156	0.152	0.157	0.150	0.138	0.134
	Massachusetts (US)	0.433	0.397	0.320	0.277	0.264	0.247	0.242	0.210	0.206	0.186
	New York (US)	0.439	0.397	0.337	0.268	0.243	0.227	0.213	0.189	0.181	0.171

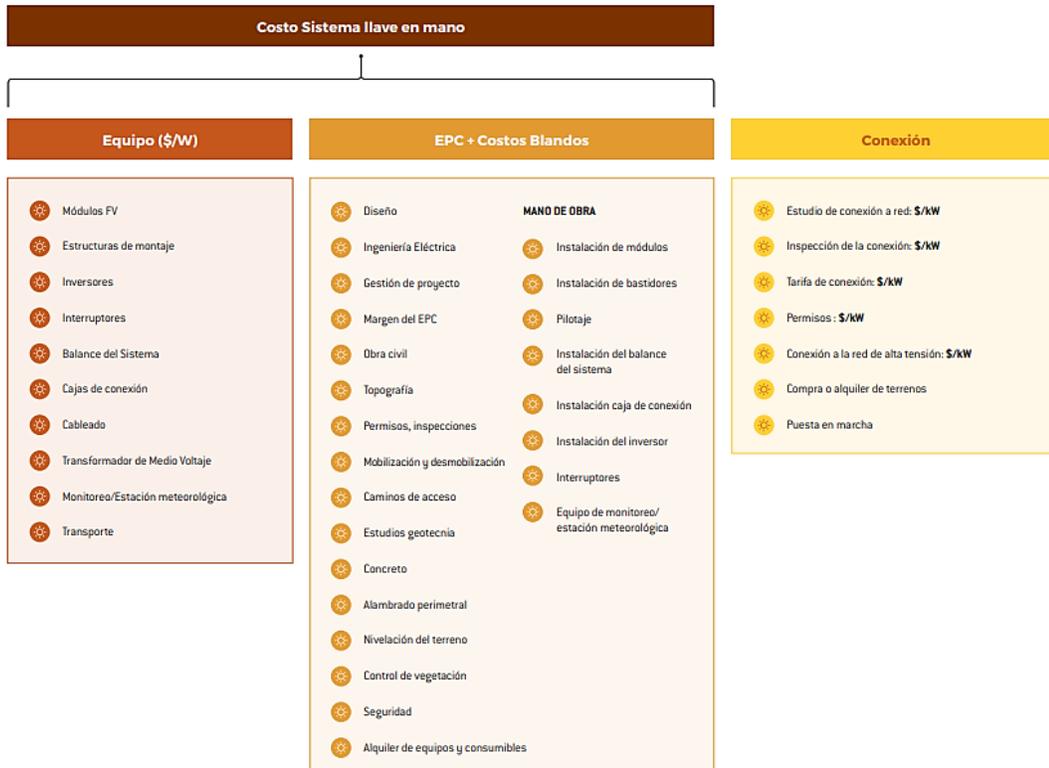
Fuente: [131]

Figura 108: Proyección 2009 a 2029 de la caída de los precios de los paneles solares por MWh



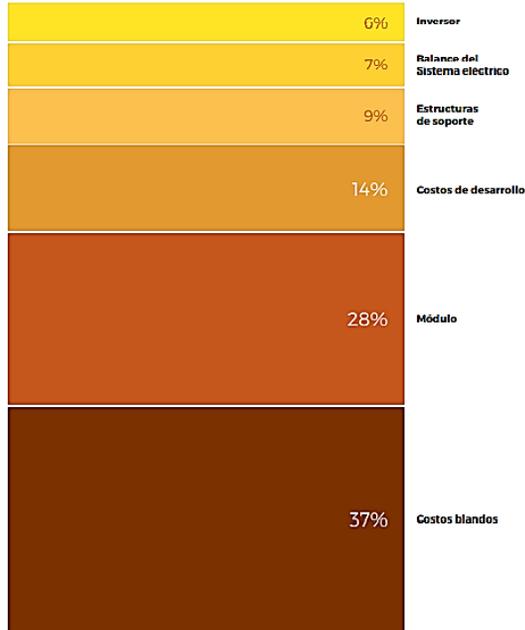
Fuente: [138]

Figura 109: Conjunto de todos los costos para la instalación de un sistema solar fotovoltaico



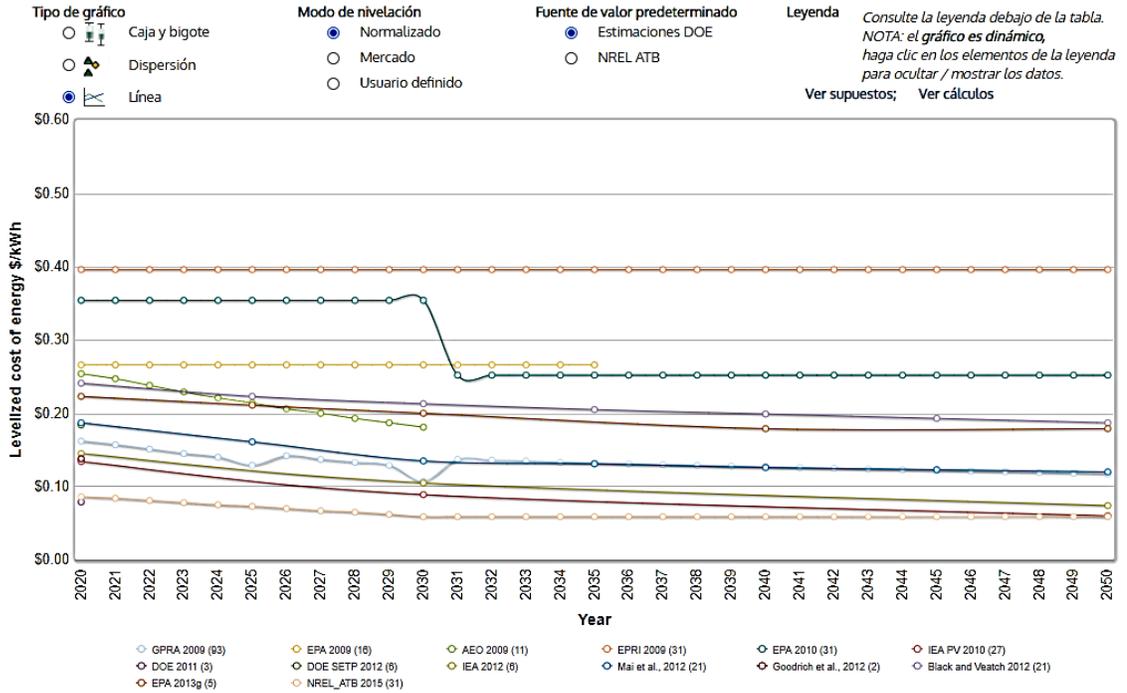
Fuente: [140]

Figura 110: Desglose de costes típicos para un sistema fotovoltaico



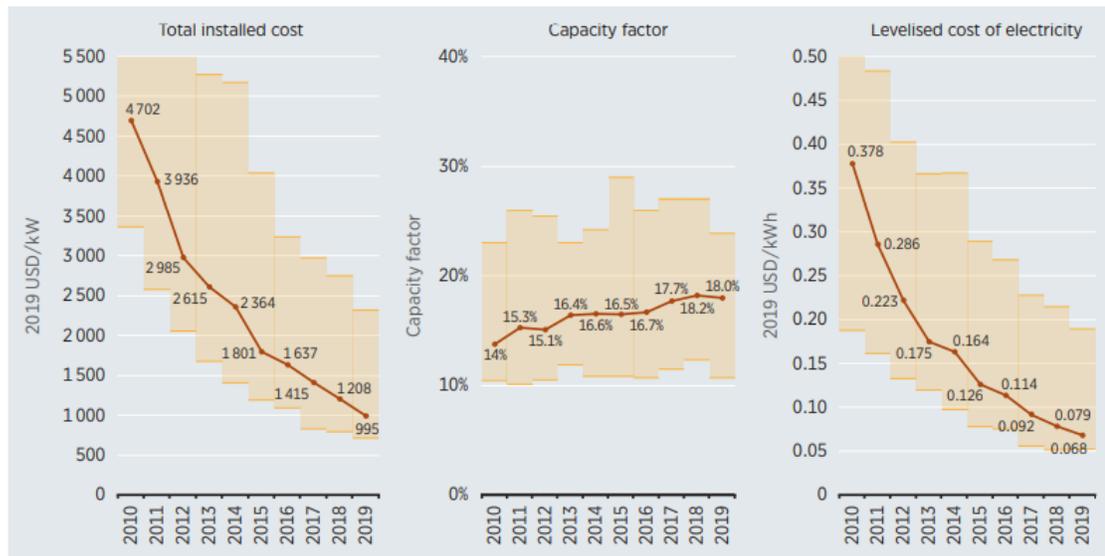
Fuente: [140]

Figura 111: Proyección 2020 a 2050 del costo nivelado de la tecnología solar fotovoltaica según diferentes datos del DOE desde el 2009 al 2015



Según cálculos del TCDB la planta con tecnología fotovoltaica tendrá un costo promedio de \$ 2673 por KW instalado en el 2025.

Figura 112: Costos promedio totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para la energía solar fotovoltaica en 2010 a 2019



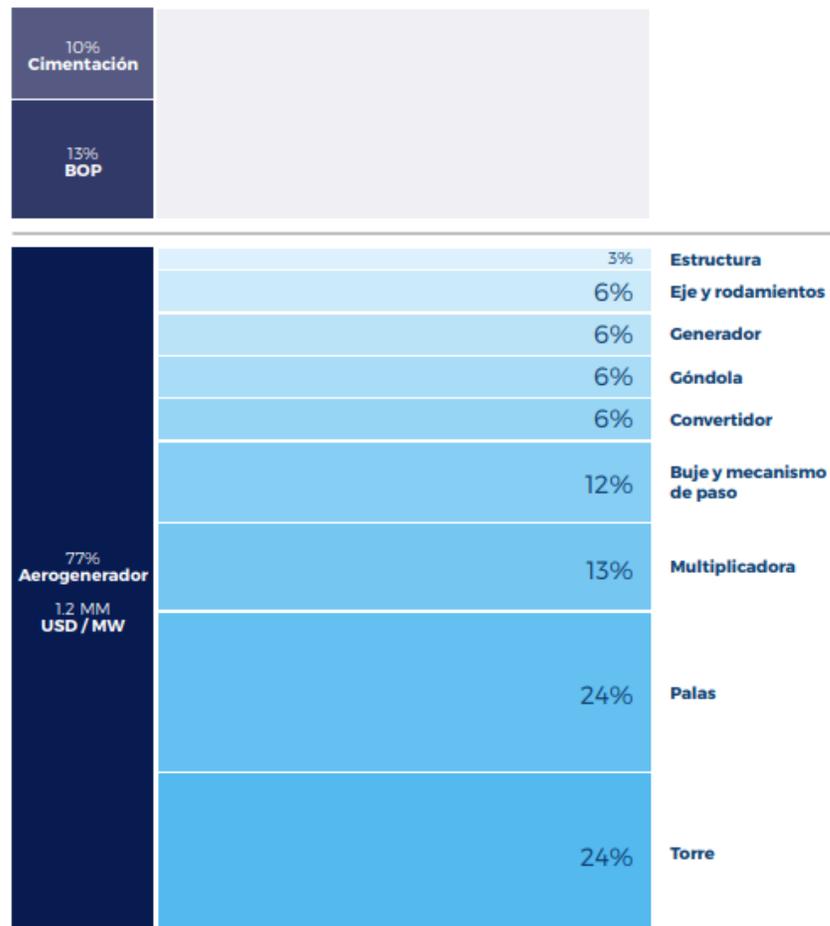
Fuente: [131]

La **figura 112** expresa que a nivel mundial el costo de instalación de la tecnología solar ha venido disminuyendo en los últimos años, pero su capacidad se ha incrementado lo que ha provocado el descenso de su LCOE.

2.20.3. Energía eólica onshore

Tendencia de los costos de generación de la tecnología eólica onshore según datos del DOE (**figura 114**) muestra una tendencia clara a la reducción de precios de este tipo de tecnología. Según cálculos del TCDB la planta de generación de energía eólica tendrá un costo promedio de \$ 1937.72 por KW instalado en el 2024.

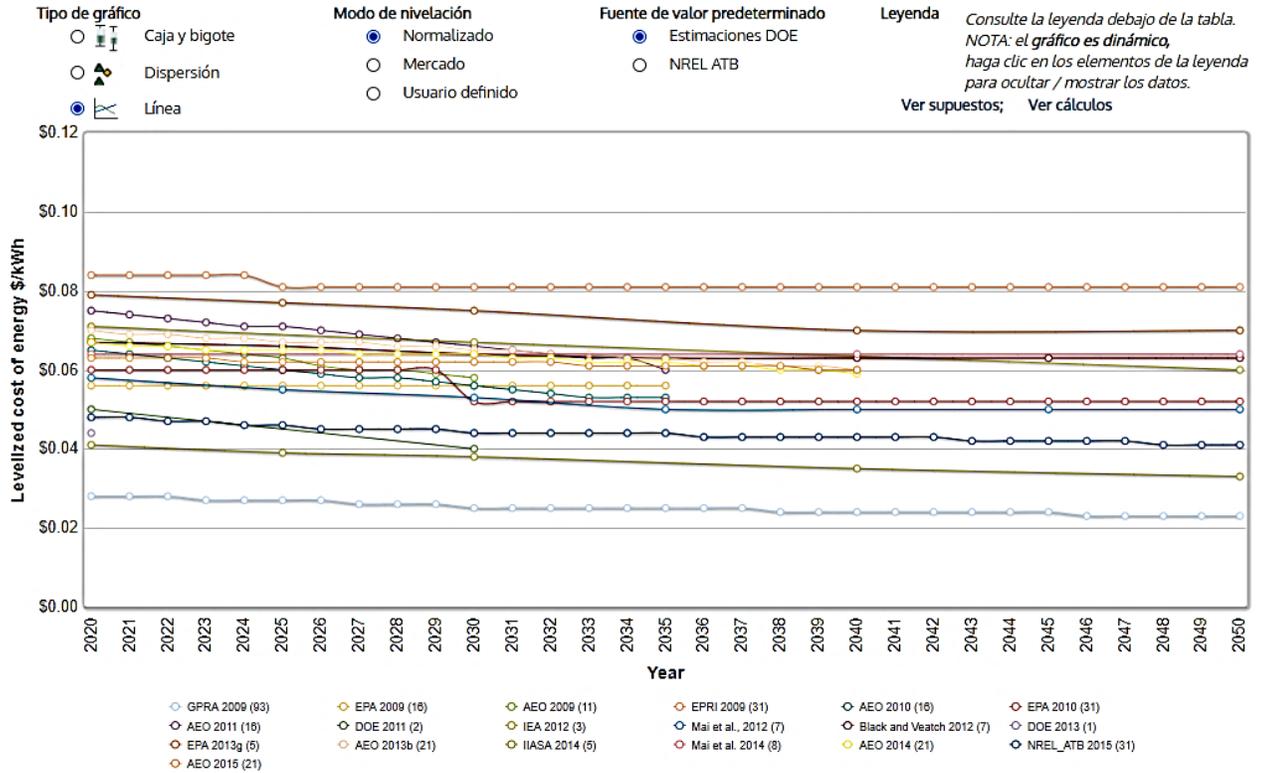
Figura 113: Desglose de costes típicos para una turbina eólica onshore de capacidades mayores a 3MW.



Fuente: [140]

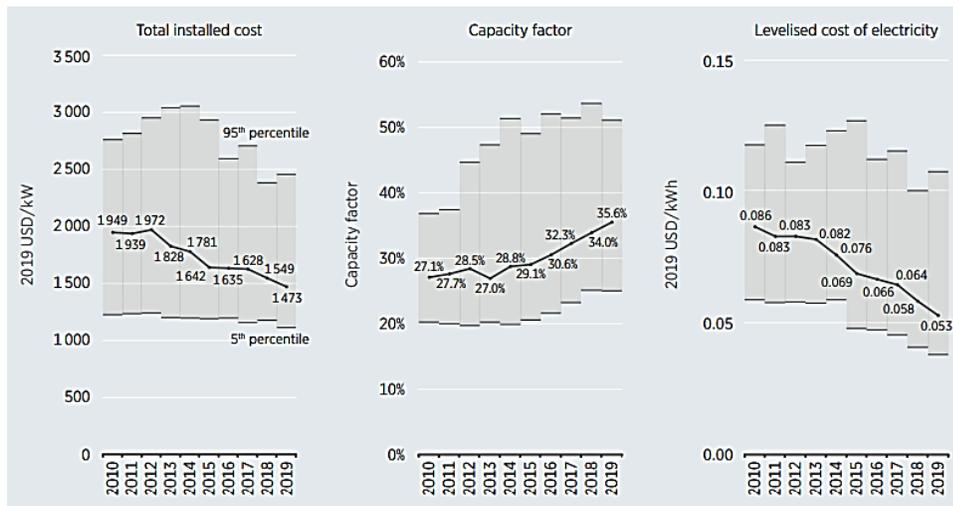
*Nota: Balance de planta (BOP) se refiere a los componentes de soporte y sistemas auxiliares necesarios para que el generador pueda funcionar, por ejemplo, los cables de conexión red nacional-generador.

Figura 114: Consto nivelado de la energía eólica onshore según base de datos del DOE del 2009 al 2015



Fuente: [135]

Figura 115: Costos promedios totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para la energía eólica onshore en 2010 a 2019



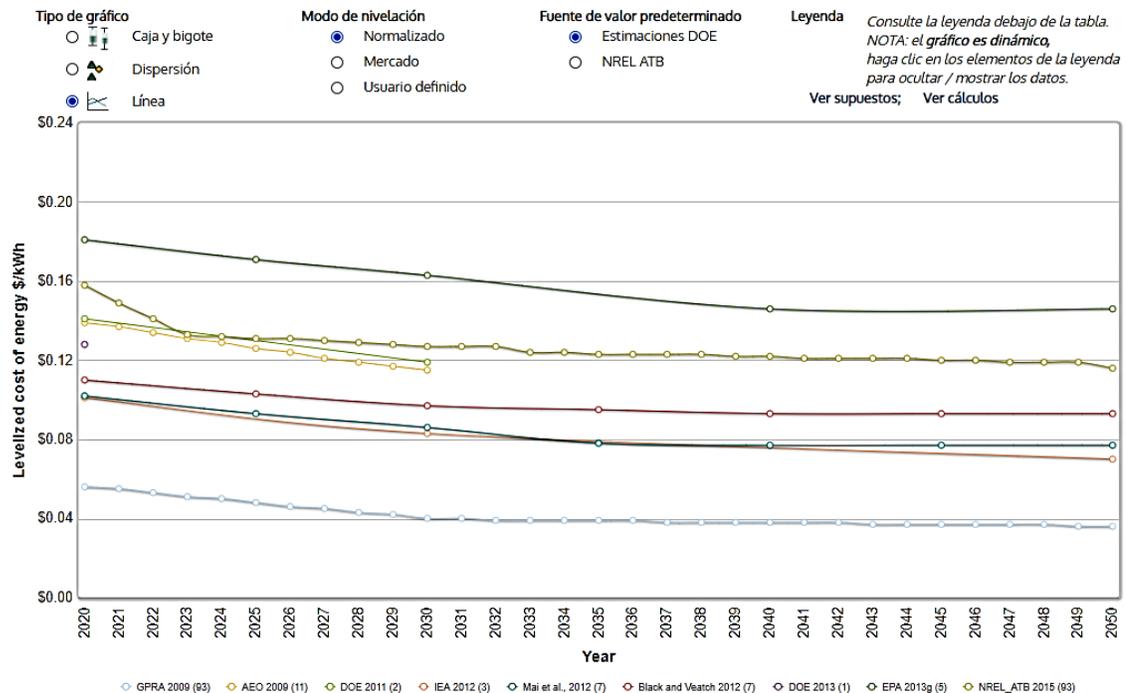
Fuente: [131]

Como se muestra en la **figura 115** los costos de esta tecnología también han venido disminuyendo y según en la figura 114 esta continuara disminuyendo. Por las mejoras tecnológicas su factor de capacidad ha incrementado y como resultado de esto un LCOE mucho más bajo, lo que lo hace más atractivo técnico y económicamente.

2.20.4. Energía Eólica Offshore

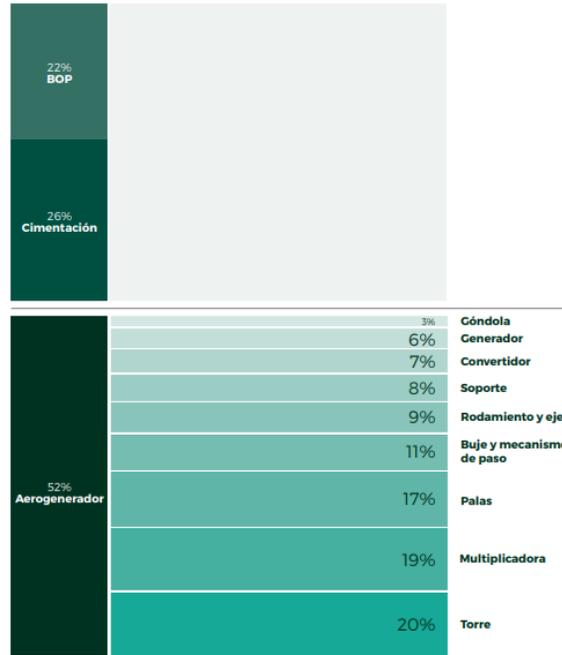
Según la **figura 116** los precios de esta tecnología en el 2050 serán más bajas, hasta incluso según datos de la publicaciones de IEA 2012 [141] estarán dentro del mismo rango de precios que las tecnologías onshore, lo cual es muy destacable ya que la generación offshore es mayor que la onshore y genera menos afectación a la fauna donde se la instala. Según cálculos del TCDB la planta de generación de energía eólica offshore tendrá un costo promedio de \$5113 por KW instalado en el 2024.

Figura 116: Consto nivelado de la energía eólica offshore según base de datos del DOE del 2009 al 2015



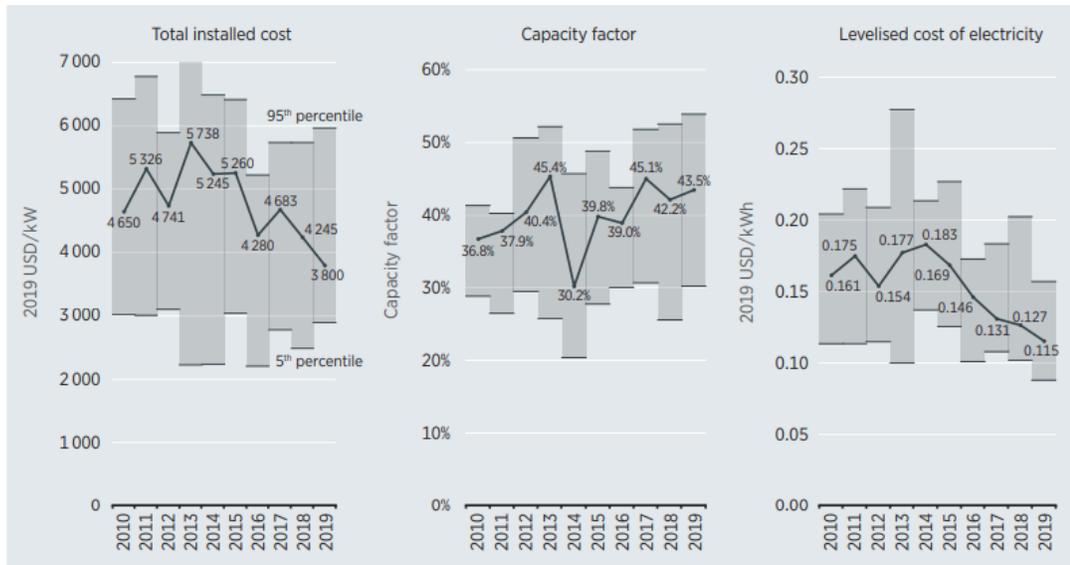
Fuente: [135]

Figura 117: Desglose de costes típicos para una turbina eólica offshore de capacidades mayores a 7MW.



Fuente: [140]

Figura 118: Costos promedios totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para la energía eólica offshore en 2010 a 2019

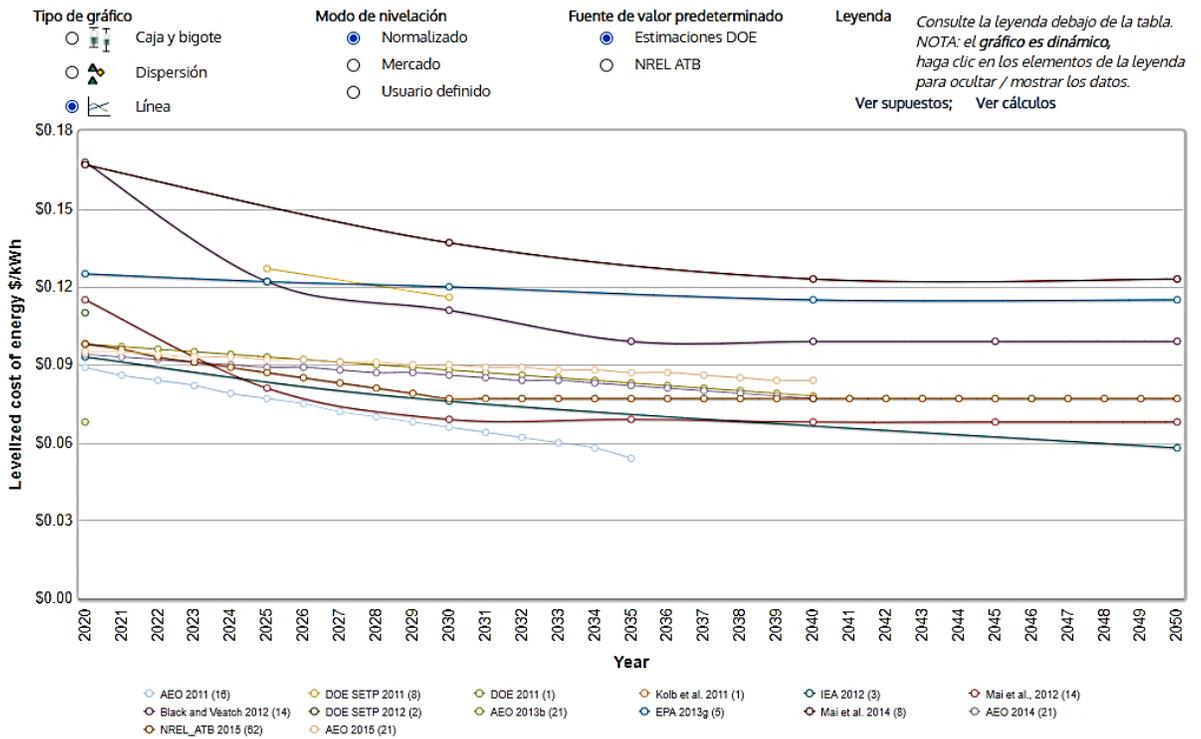


Fuente: [131]

2.20.5. Concentradores solares

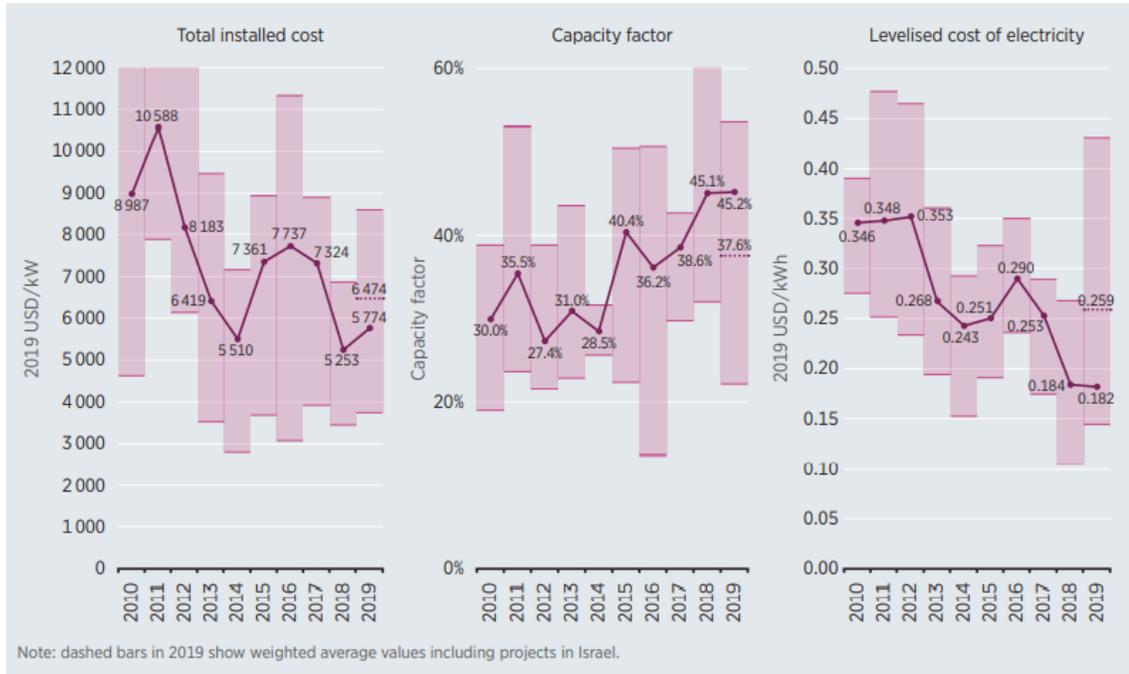
Los datos del DOE muestran que las diferentes tecnologías de los concentradores solares van a presentar en 2050 precios similares que las celdas fotovoltaicas. Según cálculos del TCDB la planta de concentración solar tendrá un costo promedio de \$4424,4 por KW instalado en el 2024.

