



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“MONITORIZACIÓN, ANÁLISIS Y DIFUSIÓN DEL
CONSUMO ENERGÉTICO ELÉCTRICO DE MODELO DE
VIVIENDA DEL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD
DE RIOBAMBA”**

**PEÑA PAREDES JULIO IVÁN
TRUJILLO GAVILANES ALEX PAÚL**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-06-27

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JULIO IVÁN PEÑA PAREDES

Titulada:

**“MONITORIZACIÓN, ANÁLISIS Y DIFUSIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO
ELÉCTRICO DE MODELO DE VIVIENDA DEL SECTOR RESIDENCIAL DE LA
CIUDAD DE RIOBAMBA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jorge Lema Morales
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Sinchiguano Conde
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JULIO IVÁN PEÑA PAREDES

TÍTULO DE LA TESIS: “MONITORIZACIÓN, ANÁLISIS Y DIFUSIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO ELÉCTRICO DE MODELO DE VIVIENDA DEL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

Fecha de Examinación: 2014-05-06

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Víctor Vásconez Velasco PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jorge Lema Morales DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Pablo Sinchiguano Conde ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Víctor Vásconez Velasco
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-06-27

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ALEX PAÚL TRUJILLO GAVILANES

Titulada:

**“MONITORIZACIÓN, ANÁLISIS Y DIFUSIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO
ELÉCTRICO DE MODELO DE VIVIENDA DEL SECTOR RESIDENCIAL DE LA
CIUDAD DE RIOBAMBA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jorge Lema Morales
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Sinchiguano Conde
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALEX PAÚL TRUJILLO GAVILANES

TÍTULO DE LA TESIS: “MONITORIZACIÓN, ANÁLISIS Y DIFUSIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO ELÉCTRICO DE MODELO DE VIVIENDA DEL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

Fecha de Examinación: 2014-05-06

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Víctor Vásconez Velasco PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jorge Lema Morales DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Pablo Sinchiguano Conde ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Víctor Vásconez Velasco
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Julio Iván Peña Paredes

Alex Paúl Trujillo Gavilanes

DEDICATORIA

A Dios por guiarme todos los días de mi vida en el camino al éxito, con sabiduría e inteligencia tomando siempre las decisiones correctas.

A mis padres Luis Peña y Alexandra Paredes, que me brindaron su apoyo y confianza para culminar esta carrera, siempre inculcando en mí la humildad que es el valor más grande que una persona posee sin importar lo exitoso que puede llegar a ser.

Iván Peña Paredes

A Dios por ayudarme en cada momento, brindándome la sabiduría necesaria para tomar decisiones adecuadas durante toda mi vida estudiantil.

A mis padres Guido Trujillo y Blanca Gavilanes, que con esfuerzo y sacrificio supieron apoyarme en los buenos o malos momentos de mi vida, inculcando en mí aquellos valores tan importantes para el ser humano "Responsabilidad, Respeto y Humildad".

A mis hermanos José, Verónica, Danilo, Marlon y Mauro, que siempre han estado apoyándome y siempre creyeron en mí.

A mi enamorada Angie, que con su comprensión y paciencia me brindó muchísimo apoyo, siendo mi motivación para lograr cada uno de mis objetivos.

A mi princesita linda (mi sobrinita Liz), ya que día a día se convirtió en la razón para conseguir todas mis metas trazadas.

Alex Trujillo Gavilanes

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela de Ingeniería Mecánica, en especial al Ing. Jorge Lema quien con su apoyo y guía hizo que este proyecto de investigación llegue a su culminación así como a todos mis familiares, amigos, compañeros, docentes que me apoyaron en el desarrollo de este trabajo.

Iván Peña Paredes

Me permito extender mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Además a todos mis familiares, amigos, compañeros, docentes y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de mi vida. Y en especial al Ing. Jorge Lema por guiarnos en el desarrollo del presente trabajo.

Alex Trujillo Gavilanes

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Eficiencia energética	4
2.2 Ahorro energético.....	4
2.2.1 <i>Ahorro energético en electrodomésticos</i>	5
2.2.2 <i>Ahorro energético en iluminación</i>	9
2.2.2.1 <i>Eficiencia energética en lámparas</i>	10
2.2.2.2 <i>Iluminación interior</i>	11
2.2.3 <i>Ahorro en calentamiento de agua</i>	12
2.3 Consumos eléctricos domiciliarios	12
2.3.1 <i>Consumo eléctrico residencial en Latinoamérica</i>	13
2.3.2 <i>Consumo eléctrico residencial en Ecuador</i>	14
2.3.3 <i>Consumo eléctrico residencial en Riobamba</i>	15
2.4 Medio ambiente.....	16
2.4.1 <i>Contribución de la eficiencia energética en la reducción de GEI (Gases de efecto invernadero)</i>	16
2.4.2 <i>Huella de carbono</i>	17
2.4.3 <i>Factor de emisión de CO₂ por consumo eléctrico</i>	17
3. EQUIPOS DE MONITOREO, METODOLOGÍAS Y SELECCIÓN	
3.1 Alternativa 1: Gestor energético ENVI.....	18
3.1.1 <i>Ventajas</i>	19
3.1.2 <i>Desventajas</i>	19
3.2 Alternativa 2: Gestor energético ENVI-R	19
3.2.1 <i>Ventajas</i>	20
3.2.2 <i>Desventajas</i>	20
3.3 Alternativa 3: Energy genius.....	20
3.3.1 <i>Accesorios</i>	21
3.3.1.1 <i>Sensor (smart plug)</i>	21
3.3.1.2 <i>Puerta de enlace (genius gateway)</i>	21
3.3.1.3 <i>Portal web de ENERATI</i>	22
3.3.2 <i>Ventajas</i>	22
3.3.3 <i>Desventaja</i>	23
3.4 Alternativa 4: MeterPlug	23
3.4.1 <i>Ventajas</i>	23
3.4.2 <i>Desventajas</i>	24
3.5 Alternativa 5: Efergy engage HUB.....	24
3.5.1 <i>Ventajas</i>	25
3.5.2 <i>Desventajas</i>	25
3.6 Alternativa 6: Metodología mediante encuestas.....	25
3.6.1 <i>Ventajas</i>	26
3.6.2 <i>Desventaja</i>	27
3.7 Alternativa 7: Metodología mediante encuestas y equipos	27
3.7.1 <i>Vatímetro</i>	27
3.7.2 <i>Memobox advance</i>	27
3.7.3 <i>Ventajas</i>	28
3.8 Selección de la alternativa adecuada.....	28
4. ANÁLISIS DE DATOS	
4.1 Tabulación de datos	31

4.1.1	<i>Refrigeradora</i>	32
4.1.1.1	<i>Características técnicas</i>	32
4.1.1.2	<i>Análisis de consumo</i>	32
4.1.1.3	<i>Análisis de puntos altos de consumo eléctrico</i>	34
4.1.1.4	<i>Causas generales</i>	35
4.1.2	<i>Bomba domiciliaria</i>	36
4.1.2.1	<i>Características técnicas</i>	36
4.1.2.2	<i>Análisis de consumo</i>	36
4.1.2.3	<i>Análisis de puntos altos de consumo eléctrico</i>	38
4.1.2.4	<i>Causas generales</i>	38
4.1.3	<i>Equipo de sonido</i>	39
4.1.3.1	<i>Características técnicas</i>	39
4.1.3.2	<i>Análisis de consumo</i>	39
4.1.3.3	<i>Análisis de puntos altos de consumo eléctrico</i>	40
4.1.4	<i>Televisores</i>	41
4.1.4.1	<i>Televisor (sala)</i>	41
4.1.4.2	<i>Televisor (dormitorio 1)</i>	45
4.1.4.3	<i>Televisor (dormitorio 2)</i>	47
4.1.5	<i>Lavadora electrodoméstica</i>	48
4.1.5.1	<i>Características técnicas</i>	48
4.1.5.2	<i>Análisis de consumo</i>	49
4.1.5.3	<i>Análisis de puntos altos de consumo eléctrico</i>	50
4.1.5.4	<i>Causas generales</i>	51
4.1.6	<i>Licuada</i>	51
4.1.6.1	<i>Características técnicas</i>	51
4.1.6.2	<i>Análisis de consumo</i>	51
4.1.7	<i>Ducha eléctrica</i>	52
4.1.7.1	<i>Características técnicas</i>	52
4.1.7.2	<i>Análisis de consumo</i>	52
4.1.7.3	<i>Análisis de puntos altos de consumo eléctrico</i>	53
4.1.8	<i>Microondas</i>	53
4.1.8.1	<i>Características técnicas</i>	53
4.1.8.2	<i>Análisis de consumo</i>	54
4.1.8.3	<i>Análisis de puntos altos de consumo eléctrico</i>	55
4.1.9	<i>Plancha de ropa</i>	55
4.1.9.1	<i>Características técnicas</i>	55
4.1.9.2	<i>Análisis de consumo</i>	55
4.1.10	<i>Iluminación</i>	56
4.1.10.1	<i>Características técnicas</i>	56
4.1.10.2	<i>Análisis de consumo</i>	56
4.1.10.3	<i>Análisis de puntos altos de consumo eléctrico</i>	57
4.1.11	<i>Radio</i>	60
4.1.11.1	<i>Características técnicas</i>	60
4.1.11.2	<i>Análisis de consumo</i>	60
4.1.12	<i>Secadora de cabello</i>	61
4.1.12.1	<i>Características técnicas</i>	61
4.1.12.2	<i>Análisis de consumo</i>	61
4.1.13	<i>Computadores</i>	62
4.1.13.1	<i>Características técnicas</i>	62
4.1.13.2	<i>Análisis de consumo</i>	62
4.1.14	<i>Aspiradora</i>	63
4.1.14.1	<i>Características técnicas</i>	63
4.1.14.2	<i>Análisis de consumo</i>	63
4.2	<i>Propuestas generales de ahorro de energía eléctrica en una vivienda</i>	64
4.2.1	<i>Refrigeradora</i>	64
4.2.2	<i>Bomba domiciliaria</i>	65
4.2.3	<i>Equipo de sonido</i>	66
4.2.4	<i>Televisor</i>	67
4.2.5	<i>Lavadora</i>	67
4.2.6	<i>Licuada</i>	67

4.2.7	<i>Ducha eléctrica</i>	68
4.2.8	<i>Microondas</i>	68
4.2.9	<i>Plancha</i>	68
4.2.10	<i>Iluminación</i>	69
4.2.11	<i>Aspiradora</i>	69
4.2.12	<i>Computador</i>	70
4.3	Análisis de ahorro eléctrico generado	70
4.3.1	<i>Ahorro en el consumo eléctrico de la refrigeradora</i>	70
4.3.2	<i>Ahorro en el consumo eléctrico de la bomba domiciliaria</i>	71
4.3.3	<i>Ahorro en el consumo eléctrico del equipo de sonido</i>	71
4.3.4	<i>Ahorro en el consumo eléctrico del televisor (sala)</i>	72
4.3.5	<i>Ahorro en el consumo eléctrico del televisor (dormitorio 2)</i>	73
4.3.6	<i>Ahorro en el consumo eléctrico de la lavadora electrodoméstica</i>	73
4.3.7	<i>Ahorro en el consumo eléctrico en iluminación</i>	74
4.3.8	<i>Ahorro en el consumo eléctrico mensual y anual de toda la vivienda</i>	74
4.3.9	<i>Comprobación del ahorro en el consumo eléctrico en la vivienda</i>	74
4.3.10	<i>Consumos eléctricos finales de cada electrodoméstico en una vivienda</i>	75
5.	DIFUSIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE VIABILIDAD, FACTIBILIDAD DE UN PROYECTO DE CONSUMO ELÉCTRICO DEL SECTOR RESIDENCIAL DE RIOBAMBA	
5.1	Implementación de una página web para el grupo ACEE	76
5.2	Estudio para definir el modelo de vivienda y línea base del proyecto	77
5.2.1	<i>Determinación del tamaño de la muestra</i>	77
5.2.2	<i>Modelo de encuesta</i>	79
5.2.3	<i>Resultados de la encuesta</i>	79
5.2.4	<i>Identificación del modelo de vivienda para monitorear</i>	89
5.3	Determinación de la viabilidad y factibilidad del proyecto	90
5.3.1	<i>Datos del proyecto</i>	90
5.3.2	<i>Problema</i>	91
5.3.3	<i>Objetivos del proyecto</i>	94
5.3.4	<i>Viabilidad</i>	95
5.3.4.1	<i>Viabilidad técnica</i>	95
5.3.4.2	<i>Viabilidad económica y financiera</i>	98
5.3.5	<i>Factibilidad del proyecto</i>	104
5.3.6	<i>Estrategia de ejecución</i>	105
6.	MANUAL DE INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE MONITORIZACIÓN ENERGY GENIUS	
6.1	Flujograma de instalación.....	106
6.2	Powersave energy management.....	107
6.3	Registro en la web de ENERATI	107
6.4	Energy genius	109
6.4.1	<i>Genius gateway</i>	109
6.4.2	<i>Sincronización de los sensores con el genius gateway</i>	111
6.4.2.1	<i>Sensor 0 (CT Clamp)</i>	111
6.4.2.2	<i>Sensor inteligente (smart plug)</i>	117
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones.....	123
7.2	Recomendaciones.....	125

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Reglamentos y Normas de eficiencia energética existentes en Ecuador..... 8
2	Tipos de lámparas..... 10
3	Costo de servicio según el tipo de lámpara..... 11
4	Iluminancia según el lugar o actividad..... 12
5	Consumo eléctrico por sectores en Ecuador..... 14
6	Consumo eléctrico por sectores en Riobamba..... 16
7	Equivalencias de minutos a horas..... 26
8	Selección de la alternativa adecuada 29
9	Consumo eléctrico de la refrigeradora 32
10	Consumo eléctrico de la bomba domiciliaria 36
11	Consumo eléctrico del equipo de sonido..... 39
12	Consumo eléctrico del televisor (Sala) 42
13	Consumo eléctrico de la lavadora electrodoméstica 49
14	Costo de servicio en iluminación 69
15	Análisis de consumo eléctrico de la refrigeradora 70
16	Análisis de consumo eléctrico de la bomba domiciliaria..... 71
17	Análisis de consumo eléctrico del equipo de sonido 71
18	Análisis de consumo eléctrico del televisor (sala) 72
19	Análisis de consumo eléctrico del televisor 2 73
20	Análisis de consumo eléctrico de la lavadora..... 73
21	Análisis de consumo eléctrico en iluminación 74
22	Ahorro eléctrico total generado 74
23	Factores de acuerdo a los niveles de confianza..... 78
24	Refrigeradoras en una vivienda 80
25	Lavadoras electrodomésticas en una vivienda..... 81
26	Bombas domiciliarias en una vivienda 81
27	Televisores en una vivienda..... 81
28	Computadoras en una vivienda..... 82
29	Equipos de sonido en una vivienda..... 82
30	Microondas en una vivienda..... 82
31	Duchas eléctricas en una vivienda..... 83
32	Planchas de ropa en una vivienda 83
33	Secadoras de cabello en una vivienda..... 83
34	Licuadoras en una vivienda..... 84
35	Aspiradoras en una vivienda 84
36	Radios en una vivienda 84
37	Focos en una vivienda 85
38	Electrodomésticos presentes en el modelo de vivienda..... 89
39	Inversiones fijas..... 98
40	Capital de trabajo 99
41	Inversión total 99
42	Financiamiento del proyecto..... 99
43	Gastos generales 100
44	Ahorro anual..... 100
45	Ahorro proyectado para 10 años..... 101
46	Flujo de caja anual 101
47	Valor actual neto 102
48	Periodo de recuperación de capital 104
49	Relación costo/beneficio 104
50	Cronograma de ejecución del proyecto..... 105