Figura 119: Proyección 2020-2050 de los costos nivelados de los concentradores solares según dato del DOE 2011-2015



Fuente: [135]

Figura 120: Costos promedios totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para concentradores solares (CSP) en 2010 a 2019

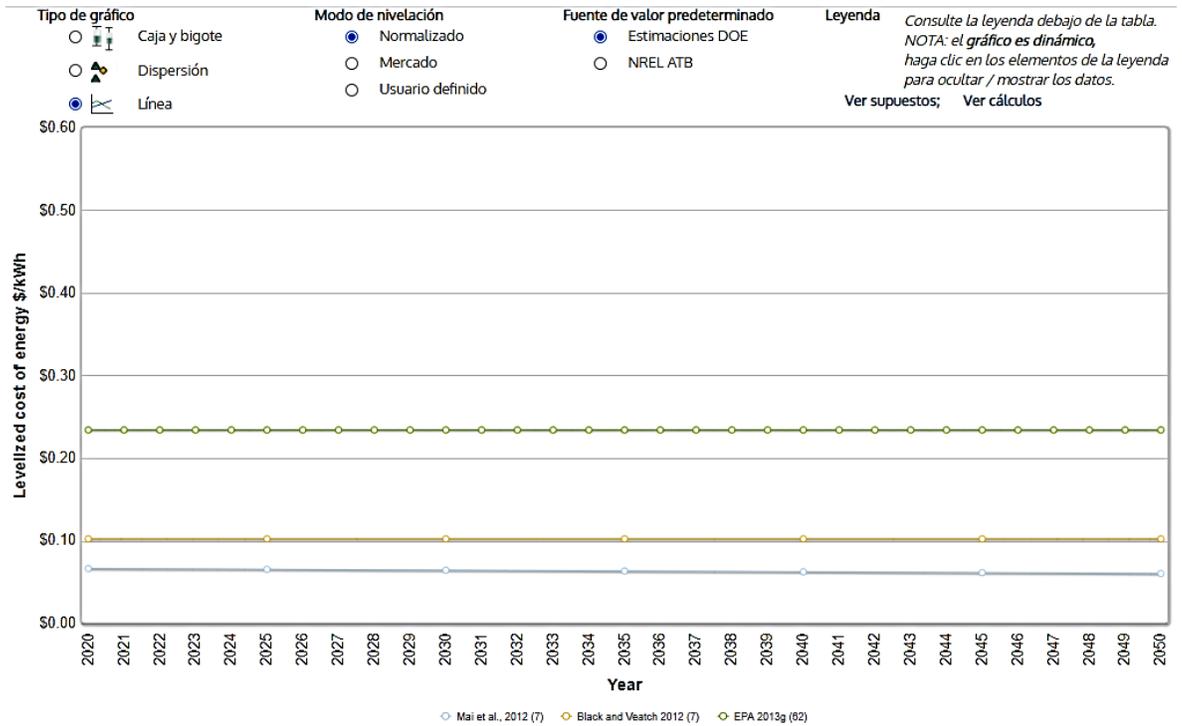


Fuente: [131]

2.20.6. Energía Geotérmica

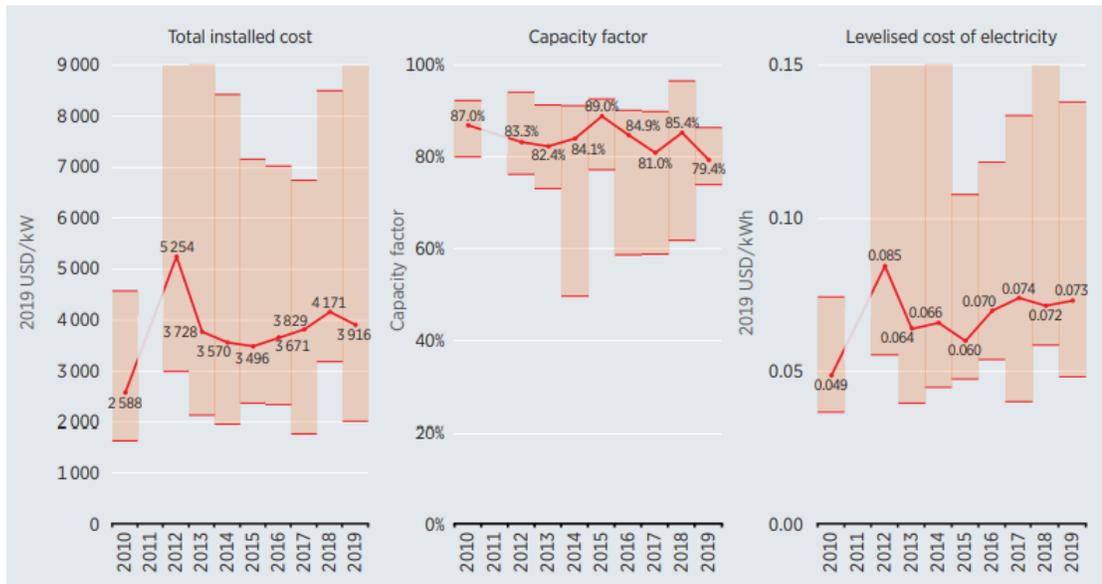
En la **figura 121** se muestra la proyección de costos de la energía geotérmica por cada KWh generado, de ella se puede apreciar que los costos esta tecnología no van a disminuir significativamente hasta el año 2050. Según cálculos del TCDB la planta geotérmica tendrá un costo promedio de \$ 5940 por KW instalado en el 2025.

Figura 121: Proyección 2020-2050 del costo nivelado de la energía geotérmica por KWh con datos del DOE del 2011 al 2015



Fuente: [135]

Figura 122: Costos promedio totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para energía geotérmica, 2010 a 2019

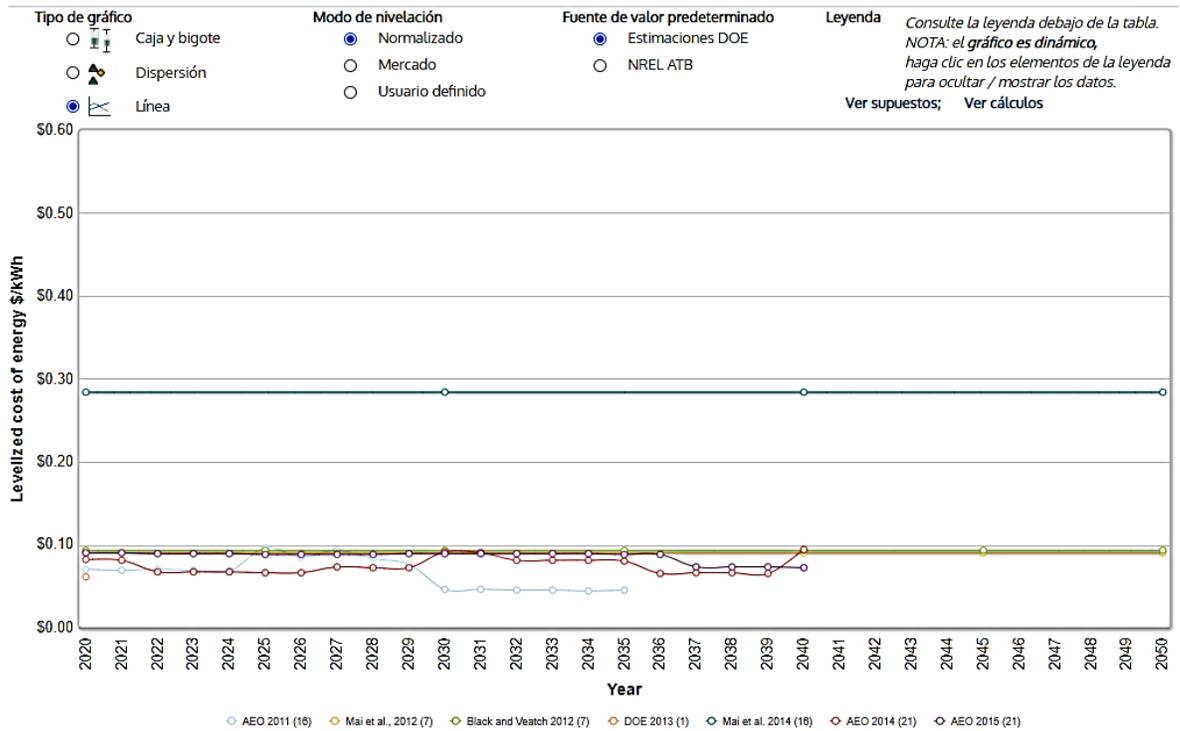


Fuente: [131]

2.20.7. Energía Hidroeléctrica

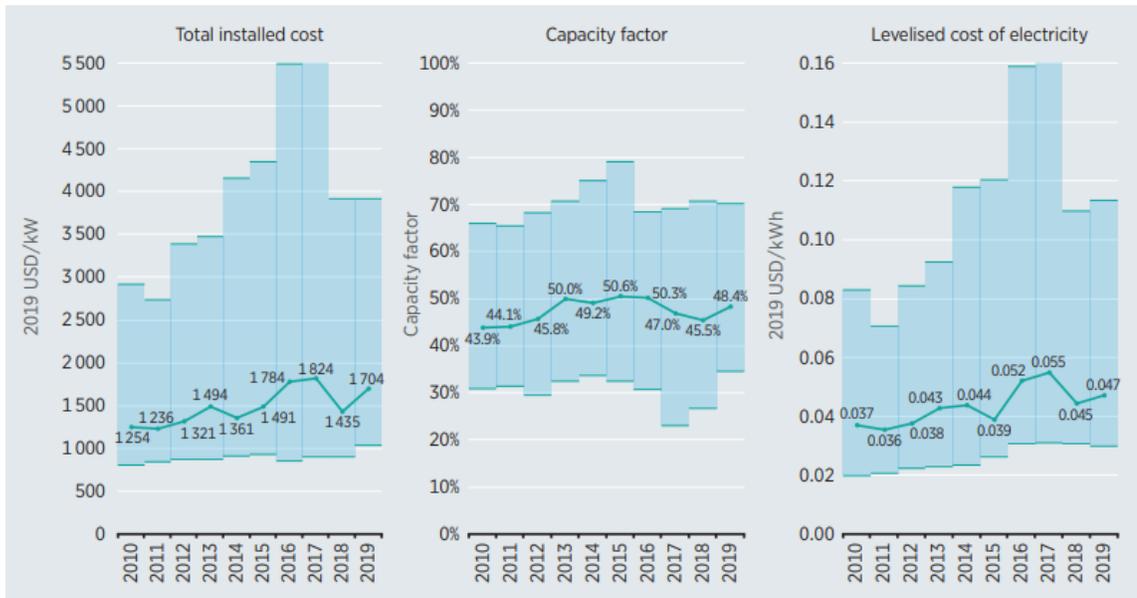
Según como se muestra en la **figura 123**, los datos del DOE muestran una tendencia lineal (para datos de las publicaciones científicas del 2012 y 2013), pero con datos del 2014 presenta una fluctuación de costos nivelados que van desde los \$0.1/KWh hasta los \$0.065/KWh. Por lo que por promedio entre todos estos datos podemos esperar una ligera reducción de costos desde el año 2020 al 2050. Según cálculos del TCDB la planta hidráulica tendrá un costo promedio de \$2862.96 por KW instalado en el 2024.

Figura 123: Proyección 2020-2050 del costo nivelado de la energía hidráulica con datos del DOE del 2011 al 2050



Fuente: [135]

Figura 124: Costos promedios totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para hidroeléctricas en 2010 a 2019



Fuente: [131]

La figura 106 muestra que la tendencia de los costos de esta tecnología de generación eléctrica se ha venido incrementando en los últimos 10 años, pero su factor de capacidad también incremento. La figura 105 muestra que la tendencia de esta tecnología desde el año 2020 al 2050 será casi invariable (existe una reducción del LCOE pero no es considerable)

2.20.8. Aerotermia

Consultando el precio de instalación en un proveedor del mercado se encontró precios de referencia como se muestra en la figura 125. Según este proveedor el valor del suelo radiante se encuentra entre los 60 a 70 euros por metro cuadrado, y se demoraría la instalación 3 días.

Figura 125: Costo total de instalación del sistema de aerotermia (incluye el costo del piso radiante)

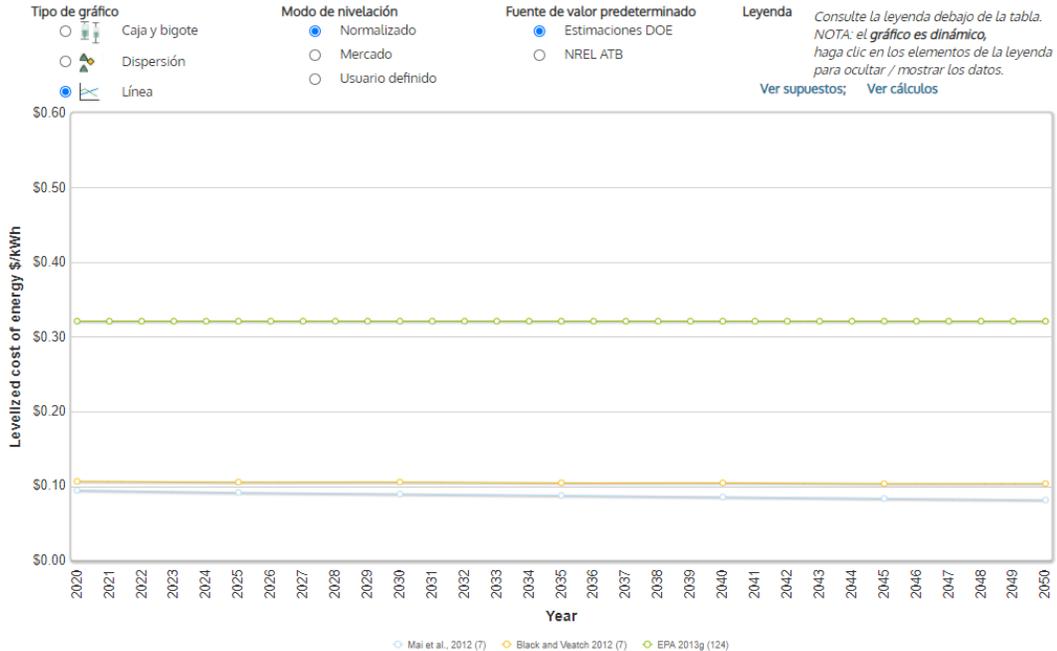
Tamaño vivienda	Potencia bomba	Precio
50 m ²	3 kW	10.200 €
70 m ²	5 kW	11.300 €
90 m ²	6 kW	12.700 €
100 m ²	7 kW	13.250 €
150 m ²	10 kW	17.700 €
170 m ²	11 kW	19.350 €
200 m ²	13 kW	22.000 €

Fuente: [124]

2.20.9. Bioenergías

La proyección de costos de las bioenergías se muestra en la **figura 126**, donde se aprecia que los costos de 2020 no disminuyen significativamente para el 2050. Según cálculos del TCDB la planta de bioenergía tendrá un costo promedio de \$3834 por KW instalado en el 2024.

Figura 126: Proyección 2020-2050 de los costes nivelados de las bioenergías según datos del DOE



Fuente: [135]

Figura 127: Costos promedio totales de instalación, factor de capacidad y LCOE para bioenergías en 2010 a 2019

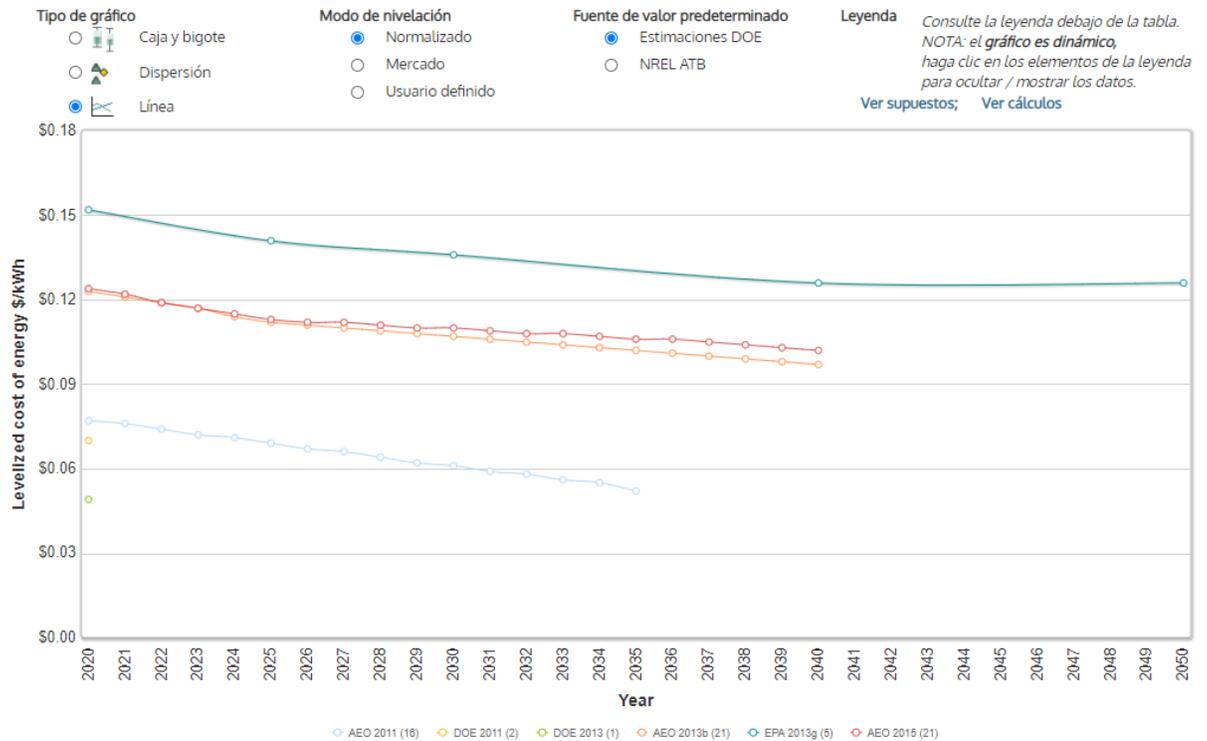


Fuente: [131]

2.20.10. Fuel Cells

Las pilas de combustible según la **figura 128** pose una tendencia de reducción de sus costos, varios estudios [84], [111], dicen que las fuel cells van a reducir su costo significativamente cerca del 2035 por lo que aún será una tecnología costosa, para el año 2035 las fuel cells tendrán un valor competitivo con las tecnologías como solar y eólicas (competitivos con los precios actuales). Según cálculos del TCDB la planta de fuel cells tendrá un costo promedio de \$4428 por KW instalado en el 2035, para el 2024 este costo se espera que sea de \$5815 por KW instalado.

Figura 128: Proyección de costo nivelado de fuel cells con datos del DOE del 2011 al 2015

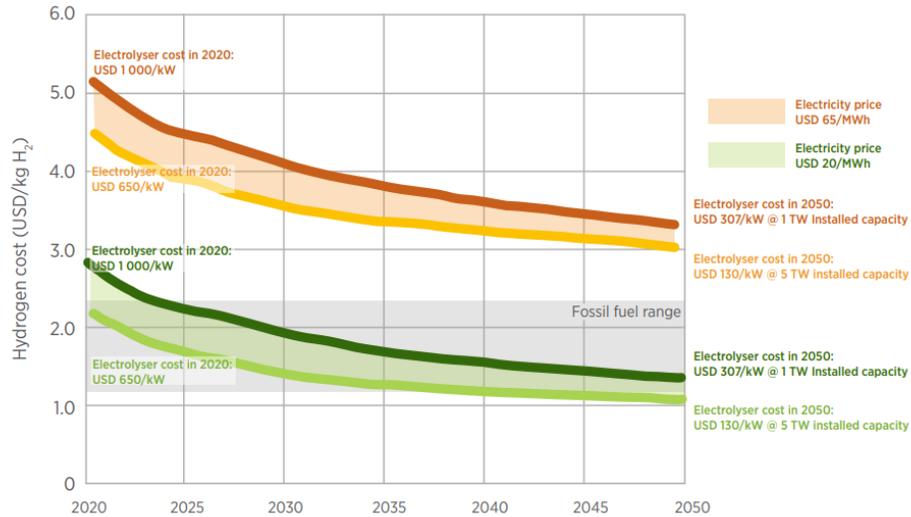


Fuente: [135]

2.20.11. Generación de hidrógeno

Estudios realizados por IRENA demuestran que la disminución del costo de generación de hidrógeno para el 2050, se estima, que será de un 80%, esto debido a factores como el aumento de vida útil, eficiencia y bajos costos de la tarifa eléctrica [84]. De todos estos factores puede decirse que el más influyente en la caída del valor de generación de hidrogeno es el costo de la electricidad, esto se evidencia en la **figura 129**.

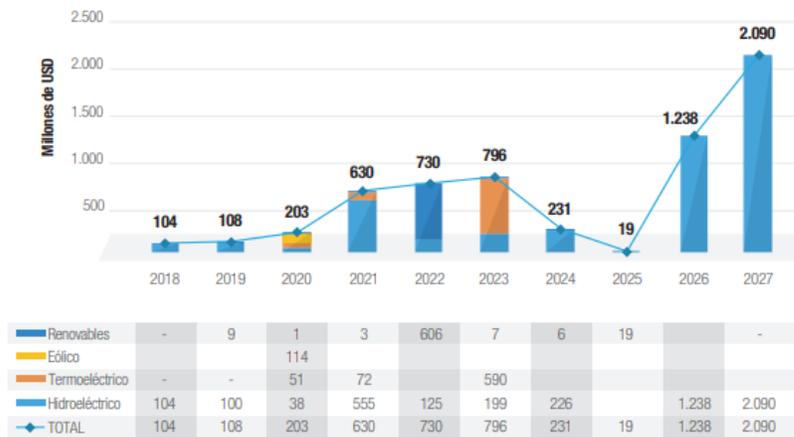
Figura 129: Costo de producción del hidrogeno dependiendo del costo de los electrolizadores y la tarifa eléctrica



Fuente: [84]

Por el momento la inversión en tecnología para la generación eléctrica se muestra en la **figura 130**, esto da a entender que el Ecuador por el momento tiene planificado a corto plazo incrementar su generación eléctrica con la instalación de plantas termoeléctricas e hidráulicas en su mayoría, lo que significa incrementar su generación de CO2 y comprometer la seguridad energética en temporadas de bajos caudales [92].

Figura 130: Capital invertido para fines de generación eléctrica según el tipo de tecnología



Fuente: [142]

Hasta el momento en este escrito se ha revisado las fuentes y potenciales que tiene el país, diferentes tecnologías para su explotación y formas de aprovecharla en el sector residencial, también se conoció en esta última parte la energía eólica y solar ya son competitivos frente a las tecnologías a base de combustibles fósiles, por su madurez, la reducción del costo de generación de electricidad y costos a nivel internacional de los dispositivos tecnológicos. Esto nos permite mirar a estas tecnologías como una opción de inversión técnico-económica rentable a corto y medianos plazo, más seguras y de “rápida” instalación, pero no solo se debe ver la parte técnico económica para insertarlo en el sector residencial sino también tomar en cuenta la percepción de los diferentes agentes sobre estos dispositivos, por los que se necesitara un método de elección multicriterio para la toma de decisiones que cumplan con las expectativas y objetivos de los diferentes agentes del Ecuador. En este escrito se utilizará el método basado en agentes, el cual será explicado más adelante.

CAPITULO III

ESCENARIOS

3. Método basado en agentes ABM (Agent Based Method)

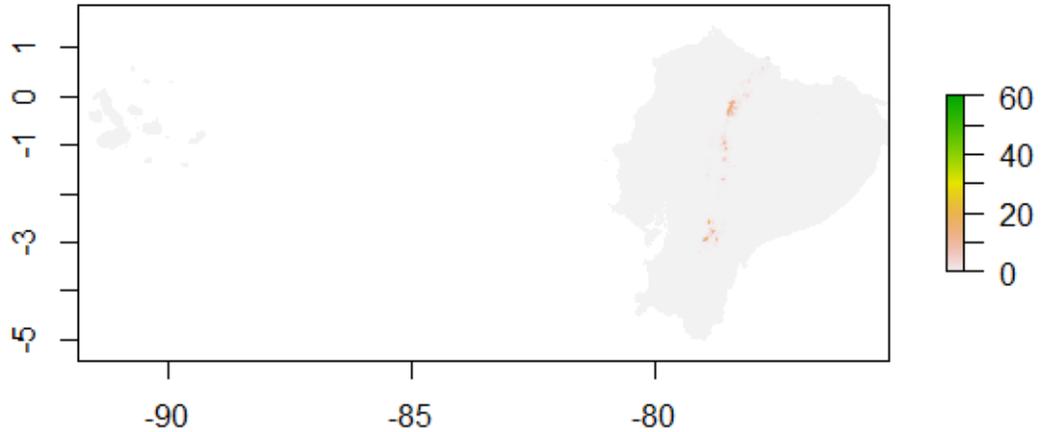
Este método aporta en la comprensión de varias consideraciones, que interactúan en circunstancias complejas donde falla la percepción, también presenta un buen enfoque para simular el comportamiento de la inversión en tecnología y se centra en el comportamiento de la inversión según determinadas marcas y sus características en función del valor del dispositivo, la calidad, la influencia social u alguna otra característica del gusto del agente. Dicho de otra forma, el AMB ayuda a comprender la dinámica de los sistemas (interacción y acción de los agentes en algún entorno), por ejemplo, biológicos o sociales u otros, que nacen de las características de los agentes que conforman el sistema.

En resumen, los ABM son creados, pensados y destinados para evitar las limitaciones de los modelos de inversión convencionales, ya que este tiene presente o mejor dicho toma en cuenta el comportamiento del consumidor hacia el cambio tecnológico mediante la consulta (en este caso por medio de una encuesta), y utilización de los objetivos de cada agente de la población para imitar el comportamiento de inversión versátil de diferentes tomadores de decisiones [143].

Con esta forma de modelar (modelo es una representación simplificada y abstracta de una realidad [144]) se buscará analizar la transición de tecnología para el sector residencial del Ecuador (calentamiento de espacios) tomando en cuenta la demanda energética, el precio de las diferentes tecnologías y a la par se tendrá presente el comportamiento del inversor, este se reflejara en los objetivos de cada uno de los agentes del país que han sido evaluados en la encuesta realizada (ver resultados en el anexo 1).

Ahora, la demanda energética de cualquier país está influenciada directamente por sus condiciones climáticas, la geografía y la densidad poblacional, por lo tanto, estos factores están ligados o afectan de cierta forma en la necesidad-utilización de calefacción o refrigeración y la generación de gases de efecto invernadero [145].

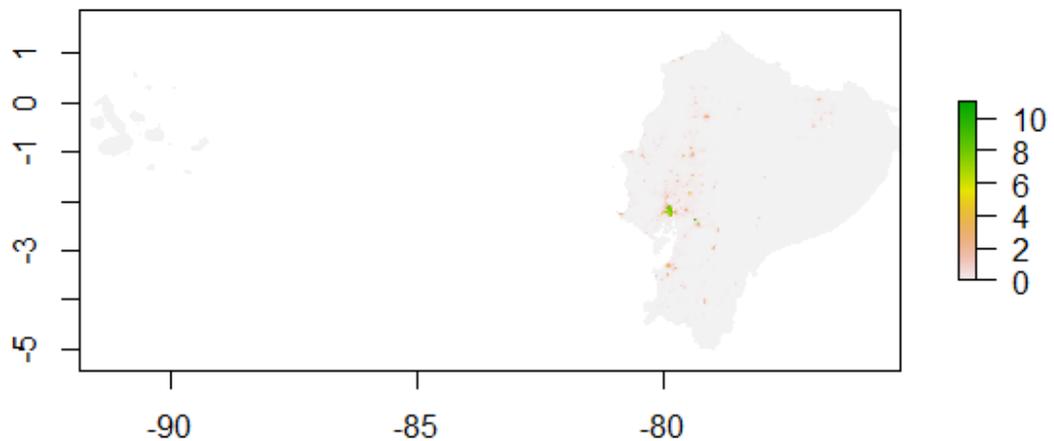
Figura 131: Densidad espacial de la demanda energética para la calefacción de ambientes en el hogar por hora al día (escala de colores en MWh)



Fuente: Elaborado en colaboración

Muestra en la **figura 131** que la mayor demanda energética para calefacción se encuentra en la región Sierra, esto debido a que las temperaturas ambientales más bajas del país se encuentran en esta región (su geografía le permite llegar a temperaturas que oscilan entre 8 y 20 °C).

Figura 132: Densidad espacial de la demanda energética para la ventilación de ambientes en el hogar por hora al día (escala de colores en MWh)

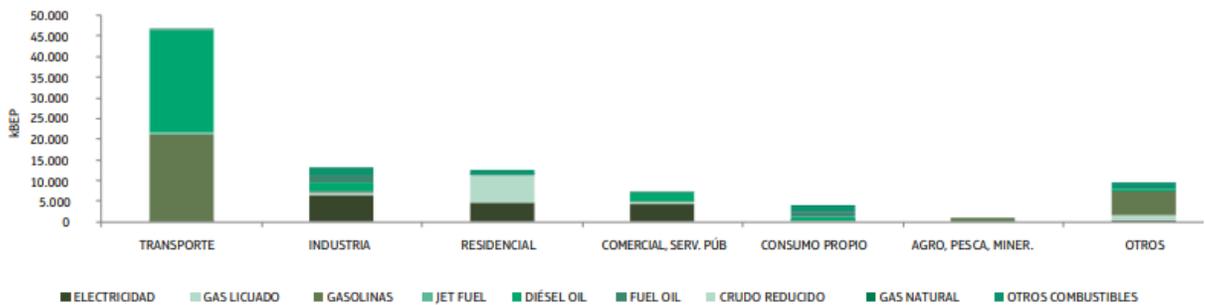


Fuente: Elaborado en colaboración

La **figura 132** muestra un panorama diferente que el de la **figura 131**, aquí se muestra que la demanda de energía para la ventilación de espacios del hogar se encuentra en su mayoría en la región Costa, debido a las temperaturas que oscilan entre los 24 y 35°C.

3.1. Contexto del consumo energético del sector residencial ecuatoriano

Figura 133: Consumo energético de los diferentes sectores y por su fuente



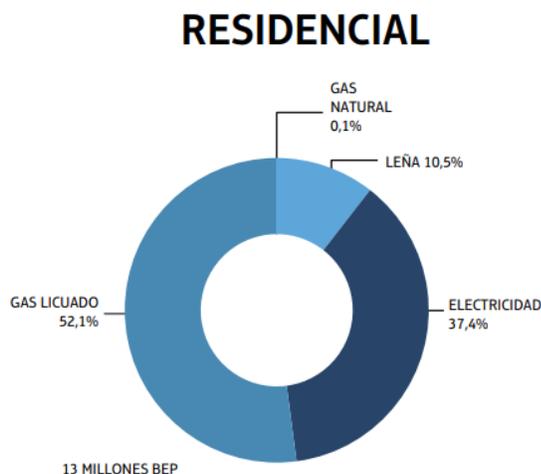
Fuente: [146]

La **figura 133** muestra que el sector residencial es el 3er sector que mayor demanda tiene en el país, el cual en su mayoría consume gas licuado, seguido de energía eléctrica y por último otros combustibles (ver figura 134). Por lo general estos tipos de energéticos tienen usos en este sector en actividades como:

- Calentamiento de agua o para la cocción de alimentos
- Climatización de ambientes
- Energizante de dispositivos eléctricos

Cada uno de estos usos tiene determinado consumo energético y de su respectiva fuente, en la **figura 134** se muestra el consumo energético residencial ecuatoriano según el tipo de energía que emplea el sector.

Figura 134: Consumo de energía de sector residencial ecuatoriano según su fuente



Fuente: [147]

Figura 135: Consumo energético (en KBEP) del sector residencial ecuatoriano por su tipo de energía, 2009-2020

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Var. (%) 2020/ 2019	Var. (%) promedio anual 2010/2020
GAS NATURAL	-	-	-	-	-	2	3	3	4	4	3	-7,6	-
LEÑA	1.956	1.914	1.804	1.719	1.695	1.534	1.486	1.442	1.392	1.331	1.264	-5,0	-4,3
TOTAL PRIMARIAS	1.956	1.914	1.804	1.719	1.695	1.536	1.490	1.446	1.396	1.335	1.267	-5,1	-4,2
ELECTRICIDAD	3.169	3.315	3.488	3.644	3.943	4.292	4.402	4.522	4.585	4.744	4.996	5,3	4,7
GAS LICUADO	5.476	5.681	5.878	6.078	6.287	6.294	6.191	6.207	6.405	6.608	6.740	2,0	2,1
JET FUEL	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL SECUNDARIAS	8.646	8.997	9.366	9.723	10.230	10.587	10.593	10.728	10.990	11.351	11.736	3,4	3,1
TOTAL	10.602	10.912	11.170	11.442	11.925	12.123	12.083	12.174	12.386	12.686	13.003	2,5	2,1

Fuente: [146]

De la **figura 135** se puede destacar que la demanda energética del sector residencial va creciendo un 2.1% por año, la energía eléctrica es el tipo de energético que más se consume e incrementa anualmente (un 4.7% como promedio, anualmente), también se

observa que el consumo energético de leña va disminuyendo en un 5.1% por año y además es cerca de 2/8 de la energía eléctrica consumida anualmente.

Para conseguir solventar la demanda del sector residencial y al mismo tiempo remplazar la tecnología se tiene que identificar un dispositivo (mediante el modelo) que presente la misma funcionalidad o sea un sustituto, que sea “amigable” con el medio ambiente y cumpla los objetivos de cada agente. Por eso se creó la tabla 5, para dar a los agentes una opción diversa de tecnologías ecológicas para el consumo de energía y tecnologías de suministro de energía residencial.

La tabla 5 también fue creada con la idea de que el sector residencial ecuatoriano no sea solo consumidor de energía, si no también generador de su propia energía, debido a que se ha mostrado que existen recursos solares, eólicos, geotérmicos y de biomasa suficientes como para que hasta el sector residencial se convierta en un pequeño generador, solo hace falta inversión de cada agente para remplazar la tecnología. Si se invirtiera en tecnología para que el sector residencial se convierta en generador de su propia energía, esto daría inicio también a una nueva red de distribución de energía, muy diferente a la red nacional [148].

La tabla 5 es parte clave del modelo de selección de tecnología de calefacción, a través del él se crea el espacio de búsqueda de cada agente

Tabla 5: Resumen de tecnologías que pueden ser utilizadas en el sector residencial

Fuente de Energía	Tecnología-dispositivo	Utilidad destacada en el sector residencial	Calentamiento de	Ventilación de espacios	Calentamiento de agua	Temperatura de trabajo	Rango Power/ Energía	Emissiones de CO2	Costo promedio de generación	Coste aproximado (USD)	Costo de Funcionamiento anual	Costo de mantenimiento	Eficiencia del Sistema	Garantía de fábrica	Años de vida aproximado	Tipo de tecnología	Madurez de tecnología	Tipo de Energético que puede reemplazar	Referencias
Solar	Paneles fotovoltaicos	Generación eléctrica (usos: energía equipos ventilación)	no	si	no	-40 +85° C	5W- 10KW	0	0.25 \$/KWh	\$100- \$2500	Bajo	Bajo	15- 20%	10- 12	12- 30	nueva	Alta	Eléctrica	[149] [150] [151] [152] [153] [154] [155] [156] [157]
	Colectores solares	Calentamiento de agua	no	no	si	-30 +60 °C	1.2W- 5MW	0	0.045 \$/kWh	\$100 - 3000	Bajo	Bajo	20- 58%	5	15- 20	nueva	Alta	Gas Eléctrica	[155] [158] [159] [160] [161] [162] [163] [164] [35]
Biomasa	Digestor	Generación de gas (usos: calentamiento espacios o agua)	si	no	si	+10 +60 °C	2.2kW	Neutro	\$0,03 - \$0,14/kWh	\$480- \$3000	Bajo	Medio	88- 94%	8- 10	20	nueva	Alta	Gas	[165] [166] [167] [168] [169]

	Gasificador	Generación de gas (usos: calentamiento espacios o agua y generación eléctrica)	si	no	si	-	4kW-1MW	Neutro	-	\$500-\$1000	Bajo	Medio	72%	1	15	nueva	Alta	Gas	[170] [50] [171]
Eólica	Aerogenerador de eje horizontal	Generación de electricidad(usos: energía para ventilación)	no	si	no	-20 +50 °C	0.5-2500kW	11 g/kWh	0.06 \$/KWh	\$798 - 10899	Bajo	Bajo	59%	3	20	Nueva	Alto	Electricidad	[172] [67] [173] [174] [175] [176]
	Aerogenerador de eje Vertical	Generación de electricidad (usos: energía ventilación)	no	si	no	-80 +80 °C	5-500KW	11 g/kWh	0.06 \$/KWh	\$2800 - \$3200	Bajo	Bajo	61%	3	20	Nueva	Alto	Electricidad	[177] [67] [176]
Geotérmica	Suelo radiante	Calentamiento de espacios	Si	si	Si	15-35°C	10KW	0	-	900-5500	Bajo	Medio	65%	5	20	modernizado	Alto	Electricidad	[83] [178] [179]
Solar	Suelo radiante	Climatización de espacios	si	no	si	15-35°C	80W/m ² (3.2kW)	0	-	700	Bajo	Bajo	45%	5	25	modernizado	Alto	Electricidad	[180]

Electricidad	Suelo radiante	Calentamiento de espacios	si	no	no	5-30 °C	130 W/m ² (5,2kw)	-	10 \$/m ²	500-2000	Alto	Bajo	90%	5	25	Modernizado	Alto	Electricidad	[181] [182] [183]
Solar-eléctrica	Aeroterminia	Climatización de espacios	si	si	si	15-35°C	3-13KW	71g CO2/kWh	135 \$/m ²	15000	Bajo	Medio	48%	2	15	Nueva	Alto	Eléctrica Gas	
Electricidad	electrolizadores	Generación de hidrógeno(usos: calentamiento de espacios o agua)	si	si	si	5-40°C	2-2343 KW	0	9,61 \$/Kg	900-1500	Bajo	Medio	72%	1	7-10	nueva	Medi a	Gas	[184]
Hidrogeno	Fuel Cell	Generación de electricidad (usos: energía para equipos ventilación)	no	si	No	5-30°C	330 W/cm ²	0	4,5 \$/kg H2	500-18000	Alto	Medio	36%	1	7	Nueva	Baja	Electricidad	[185] [186]
Biogas	Fuel Cell	usos: Generación energía para equipos de ventilación	no	si	no	15-30°C	100 - 3700 kWh	0	2000 \$/kW	15000	Alto	Medio	32%	1	7	Nueva	Baja	Gas	[186] [187] [186] [188]
Biocombustible (etanol)	Fuell Cell	usos: Generación energía para equipos ventilación	no	si	no	15-30°C	12-15Kw	70 gCO2e/MJ	-	500-18000	Alta	Medio	30%	1	7	Nueva	Baja	Electricidad	[189] [185]

Solar-biomasa	Sistema híbrido solar-biomasa reversible	Climatización de espacios	si	si	Si	5-40°	100KW	-	-	15000	Alto	Medio	56%	1	15	Nueva	Medio	Electricidad Gas	
Electricidad	Power to Gas	Generación de gas sintético (usos: calentamiento de agua o espacios)	si	no	si	15-30°C	10-800KW	0	-	3000-9000	Alto	Medio	49%	1	8	nueva	Medio	Gas	
Electricidad	Celdas termoeléctricas	Climatización de espacios	si	si	no	-55C +83C	1kw	0	-	200-400	Bajo	Bajo	65%	5	20	nueva	Alto	Electricidad	[190] [191] [192] [193]
Biogás	Quemador	Quemador doméstico (usos en chimeneas de gas o cocinas)	si	no	si	15-35°C	2.2kWh/ m3 biogás	Neutro	-	15-25	Bajo	Bajo	57%	1	2	Modernizado	Alto	Gas	[194] [195]
Biomasa	Calefacción centralizada	Climatización de ambientes y agua	si	si	si	-10 +180 °C	12kW	Neutro	-	3000	Bajo	Medio	60%	1	8	Modernizada	Alta	Gas	[20]

Como es conocido no existe un dispositivo o tecnología “mejor” que otra, solo existe tecnología que cumple o se adecua a una tarea específica y la realiza mejor que otras, cumpliendo con esto, los objetivos de algún agente.

Ahora en la tabla 5 se muestra una lista de varias tecnologías que pueden ser utilizadas en el sector residencial, la selección de esta se realizara por medio del ABM, la que tomara en cuenta las características técnicas, ecológicas y los objetivos de los agentes. Para conseguir modelar el comportamiento de inversión o compra de cada agente de la población, hay en encontrar y definir los atributos que poseen. Los atributos que los agentes deben poseer según [143], [196] son:

Objetivos. – Muestra los criterios de decisión de los agentes para la inversión. Combina los datos económicos, ecológicos con aspectos subjetivos del agente.

Regla de búsqueda. - Dirige al lugar de búsqueda de cada agente donde se encuentran todas las tecnologías disponibles dependiendo de determinada motivación que el agente posea.

Estrategia de decisión. – Existen dos tipos: uno y varios objetivos. Esta ordena y clasifica según el objetivo del agente.

Tipo, nuevo o modernizado. – Existen dos tipos de agente: nuevo o modernizado. Los agentes nuevos poseen un enlace con los de tipo moderno para transferir su stock al moderno y así actualizar el activo.

Presupuesto. - El máximo capital que el agente puede destinar para la adquisición de nueva tecnología.

Madurez. – Indica la cuota del mercado que una tecnología debe tener antes de que aparezca en el lugar de búsqueda del agente.

Stock de tecnología. - Capacidad disponible de tecnología del año base.

Tecnología propia. –Porcentaje de tecnología que posee un agente en el año base.

Porcentaje de la población de agentes. - Numero de encuestados

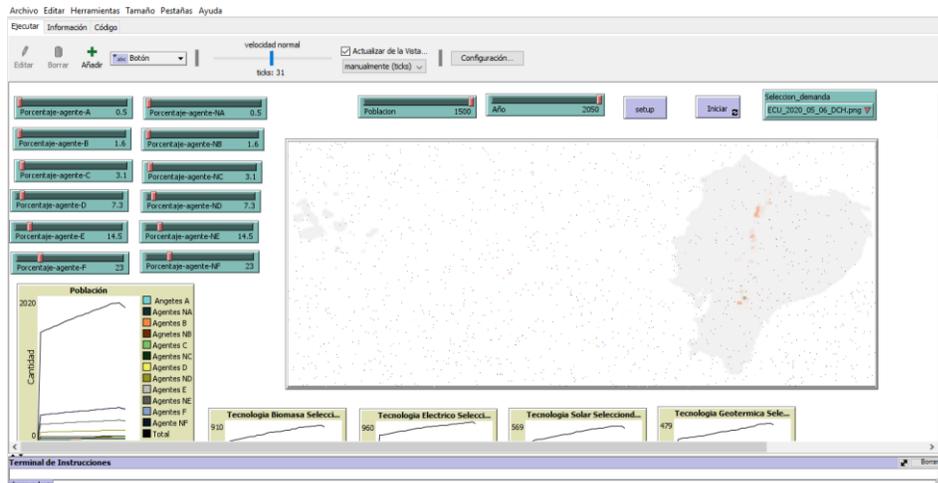
Estos atributos mencionados han sido identificados para cada agente (ver anexo 2) los cuales serán introducidos al modelo.

3.2. Modelo de “Selección de Tecnología”

Modelo	Representación de agentes del sector residencial	Ingeniería, tecnología y detalles del proceso
Selección de Tecnología	Ha sido calibrado el grupo de agentes Ecuatorianos para que puedan seleccionar la tecnología que cumpla sus objetivos	Se inicia la selección a partir de la tabla 5, esta tabla será filtrada, obteniendo el espacio de búsqueda de tecnologías de cada agente según sus objetivos y regla de decisión y con ello serán configurados los espacios de búsqueda de cada agente. Con esto, según el número de población, el capital disponible y la necesidad de modernización de cada agente se obtendrá: que y cuantos dispositivos se adquirirían en el periodo 2020 - 2050 por lo que, por las características de cada dispositivo se podrá proyectar como cambiara el consumo, entrega de energía y cambio de emisiones de CO2 en el sector residencial

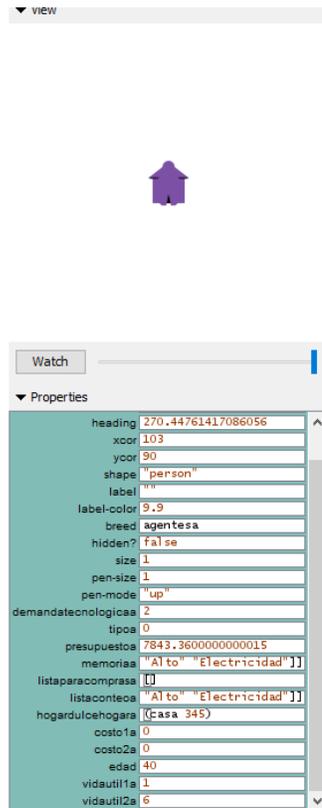
Este modelo creado en el programa Netlogo versión 6.2, se trata de un mundo bidimensional donde habitan los “agentes del Ecuador” (agentes que fueron creados con atributos de los ecuatorianos encuestados, ver anexo 1 y 2), cada uno de ellos tiene un porcentaje de población-participación en el mundo, además cada uno posee sus atributos y tecnologías que necesita para satisfacer su demanda tecnológica (de calefacción) y al inicio de su existencia poseen tecnologías convencionales (a base de electricidad o GLP o leña). La densidad energética del sector residencial (para calefacción) es ingresada a el modelo en forma de imagen. Cada agente posee una demanda de tecnologías y buscara esa misma cantidad de tecnologías para lograr estar actualizado (cuando termine su lista de compras). El modelo muestra un escenario en donde al Ecuador “llegaron” las tecnologías de la tabla 5 y donde los agentes consumidores de energía para calefacción del Ecuador buscan cambiar las tecnologías que poseen y seleccionar alguna tecnología de la tabla 5 (que las cuales son todas de bajas o nulas emisiones). Este modelo lleva la finalidad de detectar la intención de actualización de cada agente (revelar que tecnología es de su agrado) para posteriormente ingresar al proceso de actualización (revela si comprar y sino posee el presupuesto suficiente solo ahorra hasta poder realizar la compra), los resultados que arroja el modelo son graficas del incremento poblacional de cada tipo de agente, la cantidad de agentes que se actualizaron en determinado año, y graficas de intención de actualización (tecnología que desearían comprar) y una lista de datos de la cantidad y el tipo de tecnología comprada por cada agente cada año.

Figura 136: Panel principal del modelo de selección de tecnología de calefacción para el sector residencial ecuatoriano



Fuente: Autor

Figura 137: Panel de detalle de los agentes del modelo



Fuente: Autor

En el modelo realizado inicialmente se configuro a cada agente según datos del anexo 2 (los detalles de las propiedades que tienen los agentes se muestra en la figura 137), para posterior a esto crear varias acciones a cada uno de ellos (acciones para cambiar de tecnología), estas acciones inician con la búsqueda de un hogar, cuando un agente encuentra un hogar se aloja en ella y piensa en sus necesidades energéticas, revisa su demanda de tecnología y selecciona esa misma cantidad de tecnologías de su espacio de búsqueda (es creado tomando en cuenta los objetivos del agente), cuando el agente sabe que desea comprar, inicia el proceso de compra, se revisa el precio del equipo y si su presupuesto es suficiente lo adquiere, caso contrario ahorra los años que sean necesarios hasta adquirirlo. Cada vez que un agente compra una tecnología inicia la vida útil del mismo y cuando se termina está el agente nuevamente tiene la necesidad de adquirir. Además, cada agente posee una edad y una esperanza de vida, el modelo toma en cuenta que mientras pasan los años el agente envejece y si sobrepasa su esperanza de vida fallece, y el número de consumidores de energía de calefacción también crece conforme pasan los años (los datos para configurarlos fueron tomados del INEC).

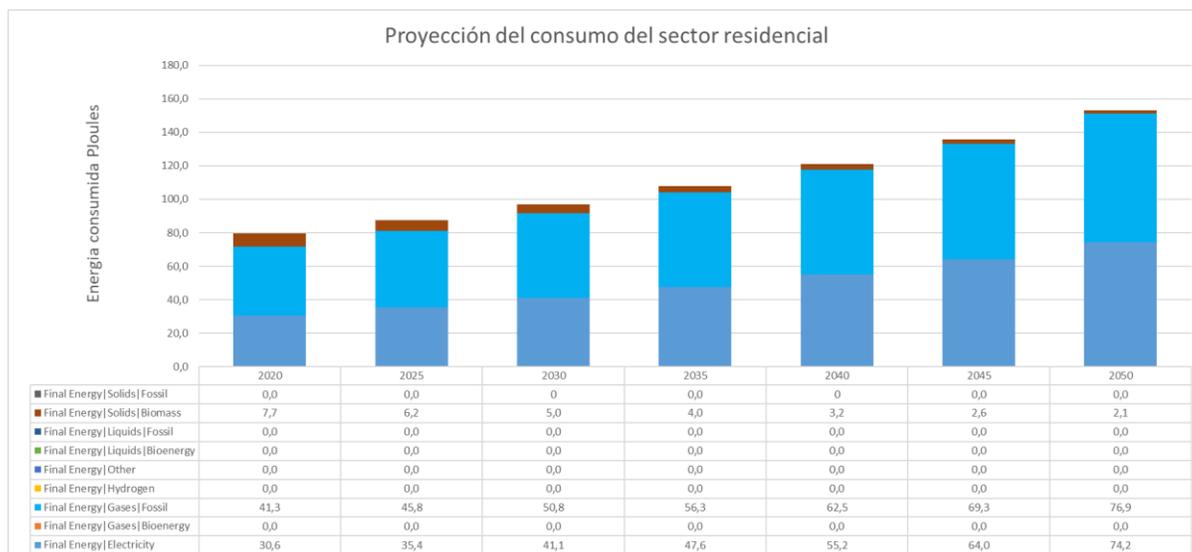
Sin considerar la actualización de tecnología en el país la proyección del consumo de energía se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Proyección del consumo de energía del sector residencial Ecuatoriano

Año	2020	2020	2025	2025	2030	2030	2035	2035	2040	2040	2045	2045	2050	2050
		0		5		0		5		0				0
Unidad	KBE P	PJ	KBE P	PJ	KBE P	PJ								
Final Energy Electricity	4996, 0	30, 6	5791 ,7	35, 4	6714, 2	41, 1	7783, 6	47, 6	9023, 3	55, 2	1046 0,5	64,0	1212 6,6	74, 2

Final Energy Gases Bioenergy	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Final Energy Gases Fossil	6743,0	41,3	7480,1	45,8	8298,3	50,8	9206,4	56,3	10214,1	62,5	11332,3	69,3	12573,1	76,9
Final Energy Hydrogen	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Final Energy Other	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Final Energy Liquids Bioenergy	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Final Energy Liquids Fossil	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Final Energy Solids Biomass	1264,0	7,7	1014,6	6,2	814,5	5,0	653,8	4,0	524,8	3,2	421,3	2,6	338,1	2,1
Final Energy Solids Fossil	0,0	0,0	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0,0
Total	13003,0	79,6		87,4	15826,9	96,8	17643,8	107,9	19762,2	120,9	22214,1	135,9	25037,8	153,2

Figura 138: Proyección del consumo energético residencial ecuatoriano



Fuente: Autor

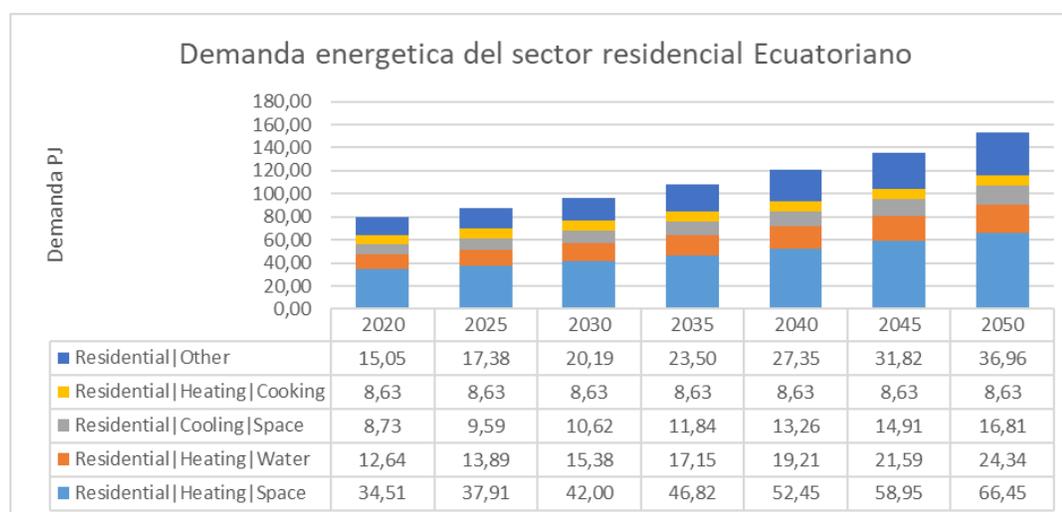
*Nota: la figura 138 es la gráfica correspondiente a la tabla 6

La tabla 6 fue creada a partir de datos de la **figura 135** con su variación porcentual promedio (datos del ministerio de energía y recursos naturales no renovables) esta tabla expresa el tipo de energía que el sector residencial utiliza y se seguirá utilizando (por el tipo de tecnología que poseen los agentes y no será remplazada, en este escenario). La tabla muestra un crecimiento del consumo de energía eléctrica y energía de los gases fósiles (GLP), mientras que la energía solida de biomasa se reduce (el uso de leña). Esto nos dice que no participara el potencial de los demás recursos que posee el Ecuador en el sector residencial y al que tiene acceso este sector, como por ejemplo los recursos solidos de biomasa, residuos agrícolas, forestales, urbanos, etc. que pueden contribuir para reducir el consumo de energía de la red nacional de electricidad (caso de la energía eléctrica) o el uso de gas fosil (Glp o gas natural) y aprovechar esta energía que poseen los residuos para utilizarla en las diferentes demandas (calentamiento de espacios, ventilación, iluminación, etc.), con esto se busca optimizar la utilización de todos los recursos que están disponibles en el territorio ecuatoriano, solo hay que crear un plan de recolección y reciclaje residencial eficiente a la par con el cambio de tecnología.

Tabla 7: Proyección de la demanda del sector residencial ecuatoriano

Año	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Unidad	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ
Residencial Heating Space	34,51	37,91	42,00	46,82	52,45	58,95	66,45
Residencial Heating Water	12,64	13,89	15,38	17,15	19,21	21,59	24,34
Residencial Cooling Space	8,73	9,59	10,62	11,84	13,26	14,91	16,81
Residencial Heating Cooking	8,63	8,63	8,63	8,63	8,63	8,63	8,63
Residencial Other	15,05	17,38	20,19	23,50	27,35	31,82	36,96
Total	79,55	87,40	96,83	107,94	120,90	135,90	153,18

Figura 139: Proyección de la demanda energética del sector residencial Ecuatoriano



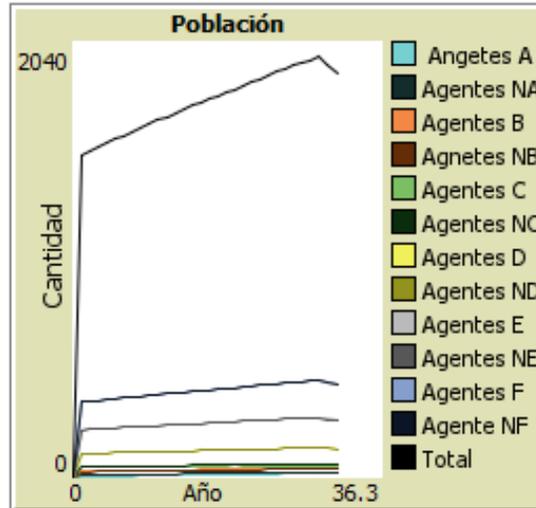
Fuente: Autor

La **figura 139** nos permite identificar que la mayor demanda energética del sector residencial, es producida por el calentamiento de ambientes del hogar por lo que se modelara esta demanda.

A continuación, se revisan los resultados del modelo, para posteriormente determinar la demanda de calefacción.

3.3. RESULTADOS DEL MODELO

Figura 140: Curva del crecimiento poblacional 2020-2050 de los agentes

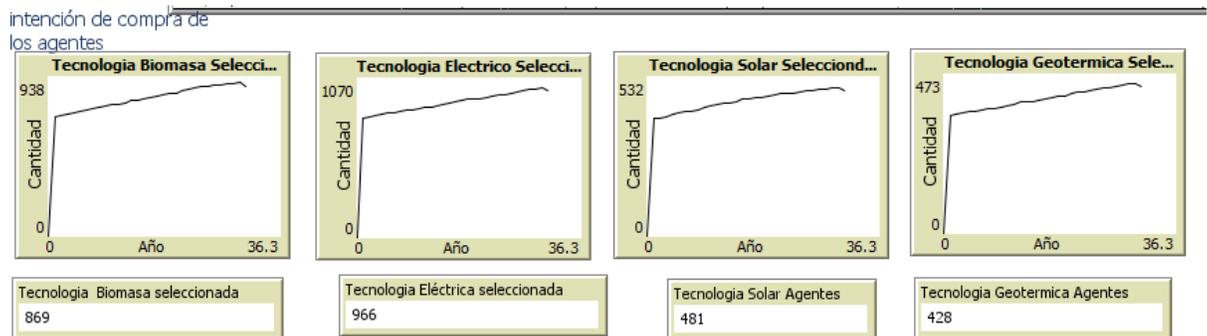


Fuente: Autor

*Nota: 0 es el año 2020

Como se muestra en la **figura 140**, se ha notado que la población del modelo ha crecido en un 29% en el periodo de 2020 al 2050, este resultado es cercano al previsto por el INEC (en el anexo 10 se muestran los resultados de crecimiento poblacional del INEC)

Figura 141: Intención de compra de los agentes

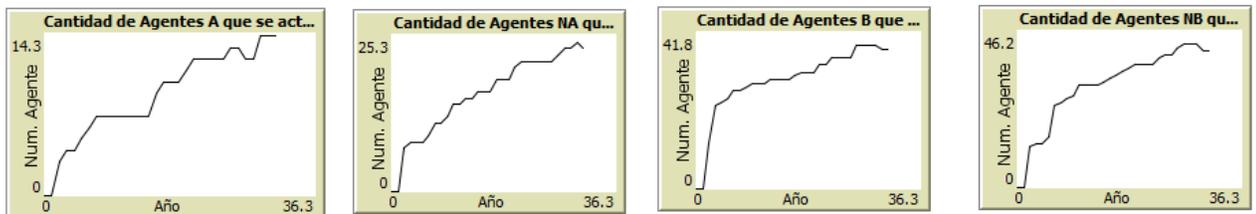


Fuente: Autor

La **figura 141** muestra que la mayoría de los agentes tienen la intención de adquirir alguna tecnología de calefacción que consuma energía eléctrica, seguido por tecnologías que

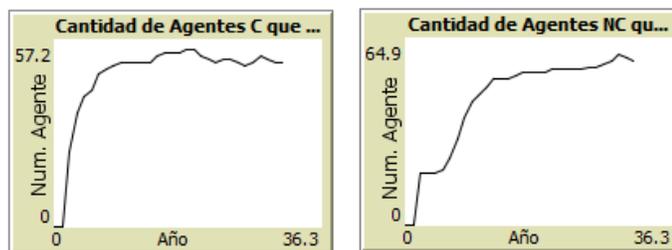
consuman biomasa, y en las últimas posiciones tecnologías solares y geotérmicas. Esto se debe a que la mayoría de agentes busca tecnologías que posean un menor costo de inversión o instalación, además varios agentes prefieren seguir utilizando tecnologías que consuman gas o electricidad porque ya poseen las respectivas instalaciones para el consumo, solo requieren un dispositivo nuevo. Por último, la aceptación de nuevas tecnologías de biomasa, solar y geotérmica se evidencia en esta intención de compra, esto es ocasionado porque la mayoría de agentes busca una tecnología que supla su demanda energética y al mismo tiempo tienen la intención de aportar en la reducción de los gases GEI y con esto, contribuir en cuidar el planeta.

Figura 142: Cantidad de agentes a, na, b y nb actualizados (terminaron de remplazar-comprar su dispositivos) 2020-2050



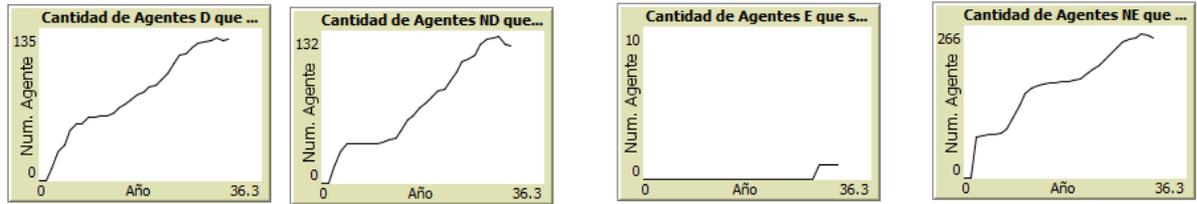
Fuente: Autor

Figura 143: Cantidad de agentes c y nc actualizados 2020-2050



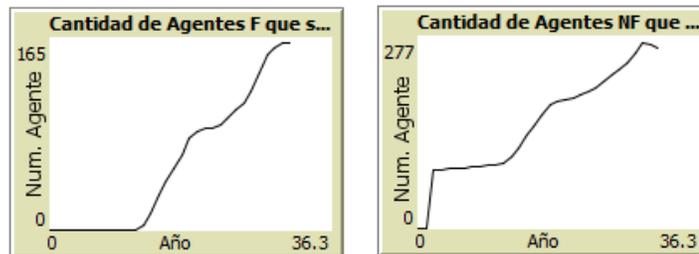
Fuente: Autor

Figura 144: Agentes d, nd, e y ne actualizados 2020-2050



Fuente: Autor

Figura 145: Cantidad de agentes f y nf actualizados 2020-2050



Fuente: Autor

En las anteriores graficas (142 a 145) se muestra que los agentes que presenta la mayor capacidad para actualizarse (reemplazar todas las tecnologías y vaciar su lista de tecnología de remplazo o deseada), son los agentes a, na, b, nb, c, nc debido a que presentan un presupuesto suficiente como para adquirir la tecnología que desean. El caso de los agentes E es el opuesto, estos desean varias tecnologías que no pueden acceder (por su presupuesto), pero compran la más barata de su lista de opciones (no terminan su lista de tecnología de remplazo por eso no se actualizan). Los agentes F tardan 10 años para su actualización, pero al inicio comienzan a comprar la tecnología más barata, luego ahorran hasta conseguir todas las tecnologías deseadas.