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Etiquetas de eficiencia energética en el mundo	5
2	Etiqueta de eficiencia energética en iluminación.....	6
3	Etiquetas de eficiencia energética comparativas.....	7
4	Luxómetro	11
5	Consumo final en Latinoamérica.....	13
6	Consumo eléctrico residencial en Latinoamérica (TWh)	13
7	Consumo eléctrico residencial en Ecuador	15
8	Consumo eléctrico residencial en Riobamba	16
9	Gestor energético ENVI	18
10	Gestor energético ENVI-R.....	19
11	Energy genius	20
12	Sensor (smart plug).....	21
13	Puerta de enlace (genius gateway).....	21
14	Enerati smart energy management	22
15	MeterPlug.....	23
16	Efergy engage HUB	24
17	Vatímetro.....	27
18	Memobox advance	28
19	Medidor de energía E49CM01	30
20	Botones del medidor de energía E49CM01	30
21	Diagrama de control de la refrigeradora.....	34
22	Consumo eléctrico alto de la refrigeradora (día 6)	34
23	Consumo eléctrico alto de la refrigeradora (día 7)	35
24	Consumo eléctrico alto de la refrigeradora (día 8)	35
25	Diagrama de control de la bomba domiciliaria	37
26	Activación de la bomba domiciliaria por hora	38
27	Consumo eléctrico de la bomba domiciliaria por hora.....	38
28	Diagrama de control del equipo de sonido	40
29	Consumo eléctrico por horas del equipo de sonido.....	41
30	Diagrama de control del televisor (sala)	43
31	Consumo eléctrico alto del televisor sala (día 1).....	43
32	Consumo eléctrico alto del televisor sala (día 8).....	44
33	Consumo eléctrico alto del televisor sala (día 11).....	44
34	Consumo eléctrico alto del televisor sala (día 14).....	45
35	Diagrama de control del televisor (dormitorio 1).....	46
36	Consumo eléctrico alto del televisor (dormitorio 1).....	46
37	Diagrama de control del televisor (dormitorio 2).....	47
38	Consumo eléctrico por horas del televisor (dormitorio 2).....	48
39	Diagrama de control de la lavadora electrodoméstica.....	50
40	Consumo eléctrico por horas de la lavadora	50
41	Diagrama de control de la licuadora.....	52
42	Diagrama de control de la ducha.....	53
43	Diagrama de control del microondas.....	54
44	Diagrama de control de la plancha de ropa.....	55
45	Diagrama de control para iluminación	57
46	Diagrama de control del radio	60
47	Diagrama de control de la secadora de cabello	61
48	Diagrama de control de los computadores	62
49	Diagrama de control de la aspiradora	63
50	Desconexión de tubería	65
51	Compensación de aire	65
52	Vaciado de agua	66
53	Datos de consumo eléctrico de la vivienda	75
54	Consumo eléctrico final en una vivienda	75
55	Interfaz de la página web	76
56	Viviendas por parroquia de Riobamba	79

57	Número de habitantes por vivienda.....	80
58	Conocimiento de consumo eléctrico mensual	85
59	Conformidad en base al costo de energía eléctrica	86
60	Inversión propia en un equipo de monitorización	86
61	Inversión del estado en un equipo de monitorización.....	87
62	Aplicación de ahorro energético al usar un electrodoméstico	87
63	Conocimiento del impacto ambiental causado por un electrodoméstico	88
64	Conocimiento del consumo en stand by de los electrodomésticos	88
65	Localización del proyecto	90
66	Consumos eléctricos en Riobamba.....	91
67	Consumo eléctrico del sector residencial de Riobamba.....	92
68	Línea base del proyecto	93
69	Equipo “energy genius”	96
70	Medidor de energía E49CM01	96
71	Portal web de ENERATI.....	107
72	Menú principal del portal web de ENERATI	108
73	Configuración de la localización del equipo	108
74	Equipo energy genius.....	109
75	Genius gateway.....	109
76	Descripción del genius gateway	110
77	Sensor (CT Clamp)	111
78	CT Clamp	112
79	Sincronización CT Clamp	113
80	Configuración del portal web	114
81	Configuración para añadir los sensores	114
82	Sincronización de los sensores	114
83	Configuración individual de los sensores	115
84	Configuración de un sensor.....	115
85	Configuración del sensor de la ducha	116
86	Generador de fórmula de un sensor.....	116
87	CT Clamp instalado.....	117
88	Descripción del sensor “smart plug”	117
89	Configuración del sensor “smart plug”.....	118
90	Añadir un sensor “smart plug”	119
91	Sincronización del sensor “smart plug”	119
92	Confirmación de sincronización del sensor “smart plug”	119
93	Características de un sensor.....	120
94	Activación de un sensor	120
95	Identificación del sensor “smart plug”	120
96	Configuración de un nuevo sensor.....	121
97	Unidades de medición del sensor	121
98	Fórmula del nuevo sensor añadido	122
99	Instalación del sensor “smart plug”.....	122

SIMBOLOGÍA

A_T	Área total de un lugar	M^2
N_l	Número de lámparas	
I_l	Intensidad luminosa	Lux
F_l	Flujo luminoso	Lumen
z	Factor de nivel de confianza	
p	Probabilidad a favor	
q	Probabilidad en contra	
e	Error estimado	
N	Tamaño de la población	
n	Tamaño de la muestra	
\bar{x}	Valor promedio de consumo eléctrico	kWh
\bar{R}	Rango de datos de consumo eléctrico	kWh
A_2	Factor para determinar los límites de control	
V_t	Flujo de caja en un periodo de tiempo	USD
I_0	Inversión inicial	USD
k	Tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA)	

LISTA DE ABREVIACIONES

ACEE	Apoyo a la Comunidad en Eficiencia Energética
CENACE	Centro Nacional de Control de la Energía
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
EERSA	Empresa Eléctrica Riobamba S.A
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
LSC	Límite Superior de Control
LIC	Límite Inferior de Control
MAE	Ministerio del Ambiente
NTE INEN IEC 901	Norma Técnica Ecuatoriana, Lámparas fluorescentes compactas
NTE INEN 2495	Norma Técnica Ecuatoriana, Eficiencia energética de acondicionadores de aire sin ductos
NTE INEN 2517	Norma Técnica Ecuatoriana, Uso eficiente de energía en bombas centrífugas de agua potable de uso residencial
NTE INEN 2567	Norma Técnica Ecuatoriana, Eficiencia energética en cocinas de inducción de uso doméstico
NTE INEN 2659	Norma Técnica Ecuatoriana, Aparatos electrodomésticos y similares, lavadoras eléctricas de ropa
OLADE	Organización Latinoamericana de la Energía
RTE INEN 035	Reglamento Técnico Ecuatoriano, Eficiencia energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico
RTE INEN 036	Reglamento Técnico Ecuatoriano, Eficiencia energética en lámparas fluorescentes compactas
RTE INEN 077	Reglamento Técnico Ecuatoriano, Eficiencia energética en lavadoras electrodomésticas de ropa
SIN	Sistema Nacional Interconectado
TIR	Tasa Interna de Retorno
TREMA	Tasa de Retorno Mínima Aceptable
UNE –EN 12461-1	Norma Española de iluminación

LISTA DE ANEXOS

- A** Cuadro tarifario en base al consumo eléctrico en Chimborazo
- B** Formato de menú energético
- C** Modelo de encuesta
- D** Factores para la construcción de gráfica de control \bar{x}

RESUMEN

El estudio de monitorización, análisis y difusión del consumo energético eléctrico de modelo de vivienda del sector residencial de la ciudad de Riobamba tiene como objetivo estudiar los consumos eléctricos finales en vivienda modelo del sector residencial de Riobamba, con la finalidad de detectar puntos altos, sus posibles causas y corregir los mismos.

Para la monitorización se utilizó el equipo ENERGY GENIUS, que toma datos de consumo eléctrico individual en tiempo real y pueden ser vistos en la web, así como también activar o desactivar los sensores por medio de la misma. El modelo de vivienda se obtuvo por medio de un análisis estadístico basado en encuestas realizadas en las 5 parroquias de Riobamba.

Al formular propuestas de ahorro energético se pudo reducir el consumo eléctrico en una vivienda de 283 kWh a 251 kWh que equivale al 11.3% de ahorro de energía, que proyectándolo para las viviendas tipo villa del sector residencial representa un beneficio mensual de 48928254.6kWh y una reducción de 27737427,53kg en emisiones de CO₂ al ambiente. También se determinó que el consumo en stand by de los artefactos es de 12.09kWh mensual.

Esta investigación incluye un estudio de viabilidad y factibilidad de un proyecto para analizar los consumos eléctricos por muestreo de las viviendas tipo villa del sector residencial. De acuerdo a la evaluación económica del proyecto se presenta resultados rentables, en un periodo de 5 años se obtuvo el VAN positivo con un valor de \$6885.98 y la TIR es del 25%.

Al ser necesario el compromiso de crear cultura de ahorro energético se difundió los resultados obtenidos en este trabajo y futuros proyectos con la creación de una página web para el grupo ACEE concluyendo que es una forma de concientizar a la sociedad sobre la afectación del derroche de energía de uso doméstico.

ABSTRACT

The study of monitoring, analysis and dissemination of electric energy consumption of a model residential housing in Riobamba, It aims to study the final electrical consumption in a model residential housing in Riobamba, in order to detect high points, their possible causes and correct them.

For the monitoring the ENERGY GENIUS equipment was used, taking individual power consumption data in real time, it can be viewed on the web, also it was use to enable or disable the sensors through the same equipment. The housing model was obtained by a statistical analysis based on surveys carried out in 5 parishes in Riobamba.

Been made some proposals for energy savings, we reduce the power consumption in a house of 283 kWh to 251 kWh which is equivalent to 11.3% of energy saving, that projecting it to a villas type housing in the residential sector represents a monthly benefit 48928254.6 kWh and reduction 27737427.53 kg of CO₂ emissions to the environment. It was also determined that the consumption of standby artifacts is 12.09 kWh monthly.

This research includes a study of feasibility and viability of a project to analyze the electrical consumption by sampling the villa type residential housing sector. According to the economic evaluation of the project appears profitable results over a period of 5 years the NPV (Net Present Value) was obtained with a positive value of \$6885.98 an IRR (Interest Rate of Return) of 25%.

Being committed to creating necessary culture of energy saving, the results obtained in this work and future projects should spread thought the creation of a website for the ACEE group concluding that it is a form of awareness in society about the affectation of energy waste in domestic use.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el sector residencial de Riobamba presenta un consumo elevado de energía eléctrica esto se debe al derroche de energía por falta de conocimiento en cuanto a eficiencia energética. Es por ello que se busca determinar los consumos eléctricos de una vivienda en tiempo real para detectar puntos altos y analizar sus posibles causas.

1.1 Antecedentes

El estudio de la eficiencia energética en nuestro país en los últimos años se ha basado en disponer adecuadamente de los recursos energéticos por medio de campañas que motiven reducir el consumo eléctrico. La implementación de estas campañas se basa específicamente en la toma de datos de consumos de los electrodomésticos, equipos e iluminación presentes en las viviendas, los cuales se procesan y analizan con el fin de compararlos con los datos de facturación eléctrica correspondiente.

Este análisis se realiza en base a los datos descritos en catálogos técnicos de electrodomésticos y haciendo una aproximación de consumo eléctrico diario de cada uno, una vez que se analiza todos los electrodomésticos se suma los consumos parciales y se obtiene el consumo total en forma aproximada.

En el país se han desarrollado trabajos que van en favor de la eficiencia energética, como “Eficiencia energética en iluminación para interiores” el cual fundamenta su investigación en el sector residencial y comercial de la ciudad de Loja, mediante ese trabajo se busca optimizar el consumo eléctrico en iluminación, basándose en un mejor aprovechamiento de la luz natural o sustitución de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes, a través de diseños eficientes en edificaciones para obtener niveles luminosos elevados, promoviendo estas soluciones mediante consejos de ahorro energético, capacitación a docentes y conferencias en instituciones de educación superior de Loja sobre eficiencia energética.

La empresa eléctrica regional Centro Sur C.A realizó un estudio sobre eficiencia energética en Cuenca, el cual busca determinar los consumos eléctricos de los sectores residencial, comercial, industrial, etc., con el objetivo de establecer cuál es el sector que tiene mayor porcentaje en consumo eléctrico para realizar un análisis estadístico y determinar acciones para el uso eficiente de la energía eléctrica.

Para la ciudad de Riobamba existe el programa de “Análisis de alternativas energéticas para la optimización de la demanda de energía eléctrica en el sector residencial de la ciudad”, con el objetivo de establecer las curvas de carga para determinar los periodos en los cuales el consumo eléctrico se incrementa, así como determinar los porcentajes individuales de consumo eléctrico en una vivienda basándose en encuestas a fin de establecer un plan de gestión de consumo eléctrico.

1.2 Justificación

Por medio del presente proyecto se pretende realizar un monitoreo de los consumos eléctricos de cada electrodoméstico, equipos e iluminación de una vivienda tipo villa en tiempo real, mediante la utilización de equipos electrónicos los cuales transmiten información de cada artefacto a una base de datos y posteriormente al portal web, permitiendo determinar detalladamente sus consumos eléctricos, es decir muestra el comportamiento energético de cada equipo ya sea mensual, semanal, diario.

La eficiencia energética conlleva a un ahorro de energía y esto implica reducción en los costos de facturación de energía eléctrica, lo que ayuda a optimizar los recursos económicos de una familia. Si se lograría analizar a una escala mayor, es decir del total de viviendas de una ciudad, tendríamos el global de energía que se podría ahorrar. Con el ahorro de energía eléctrica se reducen las emisiones de CO₂ lo que ayuda de una manera significativa a la conservación del medio ambiente, evitando los derroches y consumiendo energía de forma más eficiente, bien sea a través de un cambio de hábitos o mediante el uso de equipamientos de menor consumo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Monitorear, analizar y difundir el consumo energético eléctrico de un modelo de vivienda del sector residencial de la ciudad de Riobamba.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Obtener datos de consumos eléctricos en tiempo real de los diferentes electrodomésticos, equipos e iluminación existentes en el modelo de vivienda y analizar los mismos.

Identificar puntos altos de consumos eléctricos para plantear consejos de ahorro de energía.

Implementar un sistema de difusión mediante una página web en el grupo ACEE (Apoyo a la Comunidad en Eficiencia Energética) por medio del cual se darán a conocer los resultados del presente trabajo y futuros proyectos.

Formular un proyecto energético para la obtención de los consumos eléctricos de una muestra del sector residencial de la ciudad de Riobamba, basándose en la metodología utilizada para el modelo de vivienda monitoreada, a fin de determinar la viabilidad y factibilidad del mismo.