3.3.1. Dinero que invirtieron los agentes en el periodo 2020-2050

Figura 146: Inversión de los agentes en tecnologías para calefacción



Fuente: Autor

Con la cantidad de tecnología que compro cada agente en cada año, el tipo de tecnología que selecciono, se multiplico el valor de la tecnología por su costo correspondiente con lo que se obtuvo la figura 148 (también se tomó en cuenta cuando es remplazada cada tecnología que finalizaba su vida util), se puede notar que los años 2045 y 2050 son los años que más dinero se invierte en tecnología, esto es debido a que los agentes con menos dinero (tipo E y F) recién en el año 2035 inician sus compras (cabe destacar que estos agentes sumados son aproximadamente el 37% de la población), este retraso en la actualización se debe a que necesitaron varios años de ahorro para conseguir adquirir alguna tecnología que es de su agrado. También estos años de alta inversión es producido por la culminación de la vida útil de la tecnología de algunos agentes que compraron su tecnología desde el año 2025.

La tendencia de inversión es creciente por el incremento poblacional agentes que requieren de tecnología para calefacción cada año y las compras de varios agentes es progresiva.

3.3.2. Escenario de la demanda energética de calefacción según el modelo de selección de tecnología

Todas las compras de los agentes según el año se muestran en la tabla 8.

Tabla 8: Compras realizadas por los diferentes agentes del país

	Año	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Energía consume	Tecnología							
Compras agentes A								
Población		7	7	9	11	12	14	15
Biogás	Quemador	0	3	3	4	5	6	8
Biomasa	Gasificador	0	2	2	4	6	7	7
Electricidad	Celdas termoeléctricas	0	2	2	3	4	4	5
Solar	Suelo radiante	0	5	5	7	7	7	6
Compras agentes NA								
Población		7	12	16	19	21	24	25
Biomasa	Digestor	0	1	2	2	4	4	5
Electricidad	Celdas termoeléctricas	0	7	9	11	12	12	12
Solar	Suelo radiante	0	1	3	3	5	5	6

Compras agentes B								
Población		24	27	29	32	35	38	38
Electricidad	Celdas termoeléctricas	0	27	28	28	30	34	33
Solar	Suelo radiante	0	25	27	28	31	35	35
Compras agentes NB								
Población		24	29	32	37	41	44	44
Biomasa	Digestor	0	9	14	15	17	21	21
Biogás	Quemador	0	15	16	18	19	20	19
Compras agentes C								
Población		46	50	51	54	53	51	54
Biogás	Quemador	0	31	33	35	35	32	33
Electricidad	Celdas termoeléctricas	0	28	29	30	28	29	30
Solar	Suelo radiante	0	35	38	39	36	34	34
Compras agentes NC								
Población		46	49	52	54	56	60	61
Electricidad	Celdas termoeléctricas	0	20	21	24	24	25	26

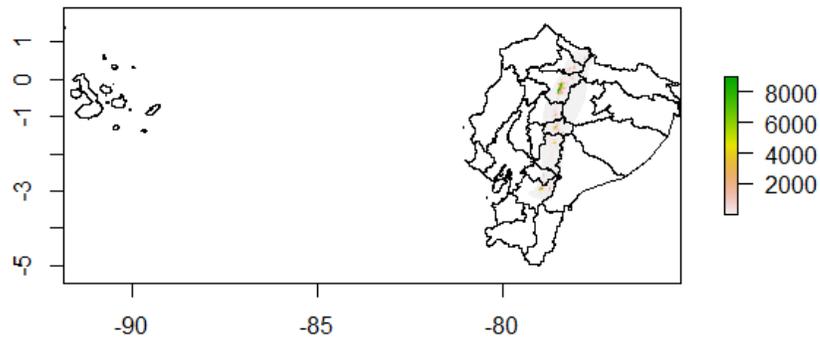
Geotérmica	Suelo radiante	0	3	27	29	30	30	31
Compras agentes D								
Población		109	115	120	125	130	135	134
Biomasa	Digestor	0	9	13	21	33	57	60
Electricidad	Celdas termoeléctricas	0	34	38	43	52	63	66
Solar	Suelo radiante	0	34	39	45	54	62	62
Geotérmica	Suelo radiante	0	25	26	43	50	61	60
Compras agentes ND								
Población		109	115	120	125	130	135	130
Electricidad	Celdas termoeléctricas	0	35	37	39	42	44	45
Electricidad	Suelo radiante	0	0	1	26	36	40	35
Biomasa	Digestor	0	0	0	0	10	36	39
Compras agentes E								
Población		217	232	243	253	264	274	269
Geotérmica	Suelo radiante	0	0	0	0	0	0	0
Biomasa	Gasificador	0	0	0	0	21	61	76

Electricidad	electrolizadores	0	0	0	0	0	0	1
Biomasa	Calefacción centralizada	0	0	0	0	0	0	0
Compras agentes NE								
Población		217	232	243	253	264	274	265
Biogás	Quemador	0	77	81	84	88	92	91
Electricidad	Celdas termoeléctricas	0	2	77	84	90	94	92
Biomasa	Gasificador	0	0	0	0	12	53	63
Compras agentes F								
Población		345	370	391	410	428	447	442
Electricidad	Celdas termoeléctricas	0	0	0	52	81	91	101
Solar	Suelo radiante	0	0	0	19	25	54	87
Geotermica	Suelo radiante	0	0	0	14	26	36	44
Electricidad	Suelo radiante	0	0	0	19	30	41	50
Compras agentes NF								
Población		345	370	391	410	428	447	433

Biogás	Quemador	0	87	94	98	102	107	98
Electricidad	Celdas termoeléctricas	0	0	1	66	88	96	91
Solar	Suelo radiante	0	0	0	0	3	25	72
Biomasa	Digestor	0	0	0	0	0	0	0

Con la cantidad de tecnología que se compró y que será remplazada por los agentes ahora se buscará la cantidad de personas que consumen energía mediante un mapa de densidad, tal como se muestra en la figura 147.

Figura 147: Densidad de poblacional de consumidores de calefacción



Fuente: Elaborado en colaboración

Según la **figura 147** se sabe que la población que consume calefacción del país es igual a 6 258 578 personas

Con datos del anexo 6, tabla 5 y los resultados del modelo se creó la tabla 9

Tabla 9: Demanda de calefacción de los agentes

Año	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Energía estimada de los agentes del modelo (MWh/Y)	2326,012	2515,8292	2759,04407	3025,76325	3207,70765	3442,61705	3527,10876
Población modelo	1496	1608	1697	1783	1862	1943	1910
Población de consumidores de calefacción del Ecuador	6258578	6681220,94	7132405,05	7614057,69	8128236,43	8677137,76	9263106,5
Energía estimada de calefacción del país MWh/Y	9730967,6	10453240,5	11596122,5	12921108,2	14002688,6	15374195,8	17105750,8
Energía estimada de calefacción del país (demanda) PJ/Y	35,0314834	37,6316658	41,7460409	46,5159896	50,409679	55,3471048	61,580703

Los resultados de la demanda de calefacción que se muestran en la tabla 9 tienen una similitud a los que se consiguieron en la tabla 7. Por lo que se esperaría que la demanda de calefacción residencial crezca de 35 PJ a 61.5 PJ en el periodo 2020-2050. A demás según el MICSE el calentamiento de ambientes nos es mayor al 40% de toda la energía que consume el sector residencial [126].

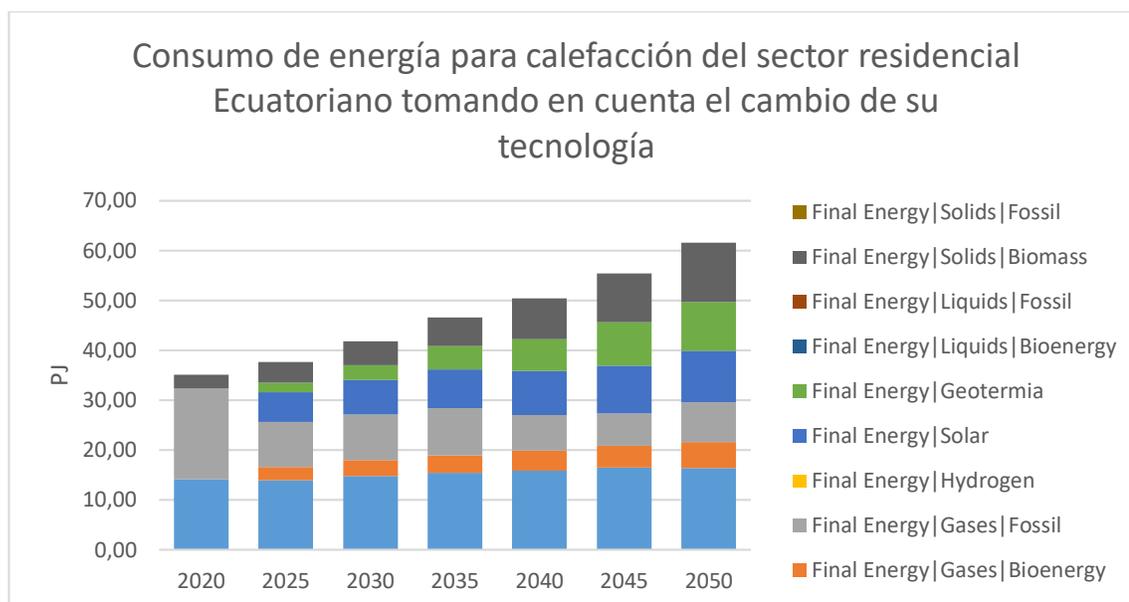
3.3.3. Escenario del consumo energética de calefacción según el modelo de selección de tecnología

Los resultados de consumo energético se muestran en la figura 149, en ella se muestra que la energía eléctrica va a ser el tipo de energético impulsor de tecnología de calefacción que sigue siendo de agrado para los diferentes agentes, el consumo eléctrico continuara incrementándose en el periodo 2020-2050. Por parte del gas GLP se muestra que tendrá una reducción significativa cuando los agentes la replacen con tecnologías de biomasa, mientras el uso de biomasa va incrementándose progresivamente.

Tabla 10 : Cambio del consumo energético para calefacción con el remplazo de tecnología del sector residencial ecuatoriano 2020-2050

Año	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Unidad	PJ						
Final Energy Electricity	14,13	13,91	14,78	15,44	15,79	16,48	16,38
Final Energy Gases Bioenergy	0,00	2,65	3,13	3,51	4,05	4,31	5,21
Final Energy Gases Fossil	18,14	9,09	9,17	9,38	7,17	6,51	7,94
Final Energy Hydrogen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Final Energy Solar	0,00	5,92	6,94	7,83	8,86	9,54	10,28
Final Energy Geothermia	0,00	1,87	3,00	4,68	6,37	8,80	9,87
Final Energy Liquids Bioenergy	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Final Energy Liquids Fossil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Final Energy Solids Biomass	2,75	4,19	4,73	5,68	8,18	9,71	11,90
Final Energy Solids Fossil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	35,03	37,63	41,75	46,52	50,41	55,35	61,58

Figura 148: Consumo de energía para calefacción del sector residencial 2020-2050



Fuente: Autor

3.3.4. Escenario de emisiones de CO₂ según el modelo de selección de tecnología

El sector residencial genera CO₂ de forma directa e indirecta, en este estudio de tecnologías se tomará en cuenta la forma directa (son emisiones que son provocadas y controladas por la actividad que el agente realice y las emisiones se hallan en el mismo lugar de la actividad).

Tal como se mostró en la figura 139 el sector residencial consume leña, GLP y electricidad; Las tecnologías de calefacción que actualmente utilizan los agentes y de las cuales, solo las tecnologías que utilizan GLP, emiten CO₂ directamente (la leña es considerada como biomasa y el CO₂ que es emitido se lo toma como nulo ya que es conocido que el CO₂ que se desprende en su combustión, es CO₂ que había sido absorbido a lo largo de la vida del árbol). También el consumo de energía eléctrica no produce CO₂ directamente, solo indirectamente, por el tipo de tecnología que se utilizó para generar electricidad (ya se vio en la figura 136 que se genera electricidad en centrales que consumen combustibles fósiles), por esto para cuantificar cuanto CO₂ se genera con el uso de electricidad indirectamente se utiliza el factor de emisión, el cual en 2019 fue de 0.2449ton CO₂/MWh [197].

Para la estimación del CO₂ se identificó que el combustible que va a ser utilizado es GLP, en la tecnología de calefacción.

Buscando información de las emisiones en este tipo de tecnología se encontró los siguientes factores de emisión.

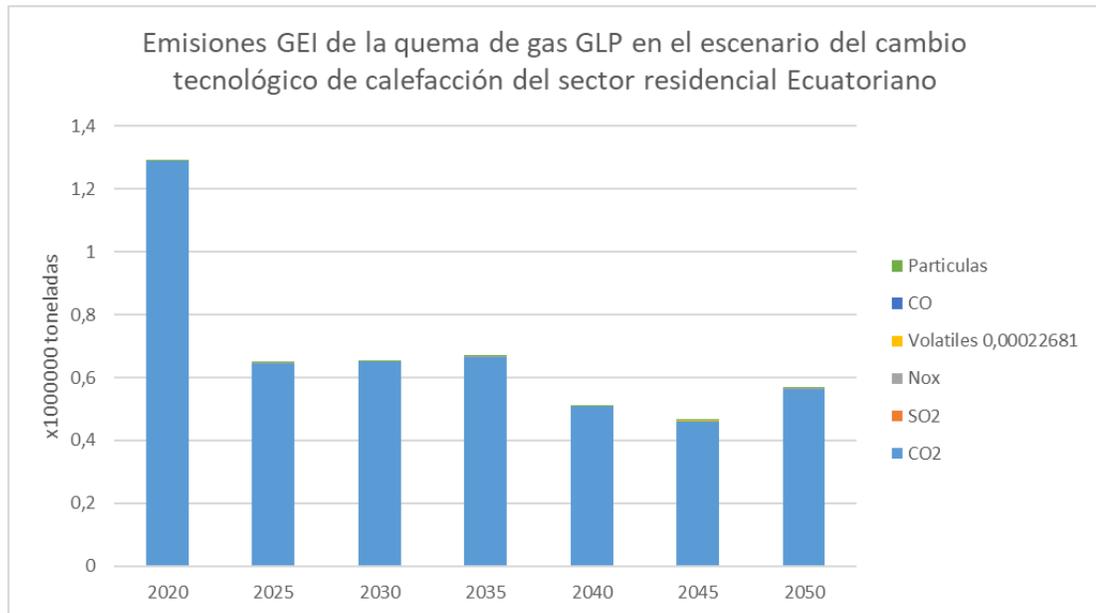
Figura 149: Factor de emisión de un calefón con GLP ecuatoriano

Factores de emisión un calentador de agua (caldera del sistema central ecuatoriano) de GLP	g/kWh útil final
CO ₂	284
SO ₂	0.02
NO _x	0.28
Volátiles	0.05
CO	0.05
Partículas	0.01

Fuente: [198]

Se consiguió la energía útil al multiplicar la energía consumida de los gases fósil (que en este caso es la suma de todos los dispositivos que consumen GLP para calefacción por cada agente), por la eficiencia de este equipo (valor tomado, 0.90), posterior a esta energía (kWh útil) se lo multiplico por su respectivo factor de emisiones, consiguiendo los resultados de la figura 150.

Figura 150: Emisiones GEI de la quema de gas GLP, en el escenario del cambio de tecnología de calefacción del sector residencial



Fuente: Autor

La figura 150 muestra que por el cambio de tecnología de calefacción que realizaron los agentes, se dejaría de utilizar progresivamente GLP para el calentamiento de ambientes en el sector residencial. Lo cual aportaría en la descontaminación ambiental mundial ya que las emisiones se reducirían también.

Se sabe que el 70% de las emisiones globales son causadas por parte del sector energético [199], por lo que el Ecuador debe apuntar a que su sector energético se incline a tecnología de bajas emisiones. Por parte del sector residencial, el mismo, puede generar su energía (o una gran parte de ella) a través de tecnologías de generación “ecológicas” (bajo o nulas emisiones al ambiente), con lo que se vería el sector energético nacional con una reducción de la demanda y el sector residencial recibiría su respectiva demanda en partes (mediante la red nacional y por autogeneración).

CAPITULO IV

RESULTADOS

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Las tecnologías que más se utilizan para calefacción y ventilación, respectivamente son los de tipo eléctrico como aire acondicionado, ventiladores, radiadores eléctricos y radiadores de agua, este comportamiento es debido a que las instalaciones y costos de los dispositivos es fácil, rápido y barato.

Solo el 33% de los tipos de agentes, toman en cuenta la eficiencia de los equipos antes de comprarlos.

Si no se busca cambiar de tecnología, se prevé que continuara creciendo el número de consumidores de gas GLP y de igual forma de electricidad.

El tipo de tecnología que puede implementar el Ecuador para su sector residencial y suplir sus diferentes demandas (calefacción, ventilación, respectivamente) son tecnologías como: calentadores solares, suelo radiante solar o geotérmico, quemadores de biogás, celdas termoeléctricas y radiadores eléctricos. Además, también se notó que son aceptadas por varios agentes las tecnologías de generación como digestores y gasificadores, ambos para generar su propio gas, para utilizarlos en demanda su de calefacción (pueden usar los excesos de generación para otras demandas como cocción de alimentos o simplemente comercializarlo entre agentes que lo requieran), con esto se aprovecharían mucho más los recursos de biomasa que el Ecuador posee.

Con las tecnologías de biomasa que los agentes seleccionaron, se tendrían otro tipo de residuos o basura, los cuales serían carbón, cenizas y bio-fertilizantes.

Los agentes que inviertan en equipos solares o geotérmicos, reducirían el valor de pago en su planilla eléctrica o de GLP (según sea el caso) ya que estos equipos consumen energía de una fuente gratuita.

La inversión en tecnología de los agentes es de 1 044 564 021 dólares en el año 2025, cuando inician a cambiar los agentes sus tecnologías de calefacción convencionales por otras más ecológicas y funcionales. La tendencia de inversión desde el 2020 al 2050 es creciente por el incremento de consumidores de energía, el término de vida útil de las maquinarias y las compras progresivas que las realizan varios agentes.

En el escenario de cambio de tecnología de calefacción se evidencia que el consumo de energías para la 2025 va a incrementar además que tendría participación de fuente solares, geotérmica y de biomasa aparte del convencional GLP y electricidad, esto porque los agentes desean mantener sus consumos energético y a la par buscan una tecnología ecológica y con un bajo coste de funcionamiento o mantenimiento anual, además están dispuestos a pagar un poco más algunos agentes todo por la intención de recibir estos bajos costos mencionados.

Con el cambio de tecnología para calefacción la red eléctrica nacional recibirá una menor demanda por lo que se reducirían las emisiones indirectas de CO₂.

El consumo de energía eléctrica continuara incrementándose en el periodo 2020-2050 y no se reducirá en algún periodo, seguirá siendo el tipo de energía que todos los agentes consumen y que querrán seguir consumiendo para sus demandas.

El consumo de energía geotérmica la que menor uso tendrá inicialmente, debido a los altos costes de la tecnología y que no muchos tipos de agente desearan.

El consumo de gas GLP se reducirá progresivamente cada año ahorrando al país el precio del subsidio por cada cilindro, aproximadamente en 2025 se reducirían 10 711 141 cilindros de 15 Kg.

La mayoría de los agentes que decidieron cambiar su consumo “convencional” lo hicieron porque buscaban una tecnología con la mayor garantía del fabricante, sea madura y que sea barata o garantice reducir gastos en su funcionamiento.

Con la baja de consumo de GLP se dejarían de emitir cerca de 0.75 MtonCO₂ al ambiente desde el 2025 (cuando se cambia de tecnología de calefacción).

La demanda de energía para calefacción seguirá incrementándose a una tasa promedio anual de 1.92%.

4.2. RECOMENDACIONES

Al crear y configurar los diferentes agentes del sector residencial se debe tomar valores promedio de los consumos energéticos para evitar tener agentes con un consumo excesivo.

Al programar este tipo de modelo en Netlogo se debe utilizar más reporteros en los procedimientos que se creen y utilizar mucho más “procedimientos anónimos” en los mismos para hacer más “ligero” al programa y evitar “saturarlo” con el condicional IF.

Cuando se filtre listas en Netlogo usar LPut para seguir creando la lista progresivamente en cada tick.

Si se desea iniciar la industria de hidrogeno en Ecuador es necesario iniciar a con el estudio de formas factibles para captar el hidrogeno que producen las respectivas tecnologías de biomasa (se tiene que investigar las formas factibles de almacenarlo a la par). También se tiene que reducir el costo de energía eléctrica para que la generación de hidrogeno mediante electrolizadores sea barato también.

Si se llegara a crear la nueva red de distribución energética nacional (distribución de la energía entre agentes generadores) se recomendaría que el siguiente paso sería incrementar la cantidad de agentes generadores e implementar un sistema con una gran base de datos e inteligencia artificial [200].

Es recomendable iniciar con proyectos de biomasa para la generación de Hidrogeno en el Guayas, Los Ríos o Esmeraldas ya que ellos son los que presentan mayores residuos de biomasa.

Es recomendable iniciar la industria de hidrogeno en el país por que se diversificaría más la matriz energética del país, se podría reducir las emisiones de CO2 de varios sectores al remplazar los combustibles convencionales, se podría mejorar la calidad de los aceros del país o crear nuevas clases de este, aparte que se crearían múltiples plazas de trabajo y podría potenciar la matriz energética actual.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Gomelsky, «EVALUACIÓN RÁPIDA Y ANÁLISIS DE BRECHAS EN EL SECTOR ENERGETICO,» CONELEC. Plan Maestro de Electrificación, Quito, 2013.
- [2] M. P. Samaniego, «Energy sector in Ecuador: Current status,» *Energy Policy*, vol. I, nº 35, p. 4177–4189, 2007.
- [3] D. D. C. Reinoso, «ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL ECUADOR,» UNIVERSIDAD DE CUENCA, Cuenca, 2014.
- [4] C. M. M. Bustos, «Anaerobic biological treatments of organic waste as an alternative for energy sustainability in Andean areas - Ecuador,» *Revista Killkana Sociales*, vol. II, nº 3, pp. 95-100, 2018.
- [5] R. A. B. LLANOS, «LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR A PARTIR DEL USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES,» UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, Quito, 2020.
- [6] F. Posso, «Residual biomass-based hydrogen production: Potential and possible uses in Ecuador,» *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 45, nº 26, pp. 13717-13725, 2019.
- [7] E. R. y. B. CHILQUINGA, «Observatorio de Energías Renovables en América Latina y el Caribe,» OLADE, 2011.
- [8] Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, «Plan maestro de generación: Expansión de la generación,» Quito, 2018.
- [9] Ministerio de energía y recursos naturales no renovables , «Plan maestro de electricidad: Demanda energética,» Quito, 2018.
- [10] C. T. A. y. D. S. Garreta, «¿Qué rol jugarán las energías renovables no convencionales en América Latina en un contexto post Covid-19?,» *Serie EKLA: Cambio Climático en tiempos de Coronavirus*, vol. I, nº 14, pp. 1-15, 2020.
- [11] J. D. A. y. A. A. Victor Orejuela, «Response of Residential Electricity Demand Against Price Signals in Ecuador,» de *PROCEEDINGS OF THE 2015 IEEE THIRTY FIFTH CENTRAL AMERICAN AND PANAMA CONVENTION (CONCAPAN XXXV)*, Quito, 2015.
- [12] L. F. K. A. Verónica Guayanlema, «ANÁLISIS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO DEL ECUADOR,» *ENERLAC*, vol. I, nº 2, pp. 112-139, 2017.

- [13] P. G. y. P. S. Fernando Ballenilla, «IDUS,» 2005. [En línea]. Available: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/26489/file_1.pdf?sequence=1. [Último acceso: 8 Noviembre 2020].
- [14] M. Pacheco, «El Comercio,» El Comercio, 9 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/matriz-energetica-petroleo-ecuador-negocios.html>. [Último acceso: 8 Noviembre 2020].
- [15] L. D. M. PALLO, «POLÍTICAS EN GESTIÓN ENERGÉTICA PARA INCENTIVAR EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN ECUADOR.,» UNIVERSIDAD DE CHILE , Santiago de Chile, 2015.
- [16] P. R. y. J. C. Javier Fontalvo, «Self-Generation Prospective in Ecuador using the LEAP Model,» *Revista Técnica "energía"*, vol. I, nº 15, pp. 51-61, 2018.
- [17] Y. Cengel, *Termodinámica*, México: MCGraw Hill, 2015.
- [18] Y. Cavallo, «Las energías limpias en la matriz energética mendocina. El caso de la energía solar, desde un enfoque regulacionista.,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO, Mendoza, 2011.
- [19] F. T. Piñeiro, «Habitat,» 8 Mayo 2008. [En línea]. Available: <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-energia-limpia.html>. [Último acceso: 8 Diciembre 2020].
- [20] a. Olmos, «CALEFACCION CENTRALIZADA POR BIOMASA, CUÉLLAR,» *Informes de la Construcción*, vol. 53, nº 475, pp. 49-61, 2001.
- [21] R. T. Deacon, «Los recursos no renovables y el medio ambiente,» *Economía Agraria*, nº 179, pp. 11-40, 1997.
- [22] NASA, «Space Place NASA,» 22 Abril 2020. [En línea]. Available: [https://spaceplace.nasa.gov/sun-age/sp/#:~:text=Las%20estrellas%20como%20nuestro%20Sol,millones\)%20de%20a%C3%B1os%20de%20vida..](https://spaceplace.nasa.gov/sun-age/sp/#:~:text=Las%20estrellas%20como%20nuestro%20Sol,millones)%20de%20a%C3%B1os%20de%20vida..) [Último acceso: 14 Diciembre 2020].
- [23] F. T. Piñeiro, «Habitat,» Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid , Madrid (España), 2008.
- [24] Corporación para la Investigación Energética CIE, «ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA,» Instituto Ecuatoriano, Quito, 2008.
- [25] C. E. MARÍN, «ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA,» *NIMBUS*, vol. 14, nº 13, pp. 1139-7176, 2004.
- [26] M. B. Perdices, *Fuentes de energía para el futuro*, Ministerio de Educación España , 2008.

- [27] D. G. Knies, «Global energy and climate security through solar power from deserts,» *Trans-Mediterranean Renewable Energy TREC*, vol. 1, nº 1, pp. 1-2, 2006.
- [28] O. P. LAMIGUEIRO, «ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA,» 2013.
- [29] B. A. G. V. y. G. M. I. Baethge Erick, «Nuevo sistema de control para el seguimiento del punto de máxima potencia en paneles solares basado en el control predictivo de corriente de convertidores cc-cc.,» *Universidad, Ciencia y Tecnología*, vol. 60, nº 15, pp. 151-160, 2011.
- [30] L. P. Asensio, «Células solares transparentes: desarrollo actual y aplicaciones,» Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2011.
- [31] J. M. Asensi López, «Células solares de silicio amorfo: obtención, caracterización y modelización,» universitat de Barcelona, Barcelona, 1994.
- [32] M. A. R. Benavides, «Diseño y simulación de un colector solar lineal de fresnel para la producción de vapor en base a las condiciones climáticas de la ciudad de Quito,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2015.
- [33] C. J. P. Prieto, «Evaluación de un sistema de energía solar térmica basado en colectores de tubos de vacío para suministro de agua de alta temperatura,» Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2015.
- [34] J. P. G. López, «Diseño de un concentrador solar compacto de foco fijo de alta eficiencia para aplicaciones de alta temperatura,» CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS, Chihuahua, 2018.
- [35] M. Á. L. Serrano, «COLECTORES SOLARES TÉRMICOS,» UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, ZARAGOZA, 2019.
- [36] D. V.-R. Francisco Jácome, «Desarrollo de un colector de concentración solar de Fresnel para calor de procesos en Ecuador,» de *Congreso Internacional de Energía Renovable y Eficiencia Energética*, Cuenca, 2019.
- [37] L. F. C. Gonzales, «Optimización de un colector solar mediante una película delgada de CuSe,» Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, 2017.
- [38] R. C. Mendoza, «Energía undimotriz, alternativa para la producción de energía eléctrica en la provincia de Santa Elena,» UPSE, La libertad}, 2012.
- [39] N. A. B. MOYA, «SISTEMA DE CONVERSIÓN MECÁNICA ELÉCTRICA PARA UN GENERADOR UNDIMOTRIZ,» UNIVERSIDAD DE CHILE, Santiago de Chile, 2008.
- [40] J. L. R. Barnett, «Towards a prospective development renewable energy wave 2025,» *Bitacora hidrografica*, pp. 45-47, 2014.

- [41] M. Pelissero, «Aprovechamiento de la energía undimotriz,» *Proyecciones*, vol. 9, nº 2, pp. 53-65, 2011.
- [42] El financiero, «El financiero,» 3 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://www.elfinanciero.com.mx/ciencia/oceanos-la-alternativa-para-generar-electricidad-en-mexico>. [Último acceso: 31 Diciembre 2020].
- [43] J. L. G. y. M. J. Martínez, «Biomasa y Biotecnología,» *SEM@FORO*, vol. 58, pp. 45-47, 2014.
- [44] D. D. I. Q. José Blanes, «Biocombustibles,» *Revista virtual REDESMA*, vol. 2, nº 2, pp. 1-117, 2008.
- [45] Comision naconal de energia, «Informe de costos de tecnologías de generación,» Comision naconal de energia, Santo domingo- Replública Dominicana, 2017.
- [46] F. S. Nogués, *Energía de la Biomasa*, Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2010.
- [47] J. C. R.-C. N. E. & G.-N. Barrera, «Combustión de biomasa: conceptos, tecnologías y aplicaciones en la agroindustria de la palma de aceite,» *Palmas*, vol. 39, nº 4, pp. 24-44, 2018.
- [48] C. A. ESTRADA, «GASIFICACIÓN DE BIOMASA PARA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES DE BAJO PODER CALORÍFICO Y SU UTILIZACIÓN EN GENERACIÓN DE POTENCIA Y CALOR,» *Scientia et Technica*, vol. X, nº 25, pp. 155-159, 2004.
- [49] A. F. R. RESTREPO, «MODELACIÓN MATEMÁTICA SIMPLE (0-D) DE UN GASIFICADOR DE BIOMASA DE TIPO LECHO FIJO CO-CORRIENTE, "DOWNDRAFT",» UNIVERSIDAD EAFIT, Medellín, 2016.
- [50] L. C. Venegas, «DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GASIFICADOR DE LECHO FIJO PARA LA PRODUCCION DE GAS DE SINTESIS,» UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, Callao, 2015.
- [51] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), «Probiomasa,» 2020. [En línea]. Available: www.probiomasa.gob.ar. [Último acceso: 4 Enero 2021].
- [52] M. E. B. Tutivén, «Diseño de un Equipo Experimental de Flujo Ascendente (Updraft),» ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, Guayaquil, 2015.
- [53] W. K. S. R. Alexander Gómez, *Pirólisis de biomasa: cuesco de palma de aceite*, Kassel: Kassel University Press GmbH, 2008.
- [54] A. U. Pinedo, «OBTENCIÓN DE BIOCARBONES Y BIOCMBUSTIBLES MEDIANTE PIRÓLISIS DE BIOMASA RESIDUAL,» Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, 2013.