CAPÍTULO II

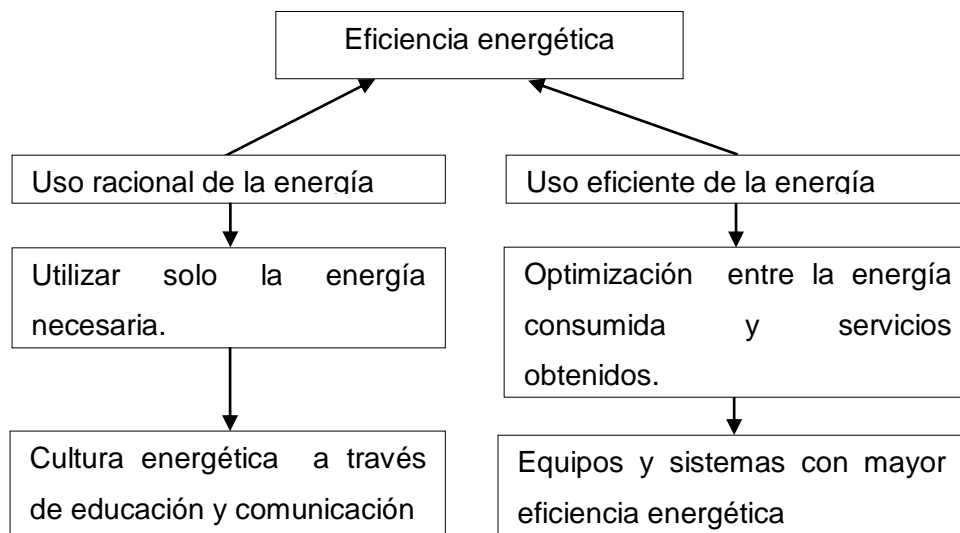
2. MARCO TEÓRICO

2.1. Eficiencia energética

Eficiencia energética es el uso racional y eficiente de la energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, así como también protegiendo el medio ambiente.

Se puede decir que la eficiencia energética es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico y de hábitos de cultura energética.

La eficiencia energética se encuentra estructurada de la siguiente manera:



2.2 Ahorro energético

El ahorro energético se basa en considerar los siguientes parámetros:

- Control del consumo y costos energéticos

- Eliminación de consumos eléctricos de equipos en stand by (apagado sin desconectar).
- Capacitación y motivación de ahorro energético en el uso de electrodomésticos.
- Sustitución de equipos obsoletos por otros de mayor eficiencia.
- Revisión de etiquetas de eficiencia energética para seleccionar equipos o artefactos.

2.2.1 Ahorro energético en electrodomésticos. El ahorro energético se lo aplica desde el momento en que se va adquirir los electrodomésticos, revisando las etiquetas de eficiencia energética que posee cada uno. La mayoría de países del mundo posee etiquetado en los electrodomésticos.

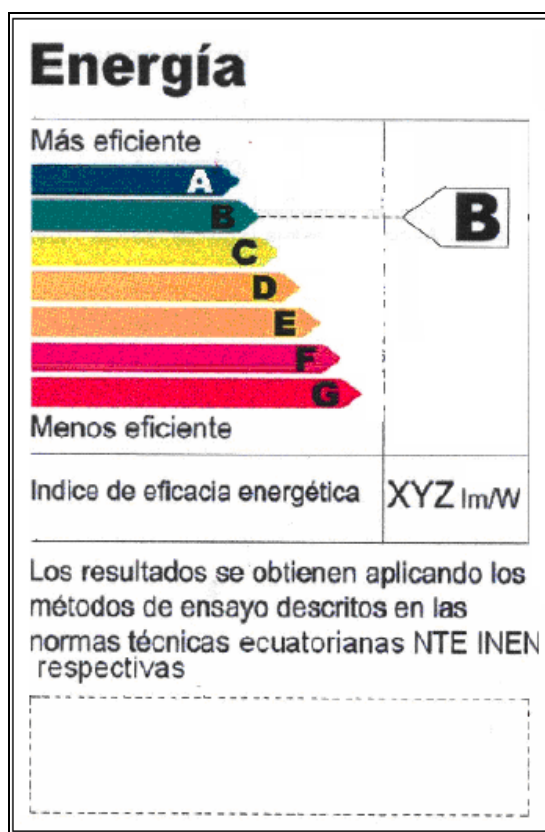
Figura 1. Etiquetas de eficiencia energética en el mundo



Fuente: III Seminario Latinoamericano y del Caribe de eficiencia energética. p.24.

Las etiquetas de eficiencia energética son cuadros informativos adheridos a los electrodomésticos que indican el consumo de energía del producto, eficiencia y/o costos de la energía, para proporcionar a los consumidores los datos necesarios e identificar el nivel de consumo energético, es importante entender las etiquetas de eficiencia energética para lo que se toma como ejemplo una etiqueta de iluminación:

Figura 2. Etiquetas de eficiencia energética en Iluminación



Fuente: RTE INEN 036. p.15.

Esta etiqueta contiene los siguientes parámetros:

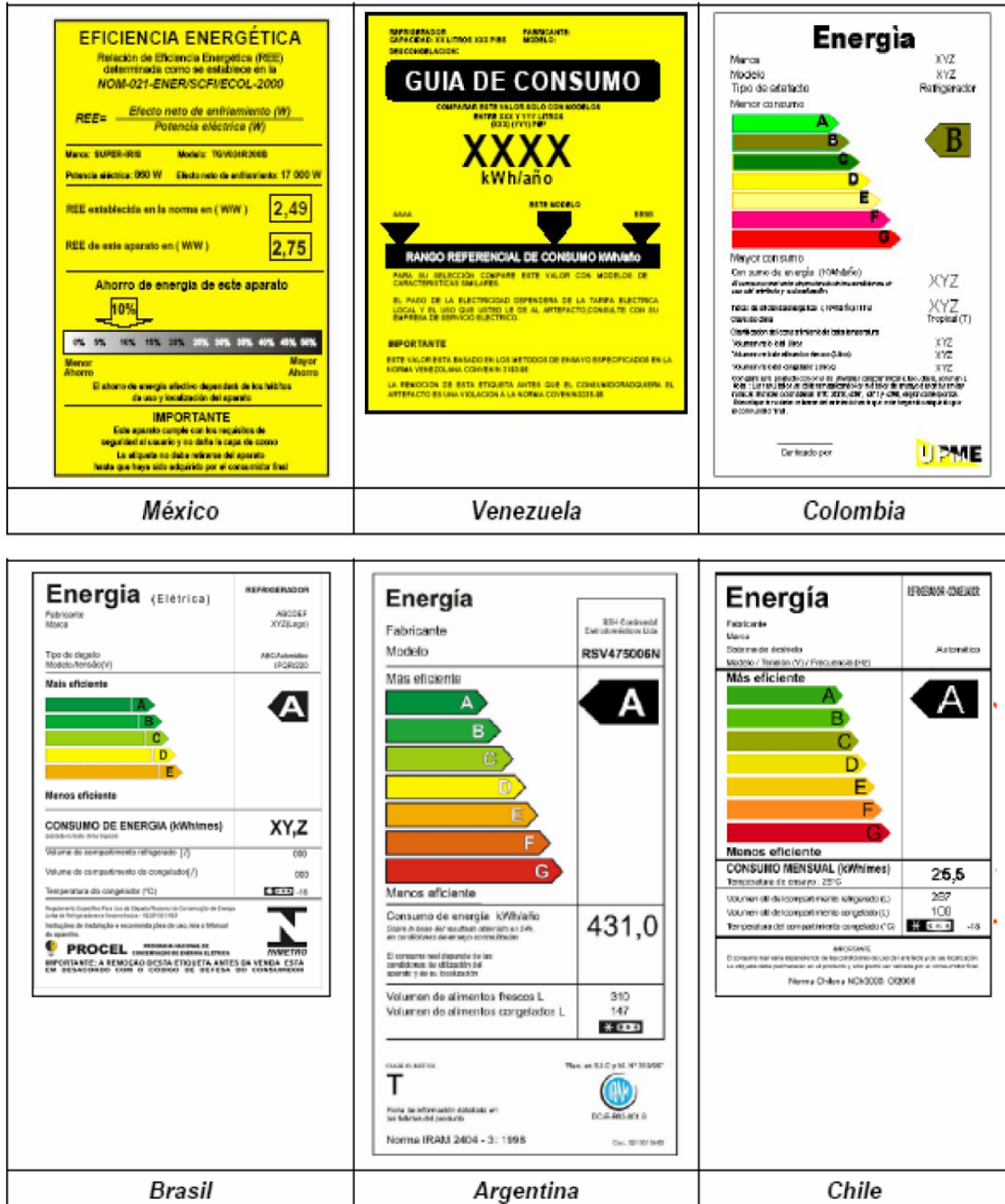
- Marca del fabricante
- Nivel de eficiencia energética
- Flujo luminoso (lúmenes)
- Vida útil (horas)
- Potencia consumida (W)
- Índice de eficacia energética (lm/W)
- Voltaje (V)