- [55] IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), «Biomasa: Digestores anaerobios,» Madrid, 2007.
- [56] Y. Lorenzo Acosta y M. C. Obaya Abreu, «La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I,» *ICIDCA*, vol. XXXIX, nº 1, pp. 35-48, 2005.
- [57] A. S. D. LÓPEZ, «DISEÑO DE UN BIODIGESTOR EN LA PRODUCCIÓN DE GAS PARA COCINAS ECOLÓGICAS, A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS POR ANIMALES DE GRANJA PORCINA, EN EL CORREGIMIENTO DE GUAIMARAL MUNICIPIO DE CURUMANI CESAR,» UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, 2012.
- [58] O. Z. S, «PENGARUH KONSENTRASI ASAM DAN WAKTU PADA PROSES HIDROLISIS DAN FERMENTASI PEMBUATAN BIOETANOL DARI ALANG-ALANG,» *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 18, nº 2, pp. 52-62, 2012.
- [59] V. A. C. VILLALOBOS, «COMPARACIÓN DE PRETRATAMIENTOS EN RESIDUOS FORESTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN: HIDRÓLISIS ÁCIDA Y LÍQUIDOS IÓNICOS,» UNIVERSIDAD DE CHILE, Santiago de Chile, 2010.
- [60] L. M. Merino, «Producción de monoglicéridos por esterificación de glicerina con ácidos cinámico y p-metoxicinámico,» UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID , Madrid, 2013.
- [61] World Bioenergy Association, «BIOMASS Combined Heat and Power (CHP),» ANDRITZ Group, Torsgatan, 2012.
- [62] D. A. P. ERICE, «EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO MEDIANTE ELECTRÓLISIS DE AGUA UTILIZANDO ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA CON CELDAS FOTOVOLTAICAS DE ALTA EFICIENCIA,» UNIVERSIDAD DE CHILE , SANTIAGO DE CHILE, 2009.
- [63] F. G. DÍAZ-CASTROVERDE, «ESTUDIO DE REVERSIBILIDAD PARA ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN UNA PILA DE COMBUSTIBLE POLIMÉRICA,» UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS, MADRID, 2005.
- [64] S. Rönsch, «Review on methanation – From fundamentals to current projects,» *FUEL*, vol. 166, pp. 276-296, 2015.
- [65] E. A. V. G, «Alternativa para la generación de gas natural sintético a partir de una fuente de energía renovable mediante tecnología “Power to Gas” en Colombia,» *El Reventón Energético*, vol. 16, nº 1, pp. 71-79, 2018.
- [66] M. IBORRA, «REACTORES MULTIFÁSICOS,» UNIVERSITAT DE BARCELONA, BARCELONA, 2013.

- [67] J. M. y. A. Rapallini, «Energía Eólica,» Instituto Argentino de la energía "General Mosconi", Salta, 2003.
- [68] J. M. E. LOPEZ, Manual de energía eólica, Madrid: Mundi-Prensa Libros, 2008.
- [69] L. Capalbo, «Energías Limpias y Renovables,» de *Programa Permanente de Capacitación a Escala Humana*, Buenos Aires, 2009.
- [70] T. M. Letcher, *Future Energy, Improved Sustainable and Clean Options for our Planet*, KwaZulu-Natal Durban: Elsevier Science, 2008.
- [71] P. F. Díez, «ENERGÍA EÓLICA,» UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, 2002.
- [72] I. d. P. González, «ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE UN PARQUE EÓLICO OFFSHORE FLOTANTE EN LA COSTA DE CANTABRIA,» Universidad de Cantabria, Cantabria, 2018.
- [73] M. H. D. y. M. Fanelli, «¿Qué es la Energía Geotérmica?,» Istituto di Geoscienze e Georisorse, Pisa, 2002.
- [74] M. E. C. Pérez, «ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA EN SUELOS LOÉSSICOS: CÁLCULO y DISEÑO PARA CASO DE ESTUDIO.,» *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 22, nº 2, pp. 22-34, 2018.
- [75] C. C. Camazón, «Energía eléctrica a partir de recursos geotérmicos,» *DYNA*, vol. 84, nº 1, pp. 44-51, 2009.
- [76] J. L. E. A. Manuel Raúl Peláez Samaniego, *ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR*, Cuenca: Universidad de Cuenca, 2015.
- [77] R. C. P. Muffler, «Assessment of Geothermal Resources of the United States,» *U.S. Geological Survey Circular 790*, vol. 2, nº 726, pp. 125-146, 1978.
- [78] F. A. F. Gonzáles, «Modelo de toma de decisiones para la implementacion de proyectos de generación eléctrica mediante neregia eléctric: caso Ecuador,» Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca, Cuenca, 2016.
- [79] P. P. SÁNCHEZ, «DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE/REFRESCANTE CON APOYO DE ENERGÍA GEOTÉRMICA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR,» UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, MADRID, 2016.
- [80] t. S. Fededrico Coz, *Manual de mini y microcentrales hidráulicas: una guía para desarrollo de proyectos*, Lima : Intermediate Technology DEvelopment Group, 1995.
- [81] E. V. C. d. C. Lui Cuesta Diego, *Aprovechamientos Hidroeléctricos*, Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2000.

- [82] R. d. Queiroz, «Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais,» *Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM*, vol. 13, nº 1, pp. 2774- 2784, 2013.
- [83] E. Soria, «Energía Hidráulica,» 4 Mayo 2009. [En línea]. Available: https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/productos/pdf/cuaderno_HIDRAULICA.pdf. [Último acceso: 21 Febrero 2021].
- [84] IRENA, «Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goal,» International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020.
- [85] F. P. Rivera, «Hydrogen Economy in Ecuador: opportunities and barriers,» *AVANCES EN CIENCIAS E INGENIERÍAS*, vol. 6, nº 2, pp. C46-C62, 2014.
- [86] A. A. A. Tarek A. Hamad, «Study of a molten carbonate fuel cell combined heat, hydrogen and power system: End-use application,» *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 1, nº 1, pp. 45-50, 2013.
- [87] B. Emonts y D. Stolten, *Fuel Cell Science and Engineering*, Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2012.
- [88] S. Sircar, «Pressure Swing Adsorption,» *Air Products and Chemicals*, vol. 6, nº 41, pp. 1389-1392, 2002.
- [89] S. SIRCAR, «Purification of Hydrogen by Pressure Swing,» *SEPARATION SCIENCE AND TECHNOLOGY*, vol. 35, nº 5, p. 667–687, 2000.
- [90] R. P. B. MAURICIO, «ANÁLISIS DE LA PRODUCCION DE HIDROGENO A PARTIR DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA,» UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO, Milagro, 2018.
- [91] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, «Recursos y energía,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/1.-RESUMEN-EJECUTIVO.pdf>. [Último acceso: 7 Junio 2021].
- [92] P. E. Carvajal, «Assessing uncertainty of climate change impacts on long-term hydropower generation using the CMIP5 ensemble—the case of Ecuador,» *Climatic Change*, vol. 144, p. 611–624, 2017.
- [93] R. R. Santos, «Aprovechamiento de la energía undimotriz en el Ecuador,» *INGENIUS*, vol. 3, nº 17, pp. 23-28, 2017.
- [94] Á. Guillemes, «Análisis de viabilidad para el aprovechamiento de los potenciales eólicos en la región occidental de Ecuador,» *Revista Carácter*, vol. 2, nº 1, pp. 47-66, 2014.

- [95] M. F. R. W. Isaack Junior Ortiz Aguirre, Los parques eólicos: una mirada desde la administración y gerencia de los proyectos de energía del Ecuador, Texas: Tecnocientífica Americana , 2020.
- [96] OLADE, «Panorama Energético de América y el Caribe,» Imprenta Mariscal, Quito, 2019.
- [97] ESIN Consultora S.A. , «ATLAS BIOENERGÉTICO DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR,» Quito , 2014.
- [98] J. M. Mendoza, «Análisis Exergético de la Gasificación de Biomasa,» *SciELO Analytics*, vol. 23, nº 5, pp. 85-96 , 2012.
- [99] INER, «Servicion nacionales de derechos intelectuales,» 16 Mayo 2016. [En línea]. Available: <https://www.derechosintelectuales.gob.ec/iner-patento-el-primer-gasificador-para-generar-combustible-en-ecuador/>. [Último acceso: 14 Diciembre 2020].
- [100 V. E. J. Carlos, «Diseño de un reactor para pirólisis de biomasa residual: raquis de banano y tallos,» UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito, 2019.
- [101 D. Bogdanov, «North-East Asian Super Grid for 100% renewable energy supply: Optimal mix of energy technologies for electricity, gas and heat supply options,» *Energy Conversion and Management*, vol. 112, nº 15, pp. 176-190, 2016.
- [102 I. O. R. García, «Identificación de zonas potenciales para exploración geotérmica aplicando imágenes ópticas multiespectrales e interferometría SAR,» INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, A.C., San Luis Potosí, 2019.
- [103 Ministerio de electricidad y energía renovable, «Ministerio de electricidad y energía renovable,» MEER, 2014. [En línea]. Available: <http://historico.energia.gob.ec/experto-internacional-destaca-potencial-geotermico-de-ecuador/>. [Último acceso: 25 Abril 2021].
- [104 A. L. a. J. Labus, «GEOTHERMAL DEVELOPMENT IN ECUADOR: HISTORY, CURRENT STATUS AND FUTURE,» National Institute for Energy Efficiency and Renewable Energy , Quito, Andrés Lloret and Jerko Labus.
- [105 Instituto de Investigación Geológico y Energético , «Drive,» Instituto de Investigación Geológico y Energético , 2017. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1qYhMc4PKBg38Y-2dOm-RogOH8i5JMcUa/view>. [Último acceso: 2 Mayo 2021].
- [106 D. D. C. Reinoso, «ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL ECUADOR,» UNIVERSIDAD DE CUENCA, CUENCA, 2014.
- [107 World Bank , «The World Bank Data,» 2019. [En línea]. Available: <https://data.worldbank.org/indicador/sp.pop.grow>. [Último acceso: 28 Enero 2021].

- [108 D. A. Delgado, «Metanación de CO₂ con hidrógeno en lecho fluidizado para “upgrading” de biogás: análisis de catalizadores Ni/Al₂O₃ y Ru/Al₂O₃,» Universidad Zaragoza , Zaragoza, 2018.
- [109 C. V. Enric Tello, «LA CONEXION DEL HIDROGENO: ECOCIDIO EN QUEBEC,» *Ecología Política*, vol. 1, nº 8, pp. 117-124, 1995.
- [110 E. T. M. K. A. A. Ximena C. Schmidt Rivera, «Environmental sustainability of renewable hydrogen in comparison with conventional cooking fuels,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 196, nº 1, pp. 863-879, 2018.
- [111 G. R. S. Glenk, «Economics of converting renewable power to hydrogen,» *Nature Energy*, vol. 4, nº 1, p. 216–222, 2019.
- [112 D. B. MONSALVE, «ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO MEDIANTE HIDRUROS METÁLICOS: SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN,» UNIVERSIDAD DE SANTANDER, Bucaramanga, 2017.
- [113 P. A. Lessing, «Low permeation liner of hydrogen gas storage tanks,» *Idaho National Engineering & Environmental Laboratory*, vol. University of California of Los Angeles , pp. 1-5, 2003.
- [114 M. Melnichuk, «Estudio numérico y experimental de almacenadores de hidrógeno basados en hidruros metálicos,» Instituto Balseiro, Lago Buenos Aires, 2010.
- [115 S. D. F. L. S. F. d. A. J. S. C. G. M. D. H. S. P. Dresp, «Direct Electrolytic Splitting of Seawater: Activity, Selectivity, Degradation, and Recovery Studied from the Molecular Catalyst Structure to the Electrolyzer Cell Level,» *Advanced Energy Materials*, vol. 1800338, nº 1, pp. 1-11, 2018.
- [116 R. H. PINDADO, «CLIMATIZACIÓN MEDIANTE CÉLULAS PELTIER,» UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS , MADRID, 2008.
- [117 C. R. Ramírez, «TERMOELECTRICIDAD:USO DE LAS CELDAS PELTIER EN EL CAMPO DE LA REFRIGERACIÓN Y SUS PRINCIPALES APLICACIONES,» *INVENTUM*, vol. 12, nº 22, pp. 10-17, 2017.
- [118 J. A. C. Solsona, «MATERIALES TERMOELECTRICOS APLICACIONES PARA LA REFRIGERACION Y LA GENERACION DE ELECTRICIDAD,» UNIVERSIDA DE ZARAGOZA, ZARAGOZA, 2014.
- [119 United States Environmental Protection Agency, « Environmental Protection Agency,» 10 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.epa.gov/chp/what-chp>. [Último acceso: 2 Septiembre 2021].

- [120 Z. Q. Montalvo, «Clima y Confortabilidad Humana Aspectos Metodológicos,» *ACADEMIA*, vol. 4, pp. 109-125, 1994.
- [121 A. H. MATEO, «EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE,» Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2012.
- [122 O. D. C. MACÍA, «ESTUDIO Y FUNCIONAMIENTO VIRTUAL DE UNA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE,» Universidad de Málaga, Málaga, 2002.
- [123 E. J. Macias, «Análisis económico, energético y ambiental del uso de la aerotermia,» Universidad de la Rioja, Logroño, 2017.
- [124 Selectra, «Precio Gas by selectra,» Selectra, 11 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://preciogas.com/instalaciones/aerotermia>. [Último acceso: 20 Junio 2021].
- [125 G. Í. J. S. MARTÍN, «EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN CENTRAL DE LA UNIDAD DE DESARROLLO TECNOLÓGICO,» UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO, CONCEPCIÓN-CHILE, 2017.
- [126 B. Romero, «Diseño y simulación de un sistema solar térmico forzado, acoplado a un sistema centralizado de agua caliente sanitaria de GLP en la ciudad de Quito,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2018.
- [127 O. Hallströma, «Development of collector integrated sorption modules for solar heating and cooling: performance simulation,» *Energy Procedia*, vol. 48, pp. 67-76, 2014.
- [128 M. Behi, «Evaluation of a novel solar driven sorption cooling/heating system integrated with PCM Storage compartment,» *Energy*, vol. 164, pp. 449-464, 2018.
- [129 V. Palomba, «Implementation of a solar-biomass system for multi-family houses: Towards 100% renewable energy utilization,» *Renewable Energy*, vol. 166, pp. 190-209, 2020.
- [130 A. Kazemian, «Experimental study of using both ethylene glycol and phase change material as coolant in photovoltaic thermal systems (PVT) from energy, exergy and entropy generation viewpoints,» *Energy*, vol. 162, pp. 210-223, 2017.
- [131 IRENA, «RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2019,» International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020.
- [132 U. N. N. Harfst, «Shortcomings of the traditional “levelized cost of energy” [LCOE] for the determination of grid parity,» *Energy*, vol. 171, pp. 1009-1016, 2019.
- [133 GENI, «Globale Energi Network Institute (GENI),» 16 Julio 2012. [En línea]. Available: <http://www.geni.org/globalenergy/library/technical-articles/generation/nrel.gov/new-database-from-nrel/index.shtml>. [Último acceso: 21 Marzo 2021].

- [134 Openei, « Openei,» Transparent Cost Data Base, 18 Marzo 2015. [En línea]. Available:
] https://openei.org/apps/TCDB/levelized_cost_calculations.html#lcoe. [Último acceso: 21
] Marzo 2021].
- [135 Openei, «Openei,» 2011. [En línea]. Available: <https://openei.org/apps/TCDB/>. [Último
] acceso: 21 Marzo 2021].
- [136 Ministerio de energía y recursos naturales no renovables, «Recursos y Energía,»
] ARCONEL, 20 Junio 2020. [En línea]. Available:
[https://www.recursoyenergia.gob.ec/gobierno-nacional-adopta-medidas-de-
compensacion-en-tarifas-electricas-durante-emergencia-sanitaria/](https://www.recursoyenergia.gob.ec/gobierno-nacional-adopta-medidas-de-compensacion-en-tarifas-electricas-durante-emergencia-sanitaria/). [Último acceso: 27
] Marzo 2021].
- [137 D. Alcubierre, «CEMAER,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.cemaer.org/costo-
\] por-watt-de-paneles-solares-por-pais/](https://www.cemaer.org/costo-por-watt-de-paneles-solares-por-pais/). [Último acceso: 20 Marzo 2021].
- [138 B. E. Reed Landberg, «Bloomberg,» 23 Enero 2018 . [En línea]. Available:
] <https://www.bloomberg.com/quicktake/solar-energy>. [Último acceso: 24 Marzo 2021].
- [139 IRENA, «Noticias ONU Cambio Climático,» IRENA, 4 Junio 2020. [En línea]. Available:
] [https://unfccc.int/es/news/el-coste-de-las-renovables-se-reduce-drasticamente-y-
supera-la-opcion-mas-barata-de-combustibles](https://unfccc.int/es/news/el-coste-de-las-renovables-se-reduce-drasticamente-y-supera-la-opcion-mas-barata-de-combustibles). [Último acceso: 8 Junio 2021].
- [140 M. P. R. M. Leila García de Fonseca, «Evolución futura de costos de las energías
] renovables y almacenamiento en América Latina,» Banco Interamericano de desarrollo,
Washington D., 2019.
- [141 IEA, «Energy Technology Perspectives 2012,» 1 Junio 2012. [En línea]. Available:
] <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2012>. [Último acceso: 28
] Marzo 2021].
- [142 Ministerio de energía y recursos naturales no renovables , «Plan maestro de electricidad
] 2019-2027,» ARCONEL, Quito, 2019.
- [143 J. Sachs, «An agent-based model for energy investment decisions in the residential
] sector,» *Energy*, vol. 172, pp. 752-768, 2019.
- [144 G. K. T. Sameera Abar, «Agent Based Modelling and Simulation tools: A review of the
] state-of-art software,» *Computer Science Review*, vol. 24, pp. 13-33, 2017.
- [145 D. M. Julia Sachs, «Clustered spatially and temporally resolved global heat and cooling
] energy demand in the residential sector,» *Applied Energy*, vol. 250, pp. 48-62, 2019.
- [146 MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, «Balance Energetico
] Nacional 2020 Capítulo 4: Consumo de energía por sector y fuente,» MINISTERIO DE
ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, Quito, 2020.

- [147 MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, «Balance Energetico Nacional 2019 Capítulo 1: Energía, sociedad y ambiente,» MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, Quito, 2020.
- [148 A. P. R. V. Alberto Fichera, «A multi-layer agent-based model for the analysis of energy distribution,» *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 508, pp. 710-725, 2018.
- [149 F. Adler, «Energía solar fotovoltaica,» 2013.
- [150 G. Villa, «Control del Punto de Máxima Potencia de un Panel Solar Fotovoltaico, Utilizando Lógica Difusa,» *Revista electronica de estudios telemáticos*, vol. 10, nº 2, pp. 1856-4194, 2011.
- [151 Enfsolar, «ENF,» Solar Trade Platform and Directory of Solar Companies, 2020. [En línea]. Available: https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/45114?gclid=Cj0KCQjw0K-HBhDDARIsAFJ6UGhUBy87g6wkoX3G9IpXd6F1ZXluXkVHKMIOQy-1PV2ILFuZJ1jD5xoaAnGxEALw_wcB. [Último acceso: 10 Julio 2021].
- [152 D. A. P. P, «Sistemas fotovoltaicos para iluminación: paneles fotovoltaicos,» *Universidad Técnica Particular de Loja*, pp. 1-4, 2010.
- [153 F. C. Q. ECHEVERRÍA, «DETERMINACIÓN DEL RASTREO DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA EN PANELES FOTOVOLTAICOS A PARTIR DE DISTINTOS NIVELES DE RADIACIÓN USANDO PROCESOS DE SIMULACIÓN,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Quito, 2019.
- [154 Trex, «Energías renovables, seguridad electrónica y comunicaciones,» Lynx technologies, 2016. [En línea]. Available: https://trex.com.pe/soluciones/paneles-solares?gclid=Cj0KCQjw0K-HBhDDARIsAFJ6UGjo3vEO39sz8mpF_CMIUkXsKZ7rZGXojgS1UmSP84pPy-eGi1muu9kaAg9iEALw_wcB. [Último acceso: 10 Julio 2021].
- [155 I. Arnabat, «Calor y frio,» 5 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/energia-solar/cual-huella-dicarbono-de-un-captador-solar-termico-y-de-un-panel-fotovoltaico.html>. [Último acceso: 20 Junio 2021].
- [156 EITAI (XIAMEN) NEW ENERGY TECHNOLOGY CO, «Spanish Alibaba,» Julio 2021. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/product-detail/eitai-painel-sol-430w-solar-panel-monocrystalline-power-half-cut-144cell-solar-panel-1600183296799.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.18de31c8kv9n1o&s=p. [Último acceso: 18 Julio 2021].

- [157 Rosen Solar Energy Co, «Spanish Alibaba,» Julio 2021. [En línea]. Available:
] https://spanish.alibaba.com/product-detail/best-price-solar-energy-systems-home-solar-panel-system-5kw-10kw-on-grid-62007477827.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.77726421NUNWKT.
 [Último acceso: 18 Julio 2021].
- [158 Haining Jixiang New Material & Technology Co, «Spanish Alibaba,» Julio 2021. [En línea].
] Available: https://spanish.alibaba.com/product-detail/heat-pipe-solar-thermal-collector-panel-500218549.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.3d8870403ada30.
 [Último acceso: 18 Julio 2021].
- [159 S. Maneewan, «Investigation on generated power of thermoelectric roof solar collector,»
] *Renewable Energy*, vol. 29, p. 743–752, 2004.
- [160 K. Reddy, «Solar collector field design and viability analysis of stand-alone parabolic
] trough power plants for Indian conditions,» *Energy for Sustainable Development*, vol. 16, nº 4, pp. 456-470, 2012.
- [161 B. Askari, «Energy management and economics of a trigeneration system Considering the
] effect of solar PV, solar collector and fuel price,» *Energy for Sustainable Development*, vol. 26, pp. 43-55, 2015.
- [162 F. A. P. Vaca, «Instalación de colectores solares planos para calentamiento de agua en la
] facultad de ingeniería mecánica y levantamiento del potencial energetica para la instalación a gran escala,» Escuela Politecnica Nacional, Quito, 2012.
- [163 J. H. Garnica, «ENSAYOS NORMALIZADOS DE COLECTORES SOLARES Y SISTEMAS DE
] CALENTAMIENTO DE AGUA EN ARGENTINA: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN, AVANCES Y DIFICULTADES,» *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 14, nº 3, pp. 147-154, 2010.
- [164 Juan Alvarez cia, «Juan Alvarez,» 2020. [En línea]. Available:
] <http://www.juanalvarez.com.ec/paneles-solares-termicos/>. [Último acceso: 10 Julio 2021].
- [165 J. P. A. RUBIO, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA EL
] TRATAMIENTO DE EXCRETAS DE GANADO BOVINO CADET-TUMBACO 2015,» UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, QUITO, 2015.
- [166 Shenzhen Puxin Technology CO, «Spanish Alibaba,» Alibaba, Junlio 2021. [En línea].
] Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/puxin-small-home-biogas-plant-60600981078.html?spm=a2700.details.0.0.6b2f6d50vqDZfv>. [Último acceso: 18 Julio 2021].

- [167 A. Castillos, «Biogas construcción y funcionamiento de biodigestores plásticos de flujo continuo,» PPD/FMAM/PNUD, Montevideo, 2011.
- [168 J. A. O. Saraz, «EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE BIODIGESTION EN SERIE PARA CLIMA FRIO,» *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, vol. 60, nº 2, pp. 4145-4162, 2007.
- [169 C. S. D. FERNANDA, «EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE UN EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE UN DE AGUAS RESIDUALES PORCINAS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA AGRÍCOLA GUACAVIA, CUMARAL-META,» UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS , VILLAVICENCIO , 2018.
- [170 J. F. Pérez Bayer, Ó. H. Díaz Ibarra y R. C. Obando Enriquez, «Diseño conceptual de un gasificador de biomasa de lecho fijo en equicorriente a escala piloto,» *Tecno Lógicas*, nº 22, pp. 121-140, 2009.
- [171 Taizy machinery co., «Alibaba,» Spanish Alibaba, Julio 2021. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/product-detail/cheapest-environment-friendly-wood-gasifier-price-for-sale-biomass-gasifier-60743784670.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.63f96fd1J46KGZ. [Último acceso: 18 Julio 2021].
- [172 Qingdao Greef New Energy Equipment Co., «Made in China,» Julio 2021. [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_qd-greef/product_10kw-Pitch-Control-High-Output-Horizontal-Axis-Wind-Turbine-5kw-10kw-20kw-30kw-System-Generator_uouguresyy.html. [Último acceso: 18 Julio 2021].
- [173 «Sistemas Eólicos Pequeños para Generación de Electricidad,» Departamento de Energía, EE.UU., Nuevo México, 2007.
- [174 1. E. S. Osornio, «Eficiencia en los aerogeneradores de eje horizontal considerando el efecto del tamaño del eje,» *MEMORIAS DEL XXV CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*, pp. 1-6, 2019.
- [175 Hua Ya Co., «Spanish Alibaba,» Julio 2021. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/product-detail/aerogenerator-1kw-wind-generator-with-24v-48v-off-grid-system-60349087919.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.257e5bd1ecg9mM. [Último acceso: 18 Julio 2021].
- [176 R. Resch, «Naciones Unidas cronica ONU,» Naciones Unidas, 2012. [En línea]. Available: <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-promesa-de-la-energia-solar-estrategia-energetica-para-reducir-las-emisiones-de-carbono-en-el>. [Último acceso: 20 Junio 2021].
- [177 Wuxi Smart New Energy Technology Co, «Made in china,» Julio 2021. [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_smartwindturbine/product_Wind-Power-

Generator-1kw-2kw-3kw-5kw-10kw-Vertical-Axis-Wind-Turbine-for-Home_uouunuhsg.html. [Último acceso: 18 Julio 2021].

- [178 NULITE co, «Alibaba,» 2021. [En línea]. Available: https://www.alibaba.com/product-detail/Geothermal-Systems-Nulite-Geothermal-Heating-And_1600062485179.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.96e11fd5KT0tsZ&s=p. [Último acceso: 30 Julio 2021].
- [179 Guangzhou Mango Energy Technology Co., «Made in China,» 30 Julio 2021. [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_mangoheatpump/product_Underfloor-Heating-Water-Geothermal-Commercial-Heat-Pump_rngyirng.html. [Último acceso: 30 Julio 2021].
- [180 Taizhou Airgreen Imp & Exp Co, «Spanish Alibaba,» 1 agosto 2021. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/product-detail/thermodynamic-solar-system-ground-underfloor-solar-floor-anhydrous-ground-underfloor-heating-60752844513.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.4e69306bQdEzLZ. [Último acceso: 1 agosto 2021].
- [181 Wuhu Jiahong new material co., «Spanish Alibaba,» Julio 2021. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/product-detail/electric-radiant-floor-heating-60303353565.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.32a356a9b37z83&s=p. [Último acceso: 31 Julio 2021].
- [182 Jiangyin semphus electrical meterial co., «Made in China,» 31 Julio 2021. [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_senphus/product_120V-Electric-Underfloor-Heating-Systems-UL-E481865_rigyoyeeg.html. [Último acceso: 31 Julio 2021].
- [183 Gucheng Nuandi New Energy Tecnology co., «Made in China,» 31 Julio 2021. [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_nuandi/product_12V-Underfloor-Heating-Mat-Heat-System-for-Home_eeuoreguy.html. [Último acceso: 31 Julio 2021].
- [184 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS, «Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno, Capítulo 3: Electrolizadores,» Universidad de Sevilla, Sevilla, 2009.
- [185 Hefei Sinopower Technologies Co, «Spanish Alibaba,» 1 Agosto 2021. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/product-detail/12w-100w-500w-2000w-5000w-hydrogen-fuel-cell-small-power-stack-pem-hydrogen-electricity-hydrogen-fuel-cell-1600188744609.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.4ba910ac3LUrMW. [Último acceso: 1 Agosto 2021].
- [186 Organizacion de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, «Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores.,» Creative Commons , Buenos Aires, 2019.

- [187 A. H. y. A. Askarzadeh, «Techno-economic analysis of a PV/biomass/fuel cell energy system considering different fuel cell system initial capital costs,» *Solar Energy*, vol. 133, pp. 409-420, 2016.
- [188 Neerg EcoTechnologies co, «Spanish Alibaba,» 2021. [En línea]. Available:
] https://spanish.alibaba.com/product-detail/50w-direct-methanol-fuel-cell-dmfc-portable-fuel-power-generator-battery-pack-for-defense-and-civil-purposes-62046526161.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.4ba910acdVJ4eJ. [Último acceso: 1 Agosto 2021].
- [189 M. Castro, «Reflexiones en torno al desarrollo de los biocombustibles en Ecuador,»
] *Centro ecuatoriano de derecho ambiental CEDA*, nº 25, pp. 1-5, 2012.
- [190 Q. T. Dylan Jesus, «DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO,»
] Universidad Santo Tomás, Bogota, 2020.
- [191 R. D. Gonzales Toledo, «Sistema de refrigeración con efecto Peltier y superficies
] extendidas, para enfriamiento sensible de aire. Caso de estudio: dimensionamiento de una carga térmica de 100 w de refrigeración,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2020.
- [192 Thermonamic Electronics (Jiangxi) co., «Alibaba,» 2021. [En línea]. Available:
] https://www.alibaba.com/product-detail/Peltier-Module-Cooling-Peltier-Module-TEC1_1971889403.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.12c977b16GSkl6&s=p. [Último acceso: 30 Julio 2021].
- [193 Thermonamic electronic (Jiangxi) co, «Alibaba,» 2021. [En línea]. Available:
] https://www.alibaba.com/product-detail/Peltier-Module-Peltier-Module-Higher-Temperature_898969856.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.12c977b16GSkl6&s=p. [Último acceso: 30 Julio 2021].
- [194 Alinza de energia y ambiente con centroamerica, «Calentamiento de Agua a través de
] Sistema Híbrido Biogás – Solar Térmico para el Hotel Villa Paraíso,» Centro de Producción más Limpia de Nicaragua., Nicaragua, 2009.
- [195 Shenzhen Puxin Technology Co, «Spanish Alibaba,» 2021. [En línea]. Available:
] https://spanish.alibaba.com/product-detail/high-efficiency-biogas-stove-double-burner-60586224850.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.3f28f038uvh87g. [Último acceso: 29 Julio 2021].
- [196 S. B. Diego Moya, «Agent-based scenarios comparison for assessing fuel-switching
] investment in long-term energy transitions of the India's industry sector,» *Applied Energy*, vol. 274, p. 115295, 2020.

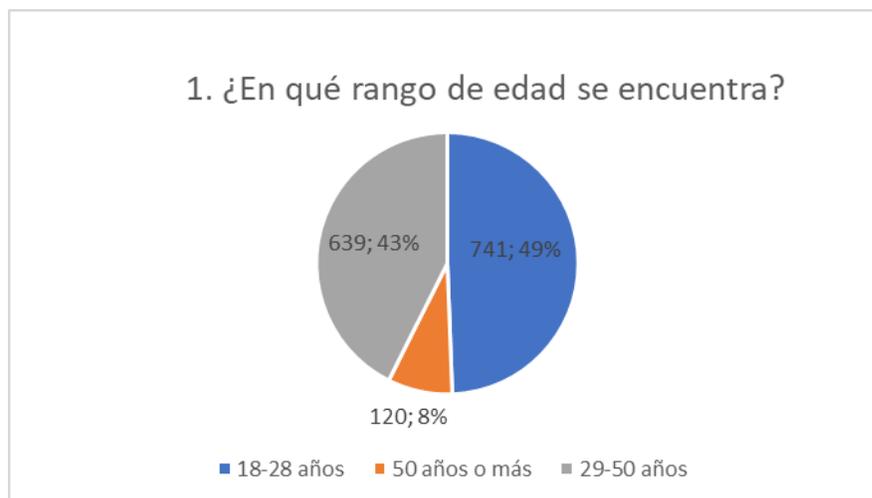
- [197 Comisión de determinación de factores de emisión de gases de efecto invernadero (CTFE),
] «Factor de emisión de CO₂ del sistema nacional interconectado Ecuador,» CTFE, Quito,
2020.
- [198 C. S. Ojeda, «Emissions from LPG combustion heaters from the city of Loja and possible
] relationship with acute respiratory diseases,» *CEDAMAZ*, nº 6, pp. 1390-5880, 2016.
- [199 D. Machado, «Urgencias derivadas del Cambio Climático en LATAM,» de *Ecosistemas de
] Innovación*, Quito, 2021.
- [200 IRENA, «INNOVATION LANDSCAPE FOR A RENEWABLE-POWERED FUTURE: SOLUTIONS
] TO INTEGRATE VARIABLE RENEWABLES,» Energy Agency, Abu Dhabi, 2019.
- [201 R. D. M. Montero, «Los sistemas alternativos y eficiencia energética: Incentivos
] económicos para el uso alternativo de energía en el DMQ,» PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito, 2016.
- [202 United Nations, «United Nations Department of Economic and Social Affairs (DESA),»
] 2021. [En línea]. Available: <https://population.un.org/wpp/DataQuery/>. [Último acceso:
1 Octubre 2021].
- [203 INEC, «Ecuador en cifras,» INEC, 2010. [En línea]. Available:
] [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-
inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/presentacion.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/presentacion.pdf). [Último
acceso: 1 Octubre 2021].
- [204 W. M. J. O. A. S. S. Z. José Serrano, «Determinación del Potencial de Generación Eléctrica
] a Partir de Biomasa en el Ecuador,» *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, vol. I, nº
3, pp. 41-61, 2017.
- [205 D. Ochoa, «Modeling an Isolated Hybrid Wind-Diesel Power System for Performing
] Frequency Control Studies. A Case of Study: San Cristobal Island, Galapagos–Ecuador,»
IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, vol. XVII, nº 5, pp. 775-785, 2019.
- [206 A. H. R. SORIANO, «EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE DESARROLLO DE BIOCOMBUSTIBLES
] EN EL ECUADOR: CASO GASOLINA ECOPAÍS PERIODO 2010 – 2015,» UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL, GUAYAQUIL, 2016.
- [207 W. Torres, «Primicias,» 15 Julio 2020. [En línea]. Available:
] [https://www.primicias.ec/noticias/economia/economia-ecuador-decrecera-109-2020-
fmi/](https://www.primicias.ec/noticias/economia/economia-ecuador-decrecera-109-2020-fmi/). [Último acceso: 10 Diciembre 2020].
- [208 Energy Information Administration EIA, «Annual Energy Outlook 2021,» *Independent
] Statistics & Analysis*, vol. 4, nº 1, pp. 1-31, 2021.

- [20 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD, «Regulacioneolica»,
9] Gobierno nacional Ecuatoriano, 19 Septiembre 2019. [En línea]. Available:
<https://www.regulacioneolica.gob.ec/balance-nacional/>. [Último acceso: 5 6 2021].

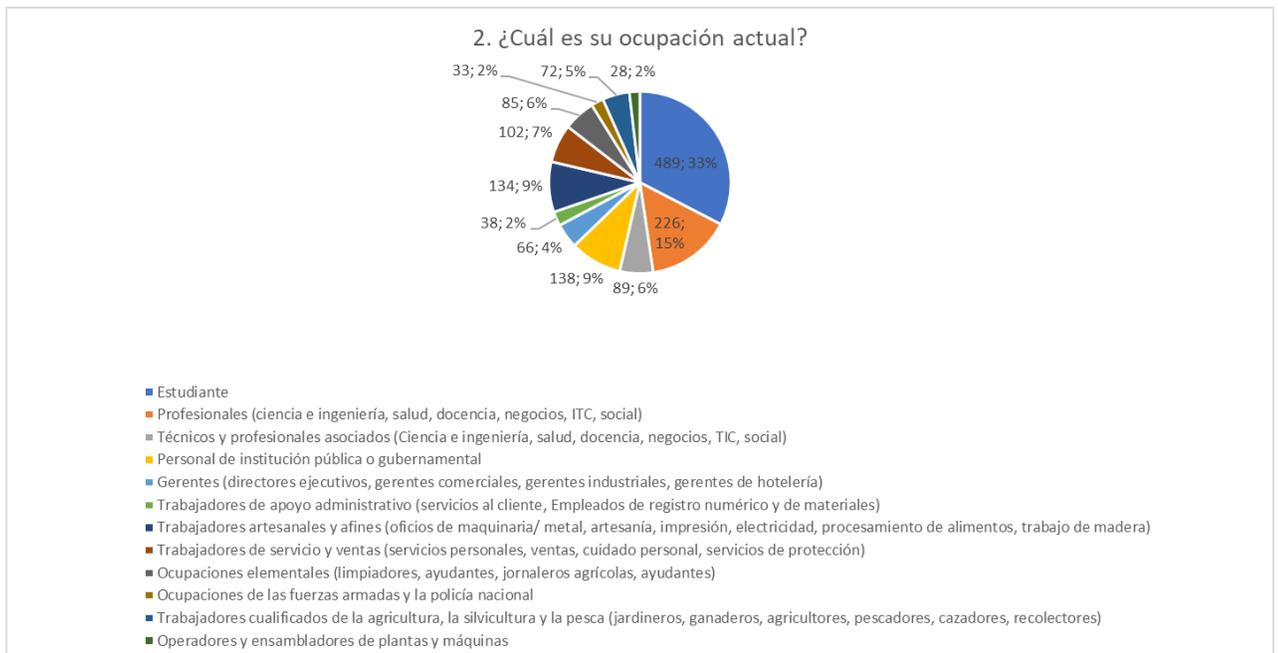
ANEXOS

Anexo 1

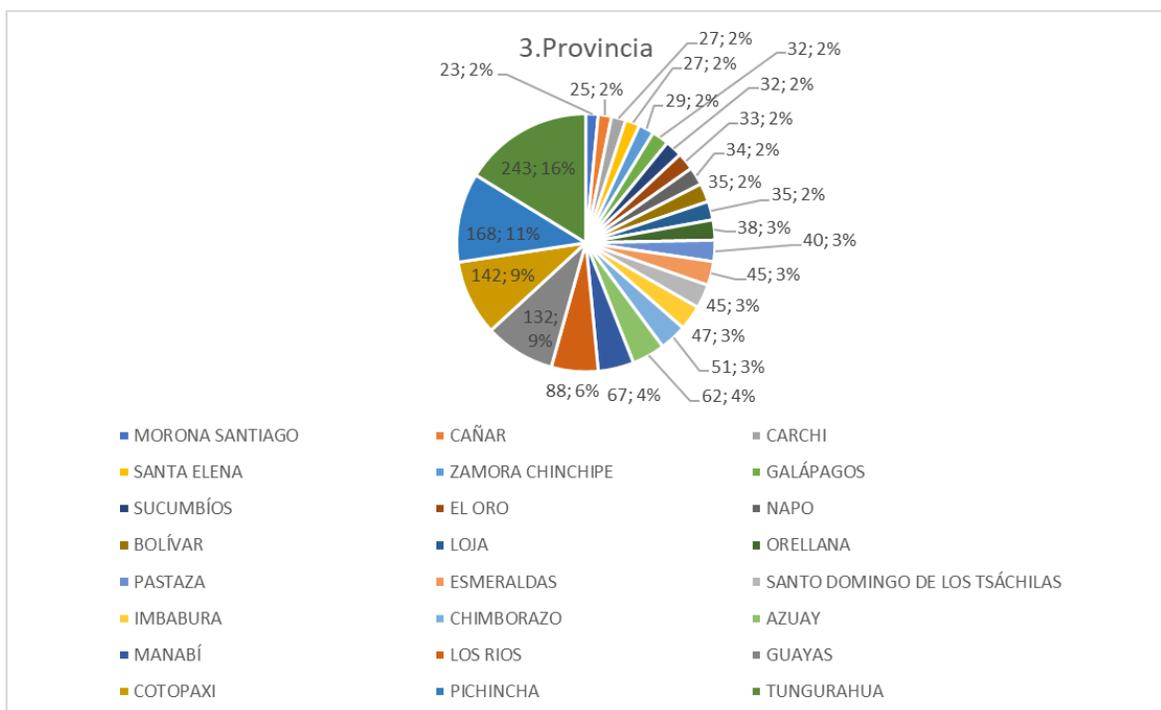
Preguntas y resultados de la encuesta realizada a nivel nacional para analizar los objetivos de los agentes existentes en el territorio y la creación de los mismos.



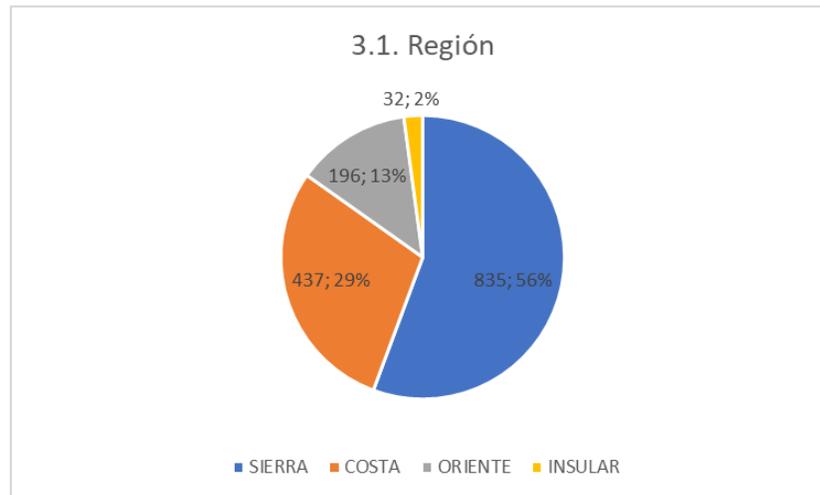
La encuesta ha sido respondida por un público adulto-joven de quienes se puede esperar una futura (no lejana) adquisición o actualización de tecnología.



La mayoría de los encuestados poseen un trabajo lo cual los convierte en potenciales decisores de tecnología para sus hogares.

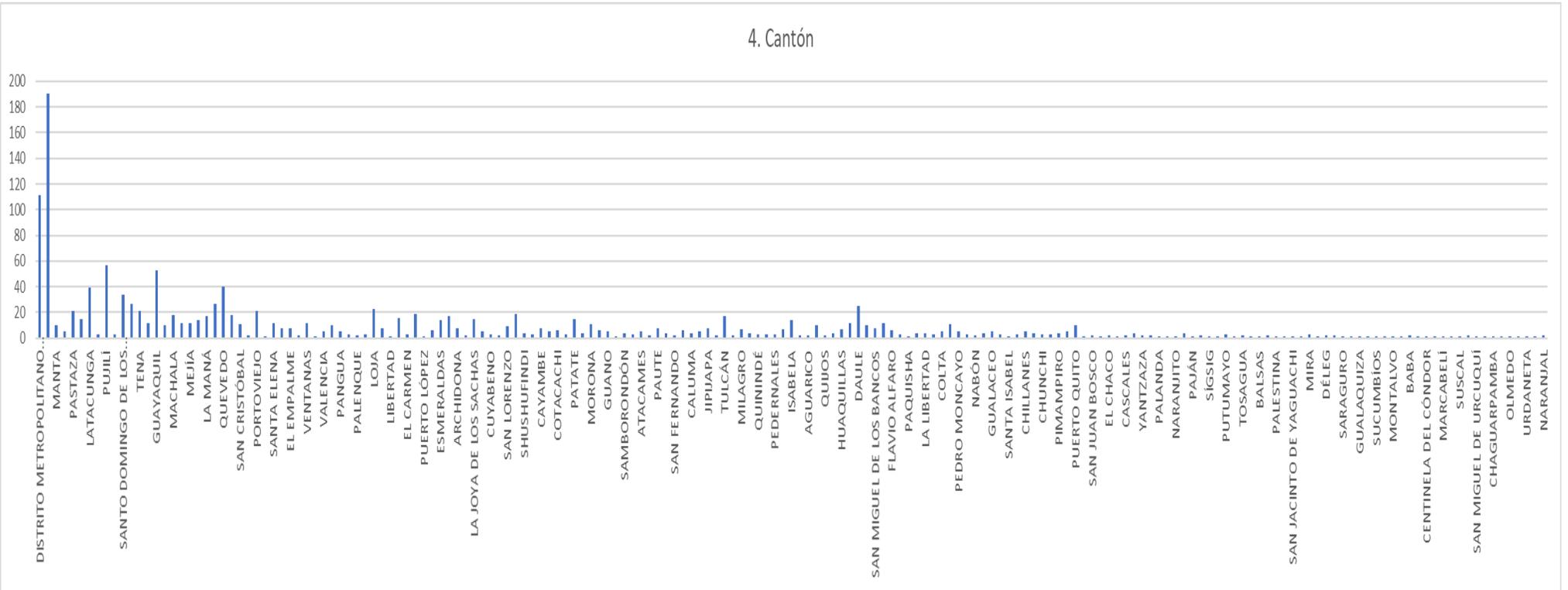


Los participantes son de todas las provincias del país

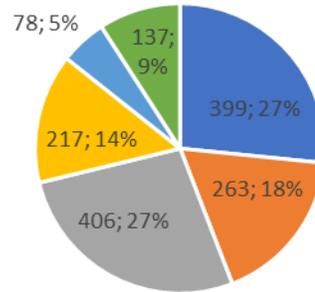


La región Sierra tiene una mayor participación en la encuesta.

4. Cantón



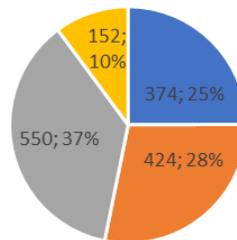
5. ¿Cuántas personas viven en su hogar (en la cantidad debe incluirse usted)?



■ 4 personas ■ 2 personas ■ 3 personas ■ 5 personas ■ 1 persona ■ 6 o más personas

6. ¿Cuál es el nivel de educación de los integrantes de su familia?

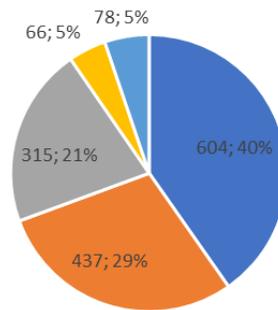
6.1 Integrante 1



■ Educación Primaria y por debajo ■ Universidad y Pregrado
■ Educación Secundaria ■ Postgrado (Maestría y Doctorado)

6. ¿Cuál es el nivel de educación de los integrantes de su familia?

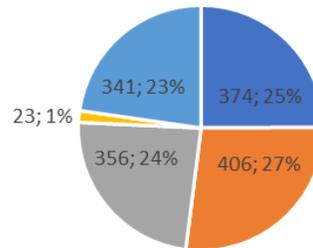
6.2 Integrante 2



■ Educación Secundaria ■ Universidad y Pregrado ■ Educación Primaria y por debajo
■ Postgrado (Maestría y Doctorado) ■ Casilla en blanco

6. ¿Cuál es el nivel de educación de los integrantes de su familia?

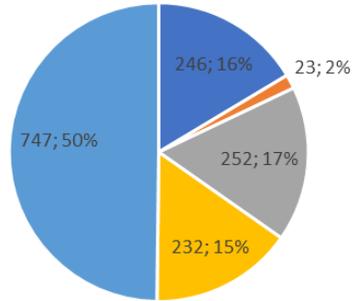
6.3 Integrante 3



■ Universidad y Pregrado ■ Educación Secundaria
■ Educación Primaria y por debajo ■ Postgrado (Maestría y Doctorado)
■ Casilla en blanco

6. ¿Cuál es el nivel de educación de los integrantes de su familia?

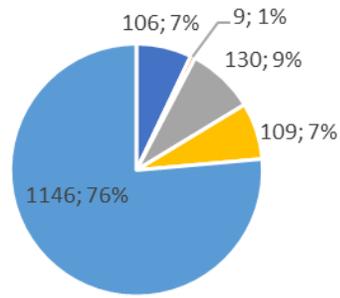
6.4 Integrante 4



■ Universidad y Pregrado ■ Postgrado (Maestría y Doctorado) ■ Educación Secundaria
■ Educación Primaria y por debajo ■ Casilla en blanco

6. ¿Cuál es el nivel de educación de los integrantes de su familia?

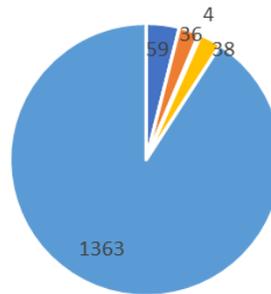
6.5 Integrante 5



■ Universidad y Pregrado ■ Postgrado (Maestría y Doctorado) ■ Educación Secundaria
■ Educación Primaria y por debajo ■ Casilla en blanco

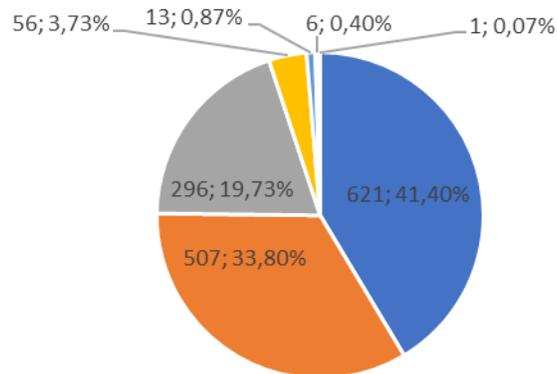
6. ¿Cuál es el nivel de educación de los integrantes de su familia?

6.6 Integrante 6



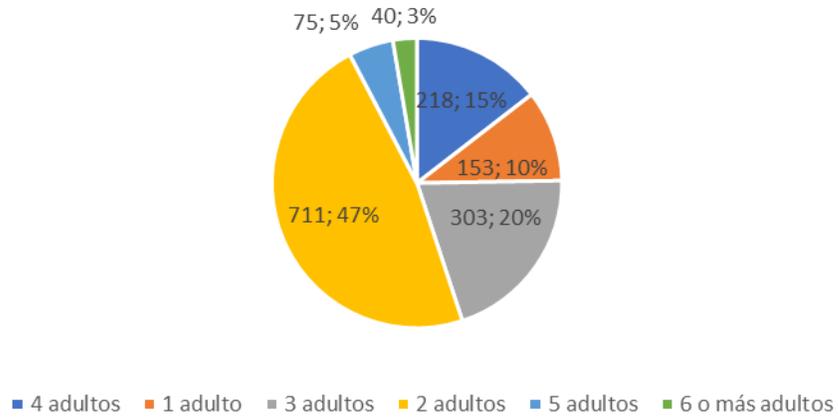
- Educación Secundaria
- Educación Primaria y por debajo
- Postgrado (Maestría y Doctorado)
- Universidad y Pregrado
- Casilla en blanco

7. ¿Cuántos niños existen en su hogar (personas que viven juntas menores a 18 años)?



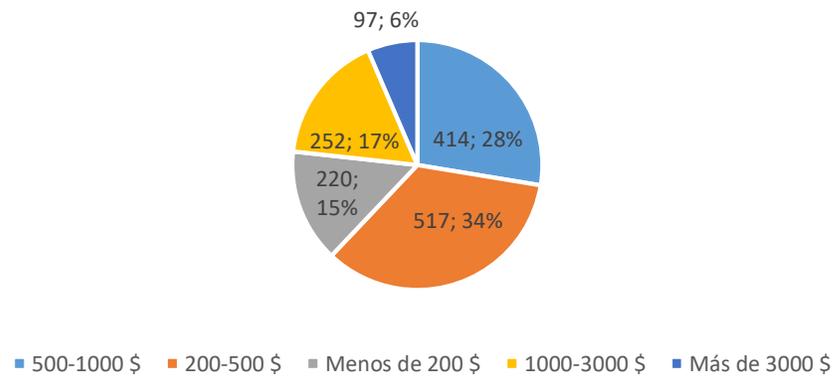
- No hay niños
- 1 niño
- 2 niños
- 3 niños
- 4 niños
- 5 niños
- 6 o más niños

8. ¿Cuántos adultos existen en su hogar (personas que viven juntas mayores a 18 años)?



9. ¿Cuál es el rango de salarios mensuales de cada adulto con un ingreso fijo en su familia?

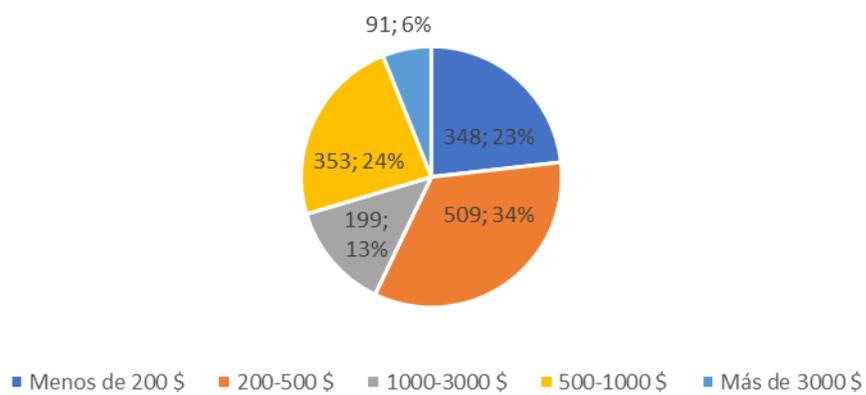
9.1 Máx



La mayoría de adultos reciben un sueldo básico

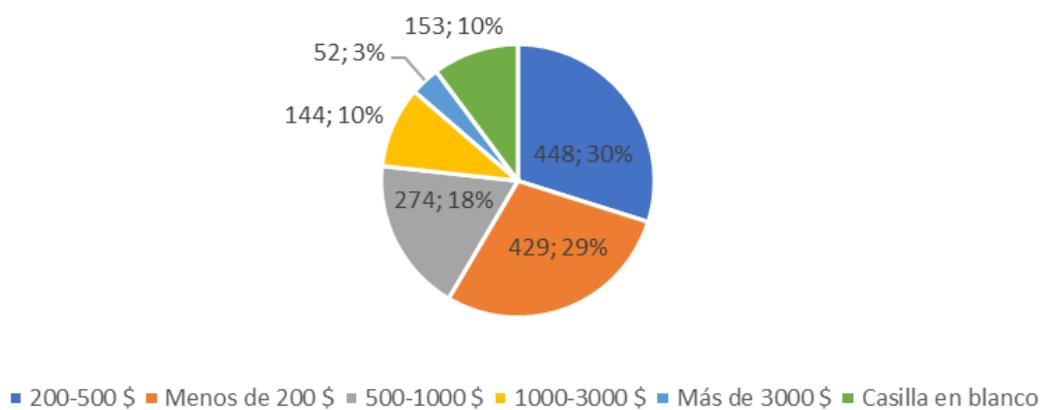
9. ¿Cuál es el rango de salarios mensuales de cada adulto con un ingreso fijo en su familia?

9.2 Adulto 1



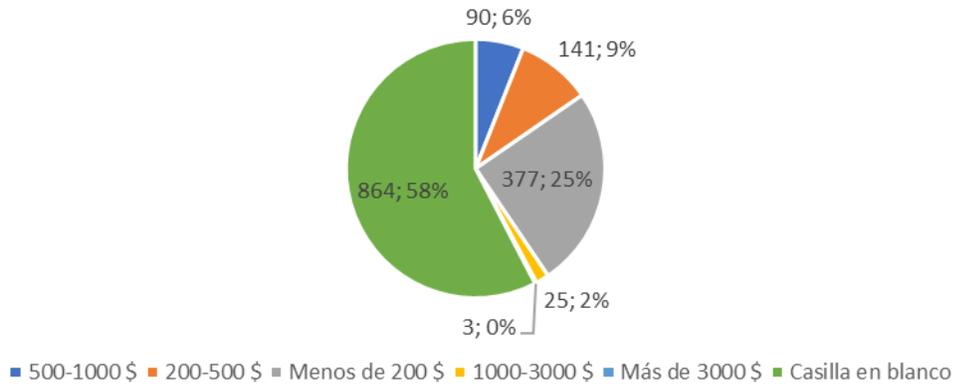
9. ¿Cuál es el rango de salarios mensuales de cada adulto con un ingreso fijo en su familia?

9.3 Adulto 2



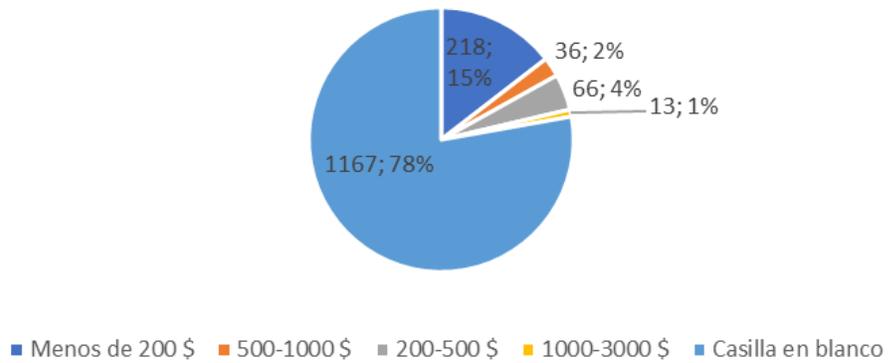
9. ¿Cuál es el rango de salarios mensuales de cada adulto con un ingreso fijo en su familia?

9.4 Adulto 3



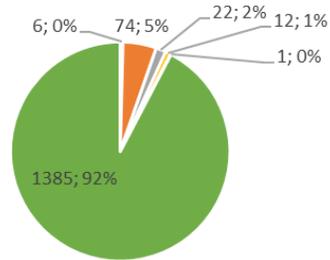
9. ¿Cuál es el rango de salarios mensuales de cada adulto con un ingreso fijo en su familia?

9.5 Adulto 4



9. ¿Cuál es el rango de salarios mensuales de cada adulto con un ingreso fijo en su familia?

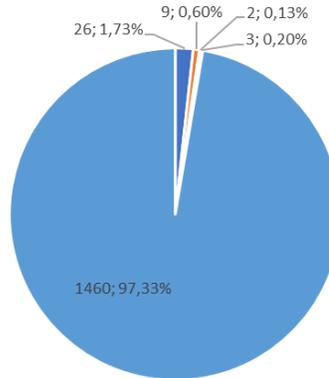
9.6 Adulto 5



■ 1000-3000 \$ ■ Menos de 200 \$ ■ 200-500 \$ ■ 500-1000 \$ ■ Más de 3000 \$ ■ Casilla en blanco

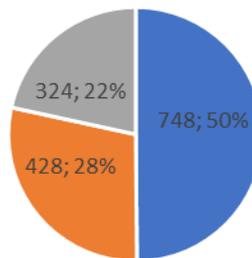
9. ¿Cuál es el rango de salarios mensuales de cada adulto con un ingreso fijo en su familia?

9.7 Adulto 6



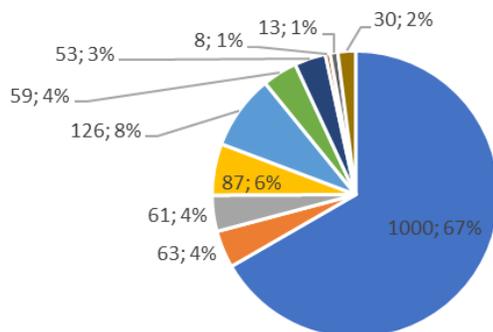
■ Menos de 200 \$ ■ 200-500 \$ ■ 500-1000 \$ ■ 1000-3000 \$ ■ Casilla en blanco

10. ¿En qué zona vive su familia?:



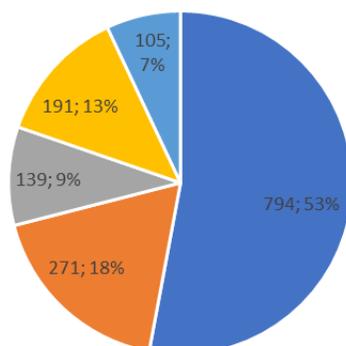
■ Área urbana (Ciudad)
 ■ Ciudad suburbana (en los alrededores de la ciudad)
 ■ Área rural (Campo)

11. ¿En qué tipo de vivienda habita su familia?