Los niveles de eficiencia energética van representados por letras mayúsculas y colores que van desde la letra “A” que es el nivel más eficiente (menor consumo) hasta la letra “G” que es el nivel menos eficiente (mayor consumo).

El índice de eficacia energética representa la cantidad de energía aprovechada en lúmenes producidos, es decir que mientras mayor sea este índice entonces mayor será la eficiencia energética.

A continuación se presenta las etiquetas de eficiencia energética de algunos países de Latinoamérica:

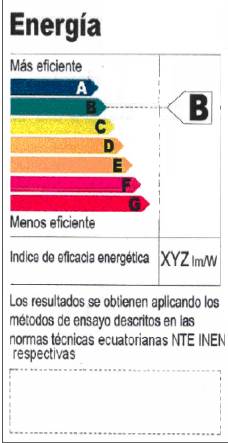

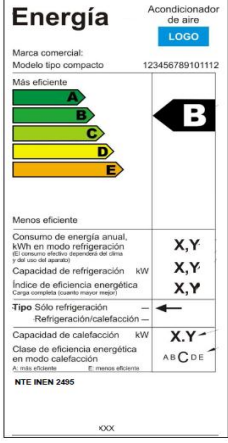
Figura 3. Etiquetas de eficiencia energética comparativas



Fuente: III Seminario Latinoamericano y del Caribe de eficiencia energética. p.26.

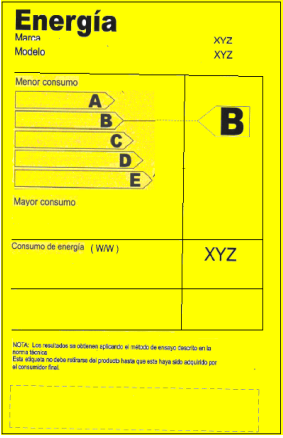
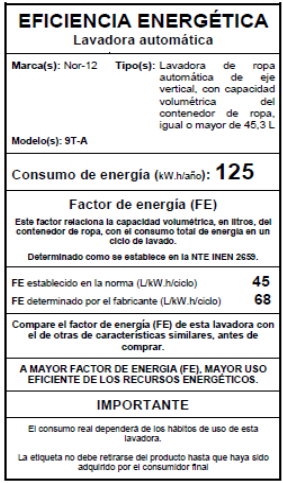
Es importante indicar que cada país tiene sus normas para el etiquetado de los electrodomésticos, en Ecuador existen reglamentos que determinan el tipo de etiquetado, los cuales contienen información según la norma respectiva a cada electrodoméstico.

Tabla 1. Reglamentos y normas de eficiencia energética existentes en Ecuador

ELECTRODOMÉSTICO	REGLAMENTO	NORMA	TIPO DE ETIQUETA
Lámparas fluorescentes	<p>RTE INEN 036 (Eficiencia energética. lámparas fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y etiquetado)</p>	<p>NTE INEN-IEC 901 (Lámparas fluorescentes compactas. Especificaciones de rendimiento)</p>	 <p>Energía</p> <p>Más eficiente</p> <p>A B C D E F G</p> <p>Menos eficiente</p> <p>Indice de eficacia energética XYZ lm/W</p> <p>Los resultados se obtienen aplicando los métodos de ensayo descritos en las normas técnicas ecuatorianas NTE INEN respectivas</p>
Refrigeración de uso doméstico	<p>RTE INEN 035 (Eficiencia energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico)</p>	<p>NTE INEN 2206 (Artefactos de refrigeración doméstico con o sin escarcha) NTE INEN 2297 (Artefactos domésticos para almacenamiento de alimentos congelados)</p>	 <p>Energía</p> <p>Marca XYZ</p> <p>Modelo XYZ</p> <p>Tipo de artefacto Refrigerador (1)</p> <p>Menor consumo</p> <p>A B C D E F G</p> <p>Mayor consumo</p> <p>Consumo de energía (kWh/año) XYZ</p> <p>El consumo varía dependiendo de las condiciones de uso del artefacto y su instalación</p> <p>Indice de eficiencia energética (kWh/año) / litros XYZ</p> <p>Clase de clima Tropical (T)</p> <p>Calificación del congelamiento de baja temperatura **</p> <p>Volumen total (litros) XYZ</p> <p>Volumen neto del congelamiento de alimentos frescos (litros) XYZ</p> <p>Volumen neto del congelador (litros) XYZ</p> <p>Consumo por litro (litros) en modo refrigeración (litros) XYZ</p> <p>Consumo por litro (litros) en modo calefacción (litros) XYZ</p> <p>Consumo por litro (litros) en modo calefacción (litros) XYZ</p>
Acondicionadores de aire	-----	<p>NTE INEN 2495 (Eficiencia energética en acondicionadores de aire sin ductos)</p>	 <p>Energía</p> <p>Acondicionador de aire</p> <p>LOGO</p> <p>Marca comercial: 123456789101112</p> <p>Modelo tipo compacto</p> <p>Más eficiente</p> <p>A B C D E</p> <p>Menos eficiente</p> <p>Consumo de energía anual, kWh en modo refrigeración X,Y</p> <p>Consumo de energía anual, kWh en modo calefacción X,Y</p> <p>Capacidad de refrigeración - kW X,Y</p> <p>Indice de eficiencia energética Carga completa (cuando mayor mejor) X,Y</p> <p>Tipo Sólo refrigeración ←</p> <p>Refrigeración/calefacción</p> <p>Capacidad de calefacción kW X,Y</p> <p>Clase de eficiencia energética en modo calefacción A B C D E</p> <p>A: más eficiente E: menos eficiente</p> <p>NTE INEN 2495</p> <p>XXXX</p>

Fuente: Autores

Tabla 1. (Continuación)