- Casa Unifamiliar
- Otra vivienda Particular
- Edificio Multifamiliar
- Cuarto(s) en casa de inquilinato
- Edificio residencial urbano de gran altura (más de 7 pisos en total)
- Edificio residencial urbano de poca altura (3-6 pisos en total)
- Conjunto Residencial
- Mediagua
- Choza
- Rancho

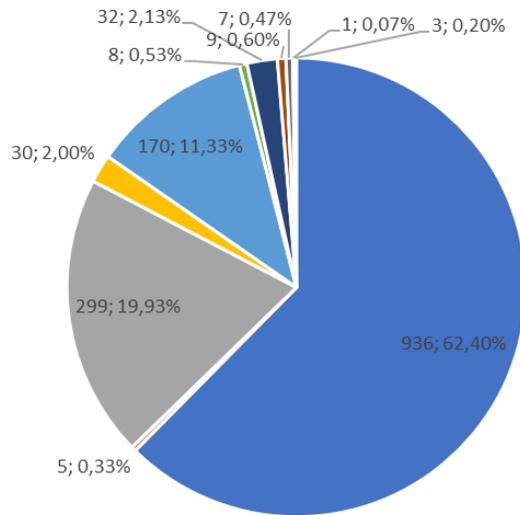
12. ¿En qué tipo de propiedad se ubica la casa de su familia?



- Propia y totalmente pagada
- Arrendada
- Propia (regalada, donada, heredada o por pensión)
- Propia y esta pagando
- Prestada o cedida (no paga)

13. ¿Qué equipos o sistemas se utilizan en su hogar para ventilación de espacios?

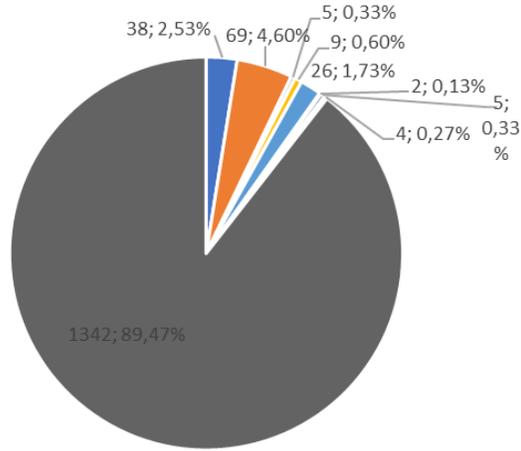
13.1 Tecnología 1a



- Ninguno
- Aire acondicionado solar
- Ventiladores
- Otros
- Aire acondicionado fijo
- Enfriadores de aire
- Aire acondicionado portátil
- Refrigeración bioclimática
- Refrigeración evaporativa
- Ventilación mecánica o inteligente
- Sistema aerotérmico de ventilación

13. ¿Qué equipos o sistemas se utilizan en su hogar para ventilación de espacios?

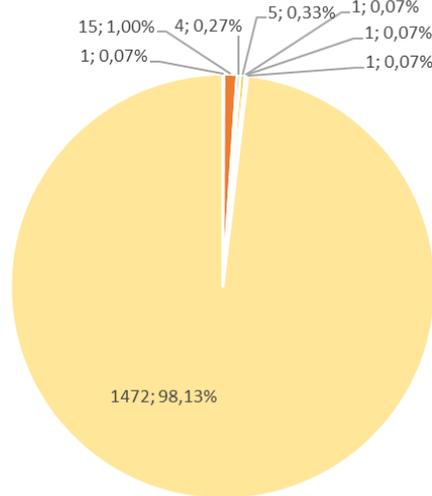
13.2 Tecnología 2a



- Aire acondicionado portátil
- Ventiladores
- Ninguno
- Otros
- Aire acondicionado fijo
- Aire acondicionado solar
- Enfriadores de aire
- Ventilación mecánica o inteligente
- Casilla en blanco

13. ¿Qué equipos o sistemas se utilizan en su hogar para ventilación de espacios?

13.3 Tecnología 3a

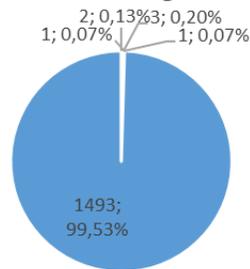


- Refrigeración bioclimática
- Ventiladores
- Aire acondicionado fijo
- Enfriadores de aire
- Ventilación mecánica o inteligente
- Otros
- Sistema aerotérmico de ventilación
- Casilla en blanco

13. Tecnología 4a	
Ventilación mecánica	2
Enfriadores de aire	3
Ventiladores	1
Aire acondicionado	1
Casila en blanco	1493

13. ¿Qué equipos o sistemas se utilizan en su hogar para ventilación de espacios?

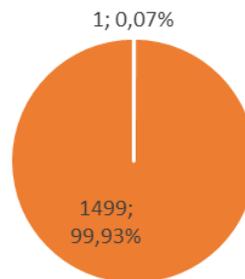
13.4 Tecnología 4a



- Ventilación mecánica o inteligente
- Enfriadores de aire
- Ventiladores
- Aire acondicionado portátil
- Casila en blanco

13. ¿Qué equipos o sistemas se utilizan en su hogar para ventilación de espacios?

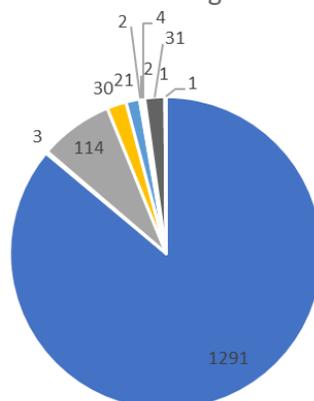
13.5 Tecnología 5a



- Otros
- Casilla en blanco

14. ¿Qué equipos o sistemas se utilizan en su hogar para calefacción de espacios?

14.1 Tecnología 1b

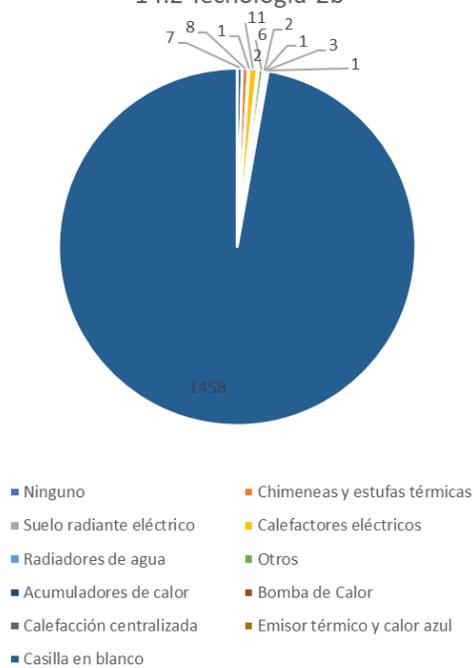


- Ninguno
- Suelo térmico por agua
- Calefactores eléctricos
- Chimeneas y estufas térmicas
- Otros
- Acumuladores de calor
- Radiadores de agua
- Emisor térmico y calor azul
- Calefacción centralizada
- Suelo radiante eléctrico
- Bomba de Calor

14. Tecnología 1b	Cantidad de personas	%
Ninguno	1291	86,07
Suelo térmico por	3	0,20
Calefactores	114	7,60
Chimeneas y estufas	30	2,00
Otros	21	1,40
Acumuladores de	2	0,13
Radiadores de agua	2	0,13
Emisor térmico y	4	0,27
Calefacción	31	2,07
Suelo radiante	1	0,07
Bomba de Calor	1	0,07

14. ¿Qué equipos o sistemas se utilizan en su hogar para calefacción de espacios?

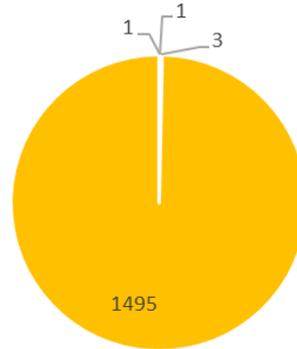
14.2 Tecnología 2b



14. Tecnología 2b	Cantidad de personas	%
Ninguno	7	0,47
Chimeneas y estufas	8	0,53
Suelo radiante	1	0,07
Calefactores	11	0,73
Radiadores de agua	2	0,13
Otros	6	0,40
Acumuladores de	2	0,13
Bomba de Calor	1	0,07
Calefacción	3	0,20
Emisor térmico y	1	0,07
Casilla en blanco	1458	97,20

14. ¿Qué equipos o sistemas se utilizan en su hogar para calefacción de espacios?

14.3 Tecnología 3b

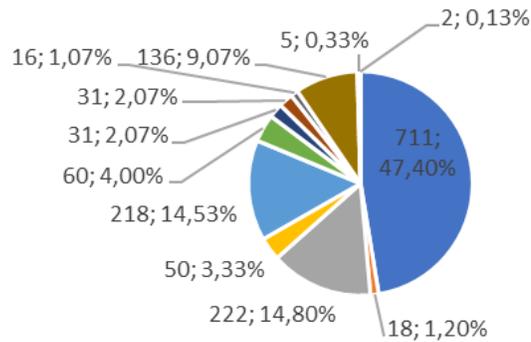


- Ninguno
- Otros
- Chimeneas y estufas térmicas
- Casilla en blanco

14. Tecnología 3b	Cantidad de personas	%
Ninguno	1	0,07
Otros	1	0,07
Chimeneas y estufas t	3	0,20
Casilla en blanco	1495	99,67

15. ¿Qué equipos utilizan en su hogar para calentamiento de agua?

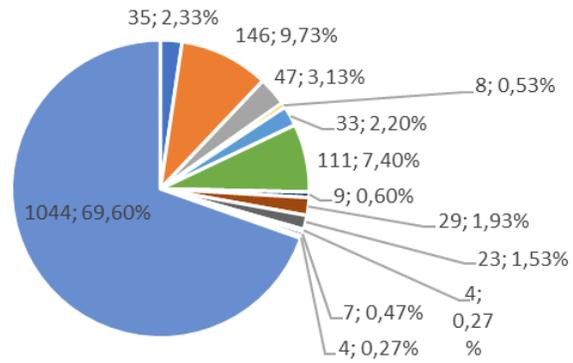
15.1 Tecnología 1c



- Estufa de gas
- Calefón solar
- Ducha eléctrica
- Calefón eléctrico
- Calefón a gas
- Cocina de inducción
- Estufa de leña
- Otros
- Hervidor eléctrico
- No caliente el agua
- Olla a presión eléctrica
- Estufa de carbón

15. ¿Qué equipos utilizan en su hogar para calentamiento de agua?

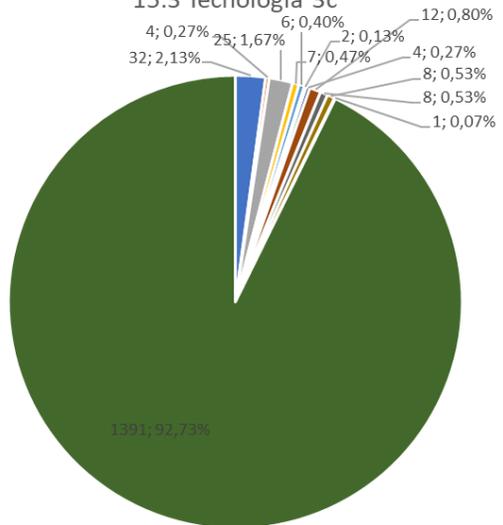
15.2 Tecnología 2c



- Cocina de inducción
- Ducha eléctrica
- Estufa de gas
- Olla a presión eléctrica
- Calefón eléctrico
- Calefón a gas
- Calefón solar
- Estufa de leña
- Hervidor eléctrico
- No caliente el agua
- Otros
- Estufa de carbón
- Casilla en blanco

15. ¿Qué equipos utilizan en su hogar para calentamiento de agua?

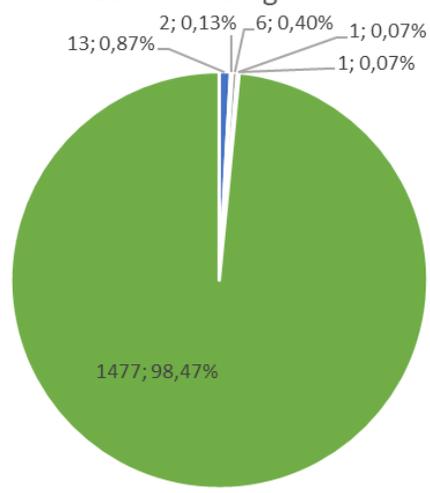
15.3 Tecnología 3c



- Ducha eléctrica
- Otros
- Calefón a gas
- Estufa de gas
- Olla a presión eléctrica
- Estufa de leña
- Estufa de carbón
- Calefón eléctrico
- Cocina de inducción
- Hervidor eléctrico
- No caliente el agua
- Casilla en blanco

15. ¿Qué equipos utilizan en su hogar para calentamiento de agua?

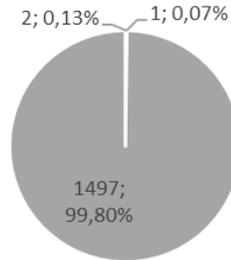
15.4 Tecnología 4c



- Ducha eléctrica
- Cocina de inducción
- Calefón a gas
- Estufa de leña
- Hervidor eléctrico
- Casilla en blanco

15. ¿Qué equipos utilizan en su hogar para calentamiento de agua?

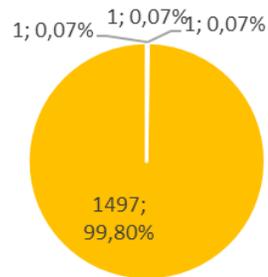
15.5 Tecnología 5c



■ Olla a presión eléctrica ■ Ducha eléctrica ■ Casilla en blanco

15. ¿Qué equipos utilizan en su hogar para calentamiento de agua?

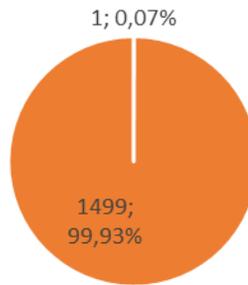
15.6 Tecnología 6c



■ Ducha eléctrica ■ Otros ■ Calefón a gas ■ Casilla en blanco

15. ¿Qué equipos utilizan en su hogar para calentamiento de agua?

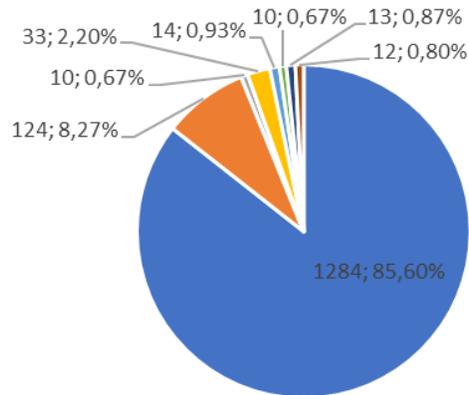
15.7 Tecnología 7c



■ Otros ■ Casilla en blanco

16. ¿Cuáles son los equipos que utilizan en su hogar para cocinar?

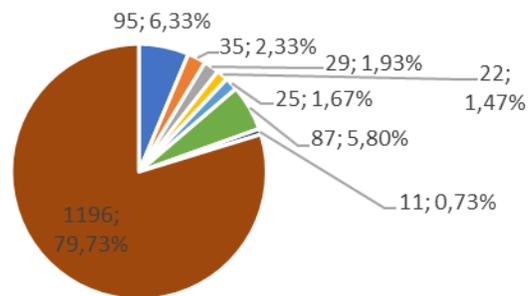
16.1 Tecnología 1d



■ Estufa de gas ■ Cocina de inducción ■ No cocino
 ■ Estufa de leña ■ Otros ■ Hervidor eléctrico
 ■ Estufa de carbón ■ Olla a presión eléctrica

16. ¿Cuáles son los equipos que utilizan en su hogar para cocinar?

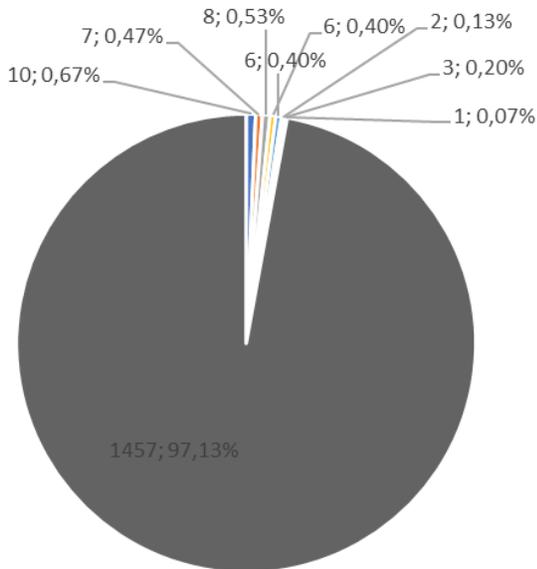
16.2 Tecnología 2d



- Cocina de inducción
- Estufa de gas
- Otros
- Olla a presión eléctrica
- Hervidor eléctrico
- Estufa de leña
- Estufa de carbón
- Casilla en blanco

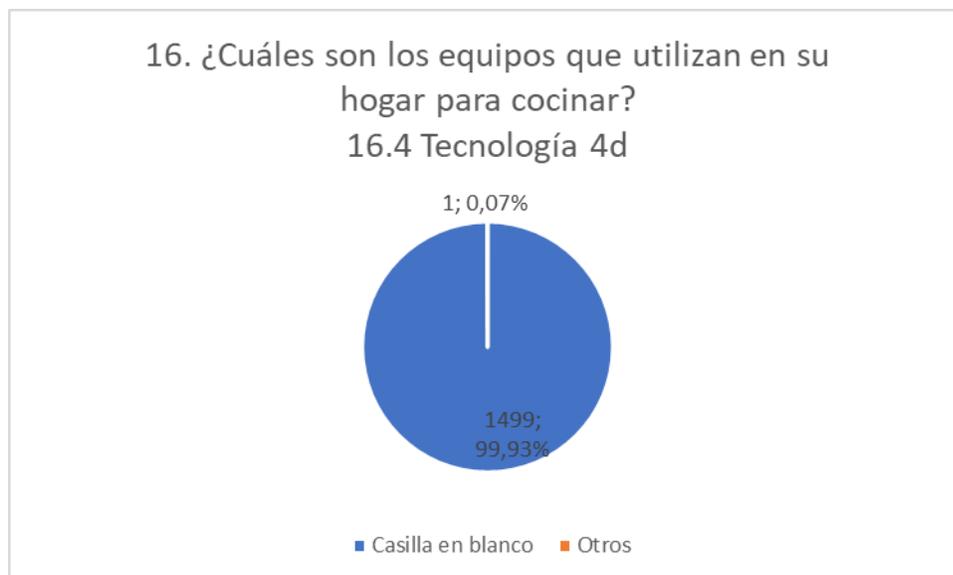
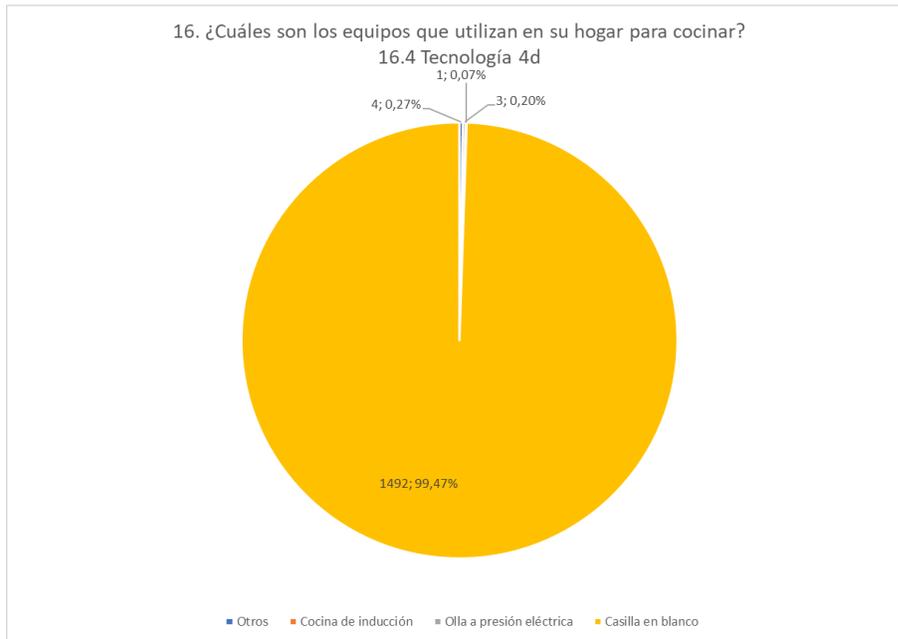
16. ¿Cuáles son los equipos que utilizan en su hogar para cocinar?

16.3 Tecnología 3d



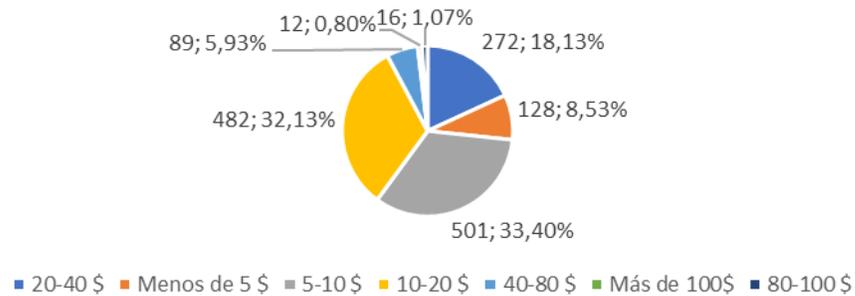
- Hervidor eléctrico
- Otros
- Olla a presión eléctrica
- Estufa de carbón
- Cocina de inducción
- Estufa de gas
- Estufa de leña
- No cocino
- Casilla en blanco

16. Tecnología 4d	
Otros	4
Cocina de inducción	3
Olla a presión eléctrica	1
Casilla en blanco	1492



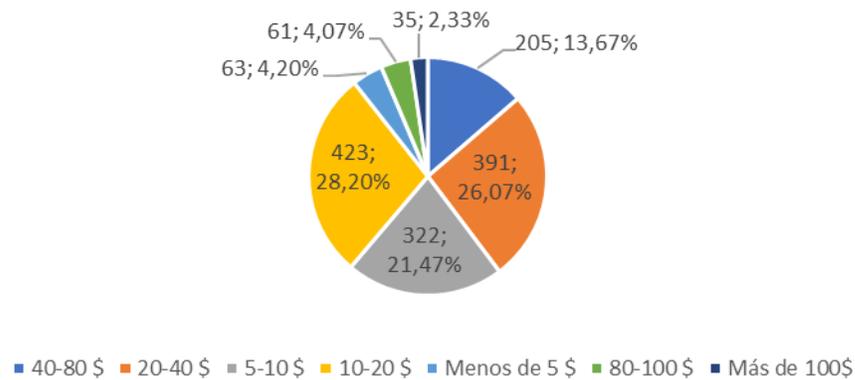
17. ¿Cuánto fue la tarifa mensual que pagó por el consumo de luz eléctrica y/o tanques de gas domésticos en 2020?:

17.1 Factura mensual de menor consumo de luz eléctrica



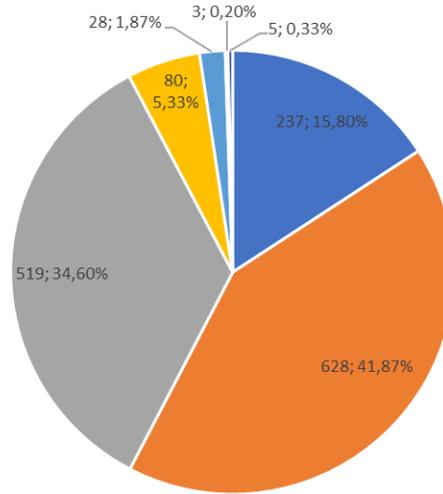
17. ¿Cuánto fue la tarifa mensual que pagó por el consumo de luz eléctrica y/o tanques de gas domésticos en 2020?:

17.2 Factura mensual de mayor consumo de luz eléctrica



17. ¿Cuánto fue la tarifa mensual que pagó por el consumo de luz eléctrica y/o tanques de gas domésticos en 2020?:

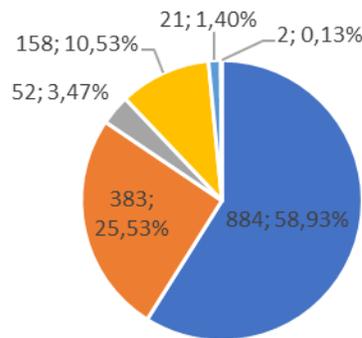
17.3 Pago mensual por el consumo de tanques de gas doméstico



■ 10-20 \$ ■ 5-10 \$ ■ Menos de 5 \$ ■ 20-40 \$ ■ 40-80 \$ ■ Más de 100 \$ ■ 80-100 \$

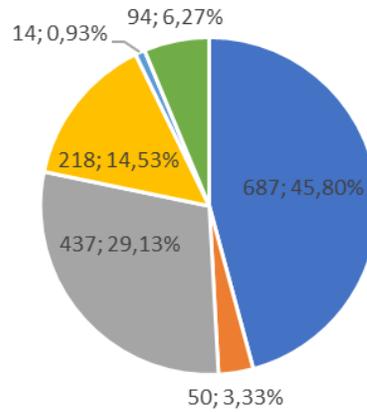
18. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar solo por el mantenimiento o instalación de un equipo o sistema de calefacción y/o ventilación en su hogar?

18.1 Mantenimiento del equipo y/o sistema de calefacción o ventilación que tiene actualmente



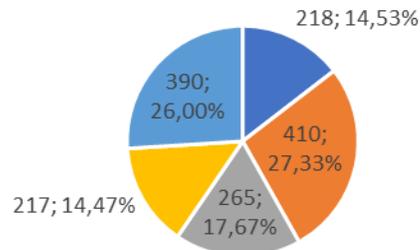
■ Por debajo de 50 \$ ■ 50-100 \$ ■ 300-700 \$ ■ 100-300 \$ ■ 700-1000 \$ ■ Más de 1000 \$

18. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar solo por el mantenimiento o instalación de un equipo o sistema de calefacción y/o ventilación en su hogar?
 18.2 Instalación de un nuevo equipo y/o sistema de calefacción o ventilación



■ Por debajo de 50 \$ ■ 700-1000 \$ ■ 50-100 \$ ■ 100-300 \$ ■ Más de 1000 \$ ■ 300-700\$

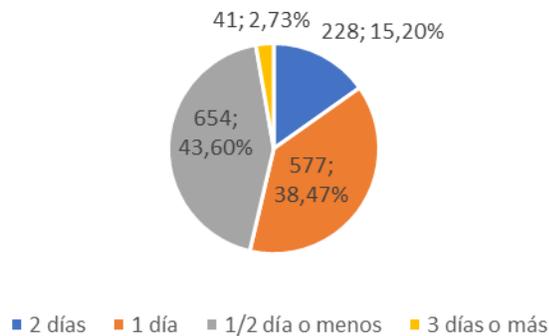
19. ¿Qué característica consideraría al adquirir o renovar un sistema o equipo de calefacción y/o ventilación para su hogar?



- Me gustaría volver a comprar el mismo sistema de calefacción y/o ventilación que tengo ahora si puedo
- No me importa qué tipo de sistema de calefacción y/o ventilación compro, consideraría nuevas opciones que no he visto funcionar antes, siempre y cuando tengan una garantía del fabricante.
- No me importa qué tipo de sistema de calefacción y/o ventilación tenga, siempre que utilice el mismo combustible o mismo sistema de electricidad.
- No aplica. No podría elegir qué sistema de calefacción y/o ventilación comprar porque el propietario o el administrador del edificio toma esa decisión por mi hogar.
- No me importa qué tipo de sistema de calefacción y/o ventilación compro, siempre que esté seguro de que funciona

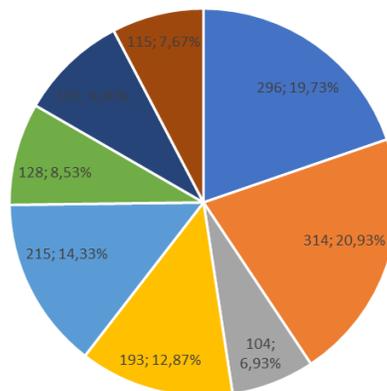
20. ¿Qué tiempo sería adecuado para la instalación de un sistema de calefacción y/o ventilación?

20.1 Sistema de Calefacción



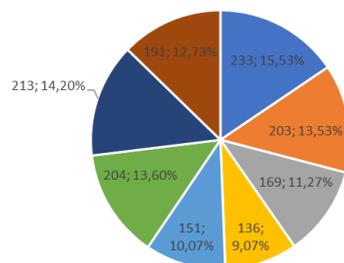
21. Ordene las características que usted tomaría cuenta al modernizar y dar mantenimiento a su actual sistema o equipo descompuesto de calefacción y/o ventilación según la importancia que usted

21.1 1er Lugar



- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual.
- Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizó el mantenimiento.
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación).
- Seleccionaría el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible.
- Seleccionaría dar mantenimiento siempre que me resulte que el costo de funcionamiento anual es más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual).
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia durante su vida útil.
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Seleccionaría dar mantenimiento con un costo más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.

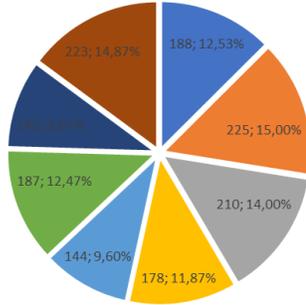
21. Ordene las características que usted tomaría cuenta al modernizar y dar mantenimiento a su actual sistema o equipo descompuesto de calefacción y/o ventilación según la importancia que usted
21.2 2do Lugar



- Seleccionaría el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible.
- Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizo el mantenimiento.
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual.
- Seleccionaría dar mantenimiento con un costo más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Seleccionaría dar mantenimiento siempre que me resulte que el costo de funcionamiento anual es más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual).
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación).
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia durante su vida útil.
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.

Título del grá21. Ordene las características que usted tomaría cuenta al modernizar y dar mantenimiento a su actual sistema o equipo descompuesto de calefacción y/o ventilación según la importancia que usted

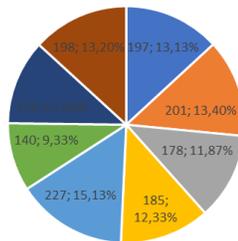
21.3 3er Lugar



- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia durante su vida útil.
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación).
- Seleccionaría el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible.
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizo el mantenimiento.
- Seleccionaría dar mantenimiento siempre que me resulte que el costo de funcionamiento anual es más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual).
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual.
- Seleccionaría dar mantenimiento con un costo más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.

21. Ordene las características que usted tomaría cuenta al modernizar y dar mantenimiento a su actual sistema o equipo descompuesto de calefacción y/o ventilación según la importancia que usted

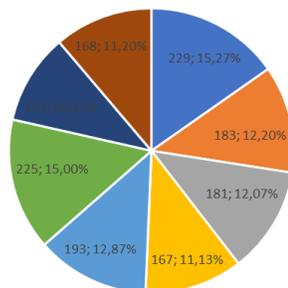
21.4 4to Lugar



- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación).
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia durante su vida útil.
- Seleccionaría dar mantenimiento siempre que me resulte que el costo de funcionamiento anual es más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual).
- Seleccionaría el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible.
- Seleccionaría dar mantenimiento con un costo más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual.
- Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizo el mantenimiento.
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.

21. Ordene las características que usted tomaría cuenta al modernizar y dar mantenimiento a su actual sistema o equipo descompuesto de calefacción y/o ventilación según la importancia que usted

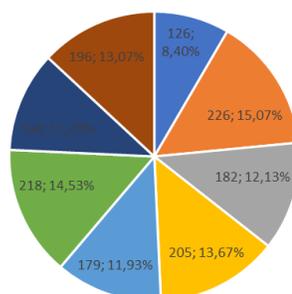
21.5 5to Lugar



- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación).
- Seleccionaría el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible.
- Seleccionaría dar mantenimiento con un costo más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia durante su vida útil.
- Seleccionaría dar mantenimiento siempre que me resulte que el costo de funcionamiento anual es más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual).
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual.
- Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizó el mantenimiento.

21. Ordene las características que usted tomaría cuenta al modernizar y dar mantenimiento a su actual sistema o equipo descompuesto de calefacción y/o ventilación según la importancia que usted

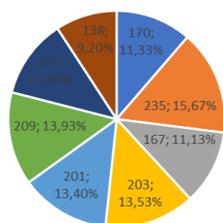
21.6 6to Lugar



- Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizo el mantenimiento.
- Seleccionaría dar mantenimiento con un costo más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual.
- Seleccionaría dar mantenimiento siempre que me resulte que el costo de funcionamiento anual es más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual).
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación).
- Seleccionaría el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible.
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia durante su vida útil.

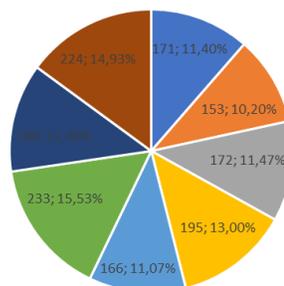
21. Ordene las características que usted tomaría cuenta al modernizar y dar mantenimiento a su actual sistema o equipo descompuesto de calefacción y/o ventilación según la importancia que usted

21.7 7mo Lugar



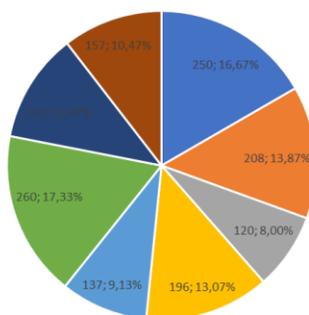
- Seleccionaría dar mantenimiento siempre que me resulte que el costo de funcionamiento anual es más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual).
- Seleccionaría dar mantenimiento con un costo más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual.
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación).
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia durante su vida útil.
- Seleccionaría el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible.
- Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizo el mantenimiento.

21. Ordene las características que usted tomaría cuenta al modernizar y dar mantenimiento a su actual sistema o equipo descompuesto de calefacción y/o ventilación según la importancia que usted
21.8 8vo Lugar



- Seleccionaría dar mantenimiento con un costo más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Seleccionaría el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible.
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia durante su vida útil.
- Seleccionaría dar mantenimiento siempre que me resulte que el costo de funcionamiento anual es más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual).
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación).
- Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizó el mantenimiento.
- Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible/electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual.

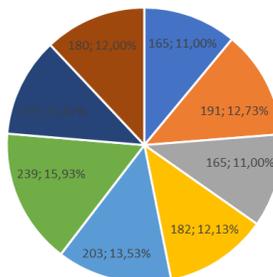
22. Ordene las características que usted tomaría en cuenta al adquirir un nuevo sistema o equipo de calefacción y/o ventilación para su hogar según la importancia que usted consideraría:
22.1 1er Nivel



- Busco reducir el impacto ambiental al usar un sistema o equipo nuevo
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema o equipo (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación)
- Compararé el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual)
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo; pagaría la diferencia durante la vida útil del sistema
- Compararé el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo de los disponibles en ferreterías y locales comerciales.
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.

22. Ordene las características que usted tomaría en cuenta al adquirir un nuevo sistema o equipo de calefacción y/o ventilación para su hogar según la importancia que usted consideraría:

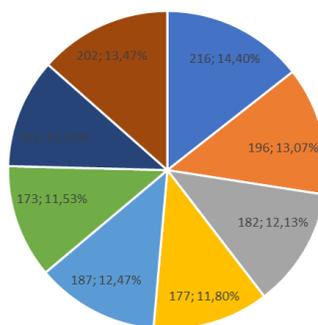
22.2 2do Nivel



- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema o equipo (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación)
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo; pagaría la diferencia durante la vida útil del sistema
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual
- Busco reducir el impacto ambiental al usar un sistema o equipo nuevo
- Compraré el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo de los disponibles en ferreterías y locales comerciales.
- Compraré el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual)
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.

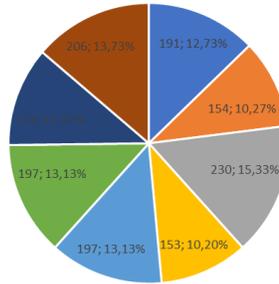
22. Ordene las características que usted tomaría en cuenta al adquirir un nuevo sistema o equipo de calefacción y/o ventilación para su hogar según la importancia que usted consideraría:

22.3 3ro Nivel



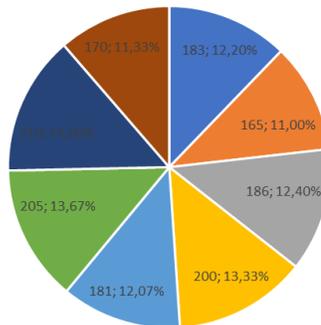
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Compraré el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo de los disponibles en ferreterías y locales comerciales.
- Compraré el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual)
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo; pagaría la diferencia durante la vida útil del sistema
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Busco reducir el impacto ambiental al usar un sistema o equipo nuevo
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema o equipo (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación)

22. Ordene las características que usted tomaría en cuenta al adquirir un nuevo sistema o equipo de calefacción y/o ventilación para su hogar según la importancia que usted consideraría:
22.4 4to Nivel



- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo; pagaría la diferencia durante la vida útil del sistema
- Compraré el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual)
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Compraré el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo de los disponibles en ferreterías y locales comerciales.
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Busco reducir el impacto ambiental al usar un sistema o equipo nuevo
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema o equipo (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación)

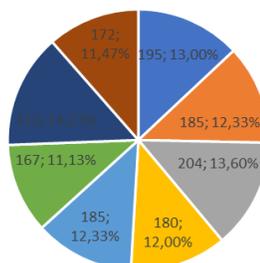
22. Ordene las características que usted tomaría en cuenta al adquirir un nuevo sistema o equipo de calefacción y/o ventilación para su hogar según la importancia que usted consideraría:
22.5 5to Nivel



- Compraré el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual)
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema o equipo (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación)
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo; pagaría la diferencia durante la vida útil del sistema
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual
- Compraré el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo de los disponibles en ferreterías y locales comerciales.
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Busco reducir el impacto ambiental al usar un sistema o equipo nuevo

22. Ordene las características que usted tomaría en cuenta al adquirir un nuevo sistema o equipo de calefacción y/o ventilación para su hogar según la importancia que usted consideraría:

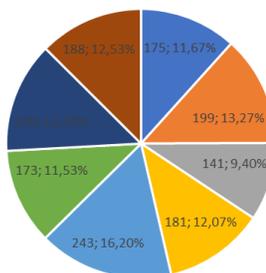
22.6 6to Nivel



- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Compraré el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo de los disponibles en ferreterías y locales comerciales.
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo; pagaría la diferencia durante la vida útil del sistema
- Busco reducir el impacto ambiental al usar un sistema o equipo nuevo
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema o equipo (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación)
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Compraré el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual)

22. Ordene las características que usted tomaría en cuenta al adquirir un nuevo sistema o equipo de calefacción y/o ventilación para su hogar según la importancia que usted consideraría:

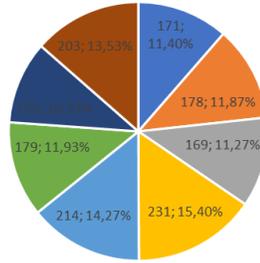
22.7 7mo Nivel



- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Busco reducir el impacto ambiental al usar un sistema o equipo nuevo
- Compraré el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo de los disponibles en ferreterías y locales comerciales.
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema o equipo (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación)
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo; pagaría la diferencia durante la vida útil del sistema
- Compraré el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual)
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual

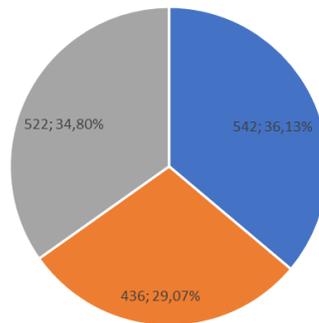
22. Ordene las características que usted tomaría en cuenta al adquirir un nuevo sistema o equipo de calefacción y/o ventilación para su hogar según la importancia que usted consideraría:

22.8 8vo Nivel



- Compararé el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo de los disponibles en ferreterías y locales comerciales.
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 3 años.
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual); pagaría la diferencia en 6 años.
- Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo; pagaría la diferencia durante la vida útil del sistema
- Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema o equipo (es decir, intereses pagados sobre la inversión inicial si se trata de un préstamo, seguro, depreciación)
- Compararé el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo (es decir, uso de combustible / electricidad, cargos mensuales, mantenimiento anual)
- Busco reducir el impacto ambiental al usar un sistema o equipo nuevo
- Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual

23. Contemplando las 3 primeras características más importantes que consideró al ordenar en las preguntas 21 y 22. ¿Cómo toma su decisión final al adquirir un nuevo sistema o equipo de calefacción y/o...



- Seleccione todos los sistemas o equipos similares considerando el mejor en mi primer criterio, y luego tomo una decisión final entre estos sistemas en base a mi segundo y tercer criterio.
- Seleccione el sistema o equipo que tenga la mejor calificación en mi primer criterio solamente.
- Pongo todos mis 3 criterios por igual al tomar la decisión final.

Anexo 2

Atributos de los diferentes Agentes

Definición del agente/ Atributos	Objetivos [Pregunta 21 y 22]	Regla de búsqueda [Pregunta 19]	Tipo [Pregunta 21 y 22]	Estrategia de decisión [Pregunta 21 criterios ponderados]	Presupuesto Dispuesto para instalaciones [Pregunta 18.2]	Tecnología habitual actual Ventilación [Pregunta 13] (Tipo de energía)	Tecnología habitual actual Calentamiento de agua [Pregunta 15]	Tecnología habitual actual Calefacción [Pregunta 14]	Costo de la energía eléctrica cancelada [\$] [Pregunta 17]	Consumo aproximado de energía eléctrica [Mensual] kWh (BEP)	Consumo de cilindros de gas de 15kg [Mensual] [Pregunta 17]	Consumo aproximado de energía de los tanques de gas de 15kg kWh (BEP)	Aproximación de consumo energético para calentamiento de agua y otros [Anual] kWh	Aproximación de consumo energético para calentamiento de ambientes [Anual] kWh	Aproximación de consumo energético para ventilación [Anual] kWh
Agente A	-Costo de instalación inicial más bajo -Compraré el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo	Mismo combustible	Nuevo	Costo de instalación inicial más bajo	> \$ 1000	Aire acondicionado (Electricidad)	Calefón solar (Energía Solar)	Calefacción centralizada (Gas)	80-100	857kWh (0.514)	32	7680kWh (4.52)	48864	50080	3500

	- Seleccionar ía un nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionami ento anual más bajo														
Agente A-	-El mantenimie nto del sistema o equipos con el costo más bajo disponible. Considerarí a cualquier otro costo adicional para el sistema Reducir el impacto ambiental	Cualqui er tecnolog ía con garantía s	Moderniz ado	el manteni miento del sistema o equipos con el costo más bajo disponibl e.	> \$1000	Ventilado res (Electrici dad)	Estufa eléctric a (Electri cidad)	Calefacció n centraliza da (Gas)	10-80	429kW h (0.252)	4-8	960- 1920 kWh (0.56- 1.13)	17280	4148	1000

Agente B	<p>Compraré el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo.</p> <p>Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo; pagaría la diferencia en 3 años.</p> <p>Busco reducir el impacto ambiental</p>	Mismo combustible	Nuevo	Compraré el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo	\$ 700-1000	Aire acondicionado (Electricidad)	Ducha eléctrica (Electricidad)	Suelo radiante (Gas GLP-Electricidad)	20-80	476kWh (0.28)	1-4	240-960 kWh (0.14-0.56)	5812	5300	1800
Agente -B	Dar mantenimiento siempre que me resulte que	Cualquier tecnología con	Modernizado	dar mantenimiento siempre que me	\$ 700-1000	Ninguno	Calefón solar	Calefactores eléctricos	10-40	238kWh (0.14)	1-2	240-480 kWh	3316	3060	800

	<p>el costo de funcionamiento anual es más bajo</p> <p>Me gustaría mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual.</p> <p>Seleccionaría el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible.</p>	garantías		<p>resulte que el costo de funcionamiento anual es más bajo</p>			(energía solar)	(Electricidad)				(0.14-0.28)			
Agente C	<p>Compraré el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo.</p> <p>Compraré el sistema o equipo con</p>	No me importa qué tipo de sistema de calefacción y/o ventilación compro, siempre	Nuevo	Compraré el sistema o equipo con un costo de instalación inicial más bajo.	\$ 300-700	Ventiladores (Electricidad)	Calefón Gas (Gas GLP)	Calefacción centralizada (gas GLP-electricidad)	20-80	476kWh (0.28)	4-8	960-1920 kWh (0.56-1.13)	13732		2000

	el costo de funcionamiento anual más bajo Busco reducir el impacto ambiental	que esté seguro de que funciona.													
Agente -C	dar mantenimiento, el costo de funcionamiento anual es más bajo Consideraría cualquier otro costo adicional para el sistema Mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual.	calefacción y/o ventilación tenga, que utilice el mismo combustible o mismo sistema de electricidad.	Modernizado	Seleccionaría dar mantenimiento siempre que me resulte que el costo de funcionamiento anual es más bajo	\$ 300-700	Aire acondicionado (Electricidad)	Calefón (Gas)	Radiadores de agua (Electricidad)	10-40	238kWh (0.14)	2-4	480-960 (0.28-0.56)	8640	1656	1200
Agente D	Busco reducir el impacto ambiental al usar un	Cualquier sistema de calefacc	Nuevo	Busco reducir el impacto ambiental al usar un	\$ 100-300	Ninguno	Estufa de gas	Ninguno	10-40	238kWh (0.14)	2-8	480-1920	10829	5700	1000

	<p>sistema o equipo nuevo</p> <p>Mejorar la eficiencia del sistema o equipo actual</p> <p>Compraré el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo</p>	<p>ión y/o ventilación compro, consideraría comprar con garantía del fabricante.</p>		sistema o equipo nuevo			(Gas GLP)					(0.28-1.13)			
Agente -D	<p>mejorar la eficiencia del sistema</p> <p>Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizó el mantenimiento.</p>	<p>No me importa qué tipo de sistema de calefacción y/o ventilación compro, siempre que esté seguro de que</p>	Modernizado	mejorar la eficiencia del sistema	\$ 100-300	Ventiladores (Electricidad)	Ducha eléctrica (Electricidad)	Calefactores eléctricos (Electricidad)	5-20	120kWh (0.0706)	2-5	480-1200 kWh (0.28-0.70)	7660	3460	400

	Seleccionar ía el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible.	funciona.													
Agente E	<p>Compraré el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo.</p> <p>Busco reducir el impacto ambiental al usar un sistema o equipo nuevo.</p> <p>Seleccionar ía un sistema o equipo nuevo con</p>	<p>No me importa qué tipo de sistema de calefacción y/o ventilación compro, consideraría nuevas opciones que no he visto funcionar antes, siempre y cuando tengan una garantía</p>	Nuevo	<p>Compraré el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo</p>	\$ 50-100	Ventiladores (Electricidad)	Estufa de gas (Gas GLP)	Calefactores eléctricos (Electricidad)	5-20	120kWh (0.0706)	1-4	240-960 kWh (0.14-0.56)	7790	450	400

	un costo de instalación más alto siempre que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo pagaría la diferencia en 3 años.	del fabricante.													
Agente -E	<p>Seleccionaría el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible.</p> <p>Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizó el mantenimiento.</p> <p>Seleccionaría un costo de mantenimiento</p>	<p>No me importa qué tipo de sistema de calefacción y/o ventilación compro, siempre que esté seguro de que funciona.</p>	Modernizado	<p>Seleccionaría el mantenimiento del sistema o equipos con el costo más bajo disponible</p>	\$ 50-100	Ventiladores (Electricidad)	Ducha eléctrica (Electricidad)	Calefactores eléctricos (Electricidad)	5-10	71kWh (0.04178)	1-2	240-480 kWh (0.14-0.28)	4722	150	300

	nto más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo; pagaría la diferencia en 3 años.														
Agente F	Busco reducir el impacto ambiental al usar un sistema o equipo nuevo. Compraré el sistema o equipo con el costo de funcionamiento anual más bajo Seleccionaría un sistema o equipo nuevo con un costo de instalación más alto siempre	No me importa qué tipo de sistema de calefacción y/o ventilación compro, consideraría nuevas opciones que no he visto funcionar antes, siempre y cuando tengan una garantía	Nuevo	Busco reducir el impacto ambiental al usar un sistema o equipo nuevo	< \$50	Ventiladores (eléctrico)	Estufa de gas (Electricidad)	Radiadores de agua (Electricidad)	5-20	120kWh (0.0706)	1-4	240-960kWh (0.14-0.56)	7740	500	400

	que tenga un costo de funcionamiento anual más bajo pagaría la diferencia en 6 años.	del fabricante.													
Agente -F	Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizó el mantenimiento. Seleccionaría un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más; pagaría la diferencia durante su vida útil.	No me importa qué tipo de sistema de calefacción y/o ventilación compro, siempre que esté seguro de que funciona.	Modernizado	Busco reducir el impacto ambiental al usar el equipo al que se realizó el mantenimiento.	<\$50	Ventiladores (Electricidad)	Ducha eléctrica (Electricidad)	Calefactores eléctricos (Electricidad)	5-10	71kWh (0.04178)	1-2	240-480 kWh (0.14-0.28)	5822	100	250

	Seleccionar ía un costo de mantenimiento más alto siempre que me resulte en un costo de funcionamiento anual más bajo ; pagaría la diferencia en 3 años.													
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

*Nota: Para la estimación de energía de cada cilindro de gas se ha tomado que cada cilindro de Gas de 15 Kg equivale a 240kWh [201]. Los consumos aproximados de energía eléctrica y de tanques de GLP se lo realizo partiendo del pago mensual que realizan los agentes de luz eléctrica y de gas respectivamente. Ejemplo: Con un costo de 0,105 \$/kWh y un pago mensual promedio de luz de \$90 se obtiene que ha consumido mensualmente 860kWh. Con un valor promedio de 2.50 \$/cilindro y un pago mensual de \$80 de gas glp se tiene que son 32 Cilindros de gas utilizados por el agente.

Anexo 3

Cantidad aproximada de tecnología que posee cada agente y los tipos de energía que consume cada tecnología

				Ventilación			Calefacción			Calentamiento A		
	Ventilación	Calefacción	Calentamiento A	Tipo de energía 1	Tipo de energía 2	Tipo de energía 3	Tipo de energía 1	Tipo de energía 2	Tipo de energía 3	Tipo de energía 1	Tipo de energía 2	Tipo de energía 3
AgenteA	2	2	2	electricidad	electricidad		electricidad	gas		Gas	solar	electricidad
Agente-A	1	1	1	electricidad			electricidad			Gas		
AgenteB	1	2	2	electricidad			electricidad	leña	gas	electricidad		
Agente-B	1	1	1	electricidad			electricidad			electricidad	gas	
AgenteC	2	2	2	electricidad	electricidad		electricidad	leña	gas	Gas	Electricidad	
Agente-C	1	1	1	electricidad			electricidad			gas		
AgenteD	2	2	2	electricidad	electricidad		electricidad	gas		gas	electricidad	leña
Agente-D	1	1	1	electricidad			electricidad	gas		electricidad		
AgenteE	2	2	2	electricidad			electricidad	leña		gas	electricidad	
Agente-E	1	1	1	electricidad			electricidad			electricidad		
AgenteF	1	2	2	electricidad			electricidad			Gas	Electricidad	
Agente-F	1	1	2	electricidad			electricidad			Leña	electricidad	

*Nota: Los tipos de tecnología que utilizan los agentes se muestran en el anexo 1 preguntas 13,14 y15

Anexo 4

Tipo de energías que utilizan los agentes para ventilación y su consumo aproximado anual

	Tecnologías Ventilación			Demanda Electricidad (KWh) [Anual]
	Tipo de energía 1	Tipo de energía 2	Tipo de energía 3	
AgenteA	electricidad	electricidad	electricidad	3500
Agente-A	electricidad			1000
AgenteB	electricidad			1800
Agente-B	electricidad			800
AgenteC	electricidad	electricidad		2000
Agente-C	electricidad			1200
AgenteD	electricidad	electricidad		1000
Agente-D	electricidad			400
AgenteE	electricidad			400
Agente-E	electricidad			300
AgenteF	electricidad			400
Agente-F	electricidad			250

*Nota: Los valores de la demanda de Ventilación fueron asumidos en función del tipo de energía que utiliza, las tecnologías que posee cada agente y el consumo aproximado de energía eléctrica de cada agente (tomados de la encuesta realizada).

Anexo 5

Tipo de energías que utilizan los agentes para “calentamiento de agua y otros” y su consumo aproximado anual

	Tecnologías de Calentamiento Agua			Demanda aproximada (KWh/año)
	Tipo de energía 1	Tipo de energía 2	Tipo de energía 3	
AgenteA	Gas	solar	electricidad	48864
Agente-A	Gas			17280
AgenteB	electricidad			5812
Agente-B	electricidad	gas		3316
AgenteC	Gas	Electricidad		13732
Agente-C	gas			8640
AgenteD	gas	electricidad	leña	10829
Agente-D	electricidad			7660
AgenteE	gas	electricidad		7790
Agente-E	electricidad			4722
AgenteF	Gas	Electricidad		7740
Agente-F	Leña	electricidad		5822

*Nota: Los valores de la demanda de Calentamiento de agua fueron asumidos en función del tipo de energía que utiliza, las tecnologías que posee cada agente y el consumo aproximado de energía eléctrica y Gas de cada agente (tomados de la encuesta realizada).

Anexo 6

Tipo de energías que utilizan los agentes para Calefacción y su consumo aproximado anual

	Calefacción			Consumo aproximado (KWh)
	Tipo de energía 1	Tipo de energía 2	Tipo de energía 3	
AgenteA	electricidad	gas		50080
Agente-A	electricidad			4148
AgenteB	electricidad	leña	gas	5300
Agente-B	electricidad			3060
AgenteC	electricidad	leña	gas	7260
Agente-C	electricidad			1656
AgenteD	electricidad	gas		5700
Agente-D	electricidad	gas		3460
AgenteE	electricidad	leña		450
Agente-E	electricidad			150
AgenteF	electricidad			500
Agente-F	electricidad			100

*Nota: Los valores de la demanda de Calefacción fueron asumidos en función del tipo de energía que utiliza, las tecnologías que posee cada agente y el consumo aproximado de energía eléctrica y gas de cada agente (tomados de la encuesta realizada).

Anexo 7

Consumo energético de calefacción de cada uno de los agentes según el modelo de selección de tecnología

Año	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Agente	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh
Agente a	35056 0,0	35406 5,6	459779 ,5	567572 ,2	625361 ,4	736884 ,2	797413 ,9
Agente na	29036, 0	50273, 8	67702, 0	81200, 1	90644, 9	104630 ,2	110079 ,6
Agente b	12720 0,0	14453 1,0	156789 ,4	174739 ,0	193032 ,0	211673 ,4	213790 ,2
Agente nb	73440, 0	89627, 4	99888, 2	116650 ,7	130554 ,2	141508 ,0	142923 ,1
Agente c	33396 0,0	36663 0,0	377702 ,2	403919 ,2	400403 ,6	389147 ,0	416158 ,4
Agente nc	76176, 0	81955, 4	87842, 9	92133, 6	96501, 5	104428 ,4	107230 ,5
Agente d	62130 0,0	66205 5,0	697748 ,4	734089 ,5	771087 ,6	808752 ,2	810789 ,1
Agente nd	37714 0,00	40187 9,00	423545 ,52	445605 ,18	468063 ,68	490926 ,79	477471 ,76
Agente e	97650, 00	10544 4,00	111547 ,94	117299 ,77	123623 ,76	129589 ,54	128497 ,01
Agente ne	32550, 00	35148, 00	37182, 65	39099, 92	41207, 92	43196, 51	42195, 43
Agente f	17250 0,00	18685 0,00	199429 ,55	211211 ,71	222689 ,26	234900 ,75	234595 ,95
Agente nf	34500, 00	37370, 00	39885, 91	42242, 34	44537, 85	46980, 15	45963, 82
Total	23260 12,0	25158 29,2	275904 4,1	302576 3,2	320770 7,6	344261 7,1	352710 8,8
Energía del modelo (Mkwh/Año)	2326,0 12	2515,8 292	2759,0 4407	3025,7 6325	3207,7 0765	3442,6 1705	3527,1 0876

*Nota: Los agentes a, b, c, d, e y f fueron creados con los valores máximos de consumo de energía (tomados de la encuesta realizada).

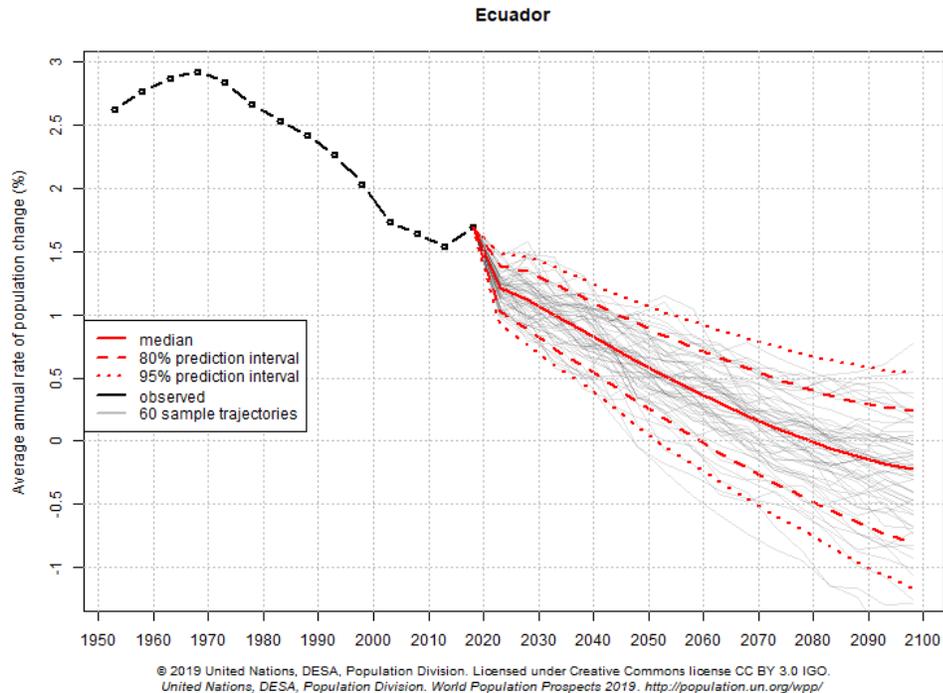
Anexo 8

Valores del LCOE (Extraídos de las figuras 105, 108, 113, 115, 117, 120, 122)

	LCOE promedio 2020 (\$/kWh)	LCOE promedio 2025 (\$/kWh)	LCOE promedio 2030 (\$/kWh)	LCOE promedio 2035 (\$/kWh)	LCOE promedio 2040 (\$/kWh)	LCOE promedio 2045 (\$/kWh)	LCOE promedio 2050 (\$/kWh)
Solar Fotovoltaica	0,25	0,22	0,21	0,2	0,2	0,19	0,18
Eolica	0,05	0,049	0,048	0,045	0,043	0,042	0,041
Concentradores solares	0,097	0,088	0,076	0,077	0,077	0,077	0,077
Geotermica	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Biomasa	0,215	0,215	0,215	0,215	0,215	0,215	0,215
Hidroeléctrica	0,19	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
Fuell Cells	0,135	0,128	0,12	0,118	0,112	0,107	0,108

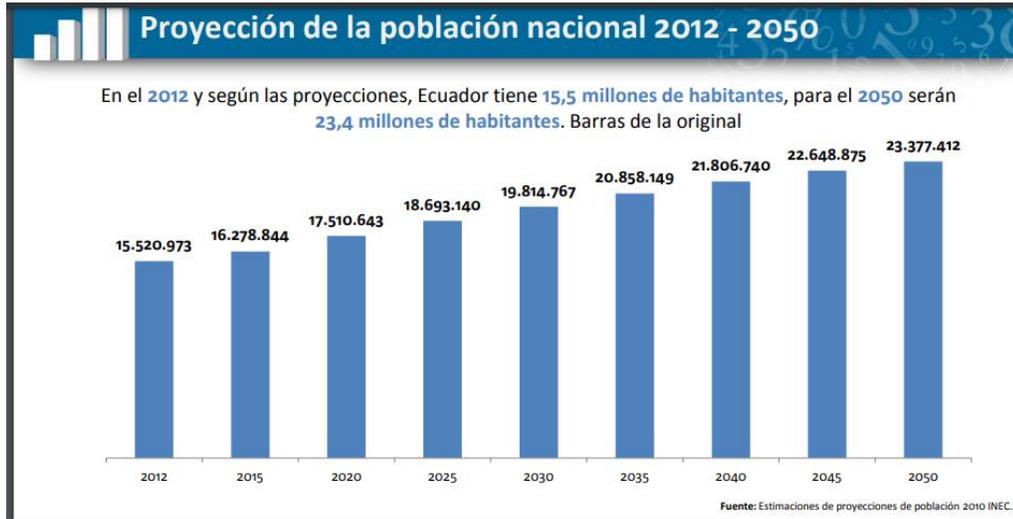
Anexo 9

Grafica para determinar la tasa de crecimiento poblacional del Ecuador, dato utilizado en el modelo.



Fuente: [202]

Anexo 10



Fuente: [203]

Anexo 11

Promedio anual utilizado en el modelo para incrementar los presupuestos de los agentes en el Ecuador cada año

Año	Salario mínimo US \$/ mes	Incremento %
2010	240	
2011	264	10
2012	292	10,60606
2013	318	8,90411
2014	340	6,918239
2015	354	4,117647
2016	366	3,389831
2017	375	2,459016
2018	386	2,933333
2019	394	2,072539
2020	400	1,522843
2021	400	0
Promedio anual		4,811238