<p>Cocinas de inducción</p>	<p>-----</p>	<p>NTE INEN 2567 (Eficiencia energética en cocinas de inducción de uso doméstico)</p>	 <p>Energía Marca: XYZ Modelo: XYZ</p> <p>Menor consumo</p> <p>A B C D E</p> <p>Mayor consumo</p> <p>Consumo de energía (kWh)</p> <p>XYZ</p> <p><small>NOTA: Los aparatos se prueban en el modo de ensayo "Ciclo en la norma técnica". Esta etiqueta indica el nivel de protección hasta que esta haya sido adquirido por el consumidor final.</small></p>
<p>Bombas de uso doméstico</p>	<p>-----</p>	<p>NTE INEN 2517 (Uso eficiente de energía en bombas centrífugas de agua potable de uso residencial)</p>	<p>-----</p>
<p>Lavadoras electrodomésticas de ropa</p>	<p>RTE INEN 077 (Eficiencia energética de lavadoras electrodomésticas de Ropa)</p>	<p>NTE INEN 2659 (Aparatos electrodomésticos y similares, lavadoras eléctricas de ropa)</p>	 <p>EFICIENCIA ENERGÉTICA Lavadora automática</p> <p>Marca(s): Nor-12 Tipo(s): Lavadora de ropa automática de eje vertical, con capacidad volumétrica del contenedor de ropa, igual o mayor de 45,5 L</p> <p>Modelo(s): ST-A</p> <p>Consumo de energía (kWh/año): 125</p> <p>Factor de energía (FE)</p> <p>Este factor relaciona la capacidad volumétrica, en litros, del contenedor de ropa, con el consumo total de energía en un ciclo de lavado. Determinado como se establece en la NTE INEN 2659.</p> <p>FE establecido en la norma (LkWh/h/ciclo) 45 FE determinado por el fabricante (LkWh/h/ciclo) 68</p> <p>Compare el factor de energía (FE) de esta lavadora con el de otras de características similares, antes de comprar.</p> <p>A MAYOR FACTOR DE ENERGÍA (FE), MAYOR USO EFICIENTE DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS.</p> <p>IMPORTANTE</p> <p>El consumo real dependerá de los hábitos de uso de esta lavadora. La etiqueta no debe retirarse del producto hasta que haya sido adquirido por el consumidor final.</p>


Fuente: Autores

2.2.2 Ahorro energético en iluminación. El ahorro energético en iluminación se fundamenta principalmente en:

- Eficiencia energética de los componentes (lámparas, luminarias)
- Uso cuando sea necesario aprovechando al máximo la luz natural
- Mantenimiento (limpieza, cambio de lámparas).

2.2.2.1 Eficiencia energética en lámparas. Al utilizar una lámpara energéticamente eficiente permite obtener una importante reducción del consumo eléctrico sin afectar el nivel de iluminación y confort del lugar.

Tabla 2. Características de las lámparas

Lámpara incandescente	Lámpara halógena	Lámpara fluorescente (LFC)
		
1560 lúmenes 100 watts 1000 horas \$1 15.6 lm/W	1560 lúmenes 75 watts 2000 horas \$2.30 20.8 lm/W	1560 lúmenes 23 watts 5000 horas \$2.83 67.8 lm/W

Fuente: Comisión Nacional para el uso eficiente de energía. p.10.

En la Tabla 2 se analiza tres tipos de lámparas las cuales son equivalentes en cuanto al nivel de iluminancia pero la potencia consumida es diferente, se puede decir que la lámpara fluorescente es más eficaz puesto que con un consumo de 23 W presenta un flujo luminoso de 1560 lúmenes y tiene mayor tiempo de vida. Para adquirir nuevas lámparas es importante fijarse en el índice de eficacia energética (lm/W) ya que mientras mayor sea éste entonces se obtiene mayor aprovechamiento de energía.

Desde el punto de vista económico el costo de la lámpara fluorescente es el más alto y el de menor costo es el incandescente. Para un costo de servicio de 1000 horas se analiza en la Tabla 3:

Tabla 3. Costo de servicio según el tipo de lámpara

Lámpara incandescente	Lámpara halógena	Lámpara fluorescente
Costo de servicio= $\text{tiempo}_{\text{servicio (h)}} * \text{potencia}_{(kW)} * \text{costo}_{(\$ / kWh)}$		
\$ 9.30	\$ 6.98	\$ 2.14

Fuente: Autores

Suponiendo una tarifa de consumo eléctrico de \$0.093 por kWh de acuerdo al cuadro tarifario de la EERSA descrita en el Anexo A, se puede determinar que el costo de servicio más bajo presenta la lámpara fluorescente y el costo más alto presenta la lámpara incandescente, entonces al utilizar una lámpara fluorescente se recupera la inversión inicial.

2.2.2.2 Iluminación interior. La iluminancia mínima requerida en interiores necesariamente debe ser analizada con el propósito de verificar si existe sobredimensionamiento y con ello cumplir con lo dispuesto en la norma ahorrando energía sin afectar el confort visual. Para determinar si los niveles de iluminación son adecuados en una vivienda se debe recurrir a normas que indiquen estos valores de acuerdo al lugar, luego comprobar si se cumple por medio de los siguientes métodos:

- Por medio del luxómetro

Figura 4. Luxómetro



Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Lux%C3%B3metro>

Este instrumento toma mediciones de niveles de luz, para determinar si los niveles de iluminación son adecuados se realiza mediciones en diferentes puntos de cada lugar de la vivienda para posteriormente comparar si los valores están de acuerdo a la norma.

- Por medición directa

Se debe medir el área total de cada lugar de la vivienda y con ello poder determinar cuántas iluminarias son necesarias para cumplir con lo establecido en la norma, éste cálculo se lo realiza de la siguiente manera:

$$N_l = \frac{A_T * I_l}{F_i} \quad (1)$$

Dónde:

N_l : Número de lámparas necesarias

A_T : Área total del lugar inspeccionado (m^2)

I_l : Intensidad luminosa (lux)

F_l : Flujo luminoso de cada luminaria (lumen)

Los valores de nivel de iluminación normados se enuncian a continuación:

Tabla 4. Iluminancia según el lugar o actividad

Lugar o actividad	Iluminancia requerida (Lux)
Lectura, escritura, proceso de datos	500
Dibujo técnico	750
Pasillos y vías de circulación	100
Salas de descanso	100
Cocinas	500
Escaleras	150
Comedor	200
Cuartos de baño	200

Fuente: Norma UNE-EN 12464-1. p.17.

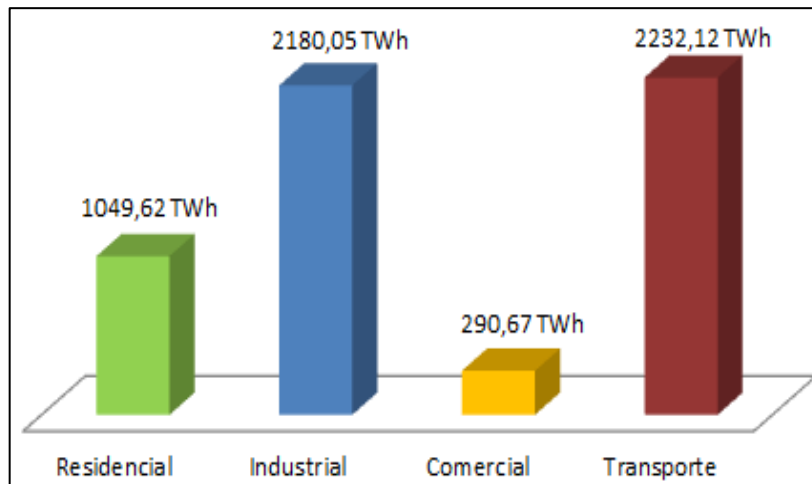
2.2.3 Ahorro en calentamiento de agua. La energía eléctrica utilizada para calentamiento de agua es otro de los factores que implican un porcentaje significativo en el consumo eléctrico final. La mayor pérdida de energía en cuanto a calentamiento de agua se debe al tiempo de estabilización de la temperatura, mientras se espera que caliente el agua y se regula a la temperatura deseada, esto implica también un desperdicio de agua.

2.3 Consumos eléctricos domiciliarios

Los consumos eléctricos a nivel residencial tanto a nivel de Latinoamérica, Ecuador y Riobamba mostrados a continuación son indicadores energéticos de la situación actual y de la problemática de crecimiento anual. En los que se aprecia la tendencia de aumento o disminución del consumo eléctrico.

2.3.1 Consumo eléctrico residencial en Latinoamérica. El consumo eléctrico final en Latinoamérica es de 5752.3 TWh, el cual está distribuido por sectores tanto residencial, comercial, industrial y transporte como se muestra a continuación:

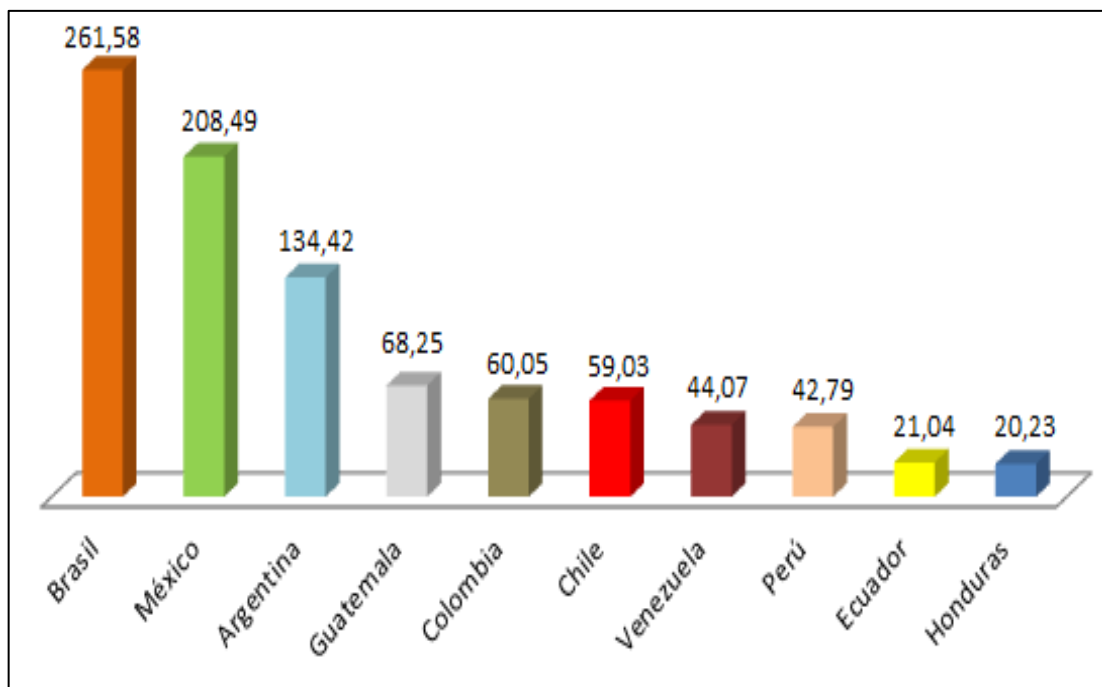
Figura 5. Consumo final en Latinoamérica



Fuente: Autores

El sector residencial de Latinoamérica consume 1049.62 TWh, que representa el 18% del consumo eléctrico total, ocupando el tercer lugar.

Figura 6. Consumo eléctrico residencial en Latinoamérica (TWh)



Fuente: Autores

Ecuador ocupa la novena posición en Latinoamérica con un consumo eléctrico de 21.04TWh en el sector residencial muy por debajo de países como Brasil y México que son los más grandes consumidores de Latinoamérica en cuanto a este sector, esto es justificable ya que estos países cuentan con una población que es aproximadamente 13 veces más grande que la población de Ecuador, además el crecimiento en el consumo eléctrico de estos países son causados por el incremento en ingresos económicos por persona lo que conlleva a adquirir más artefactos o equipos electrónicos.

2.3.2 Consumo eléctrico residencial en Ecuador. La demanda energética eléctrica en Ecuador es de 16890 GWh, los cuales están distribuidos en los sectores residencial, comercial, industrial, alumbrado público y otros.

El sector residencial es el mayor consumidor de energía eléctrica, a pesar de que en los últimos cinco años la tasa de crecimiento se redujo del 9.3% en 2010 al 1.4% en 2013 debido a los diversos proyectos de eficiencia energética que se vienen desarrollando en Ecuador como el cambio de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes y la sustitución de refrigeradoras de más de 10 años de funcionamiento por refrigeradoras que presentan un nivel de eficiencia energética alto, todo esto financiado por el gobierno.

En la Tabla 5 se muestra los consumos anuales clasificados por sectores con su respectivo porcentaje:

Tabla 5. Consumo eléctrico por sectores en Ecuador (GWh)

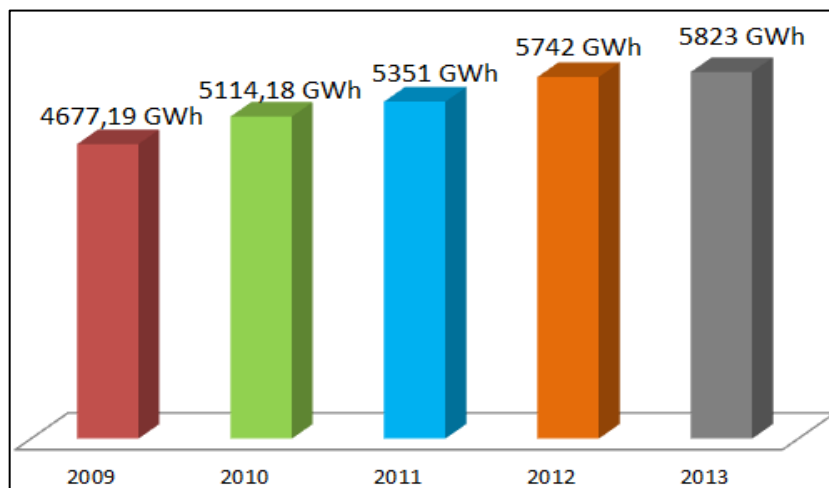
Sector	2009	%	2010	%	2011	%	2012	%	2013	%
Residencial	4677,19	36,7	5114,18	37,1	5351	35,8	5742	35,5	5823	34,5
Comercial	2510,05	19,7	2672,02	19,4	2955	19,8	3412	21,1	3433	20,3
Industrial	3588,62	28,2	4110,2	29,9	4481	30	4780	29,5	5013	29,7
A. Público	817,25	6,42	812,03	5,9	883	5,91	910	5,62	960	5,68
Otros	1135,73	8,92	1061,03	7,71	1261	8,45	1340	8,28	1661	9,83

Fuente: Autores

Del 2009 al 2013 el consumo eléctrico en el sector residencial creció en un 24.5%, siendo el 2013 el año que tuvo menor tasa de crecimiento anual (1.4%) y el 2010 el que tuvo mayor tasa de crecimiento anual (9.3%).

Mediante el siguiente gráfico se puede apreciar la evolución del consumo energético en el sector residencial de Ecuador:

Figura 7. Consumo eléctrico del sector residencial en Ecuador



Fuente: Autores

El aumento anual del consumo eléctrico residencial está relacionado con el crecimiento poblacional ya que con ello aumenta la adquisición de bienes consumidores de energía es decir electrodomésticos, computadoras, celulares, entre otros. Por lo tanto a mayor crecimiento económico, mayor es el consumo eléctrico de estos bienes.

También se debe al derroche o desperdicio de energía causado por distintos factores como la falta de cultura energética en las personas, por ejemplo desconocer del consumo eléctrico en stand by o aprovechar la luz natural reduciendo el consumo eléctrico al encender una lámpara y falta de conocimiento en lo referente a eficiencia energética en artefactos eléctricos usados en las viviendas.

2.3.3 Consumo eléctrico residencial en Riobamba. En los últimos cinco años el consumo eléctrico en la ciudad Riobamba creció de 220.72 GWh en el 2009 a 278.6 GWh en el 2013, es decir un crecimiento a una tasa anual de 26.2%.

En el 2013 la demanda de energía eléctrica está distribuida en los sectores residencial, comercial, industrial, alumbrado público, de los cuales 117.2 GWh es decir 42.07% consume el sector residencial siendo el mayor consumidor.

El consumo eléctrico por sectores en Riobamba se describe en la Tabla 6:

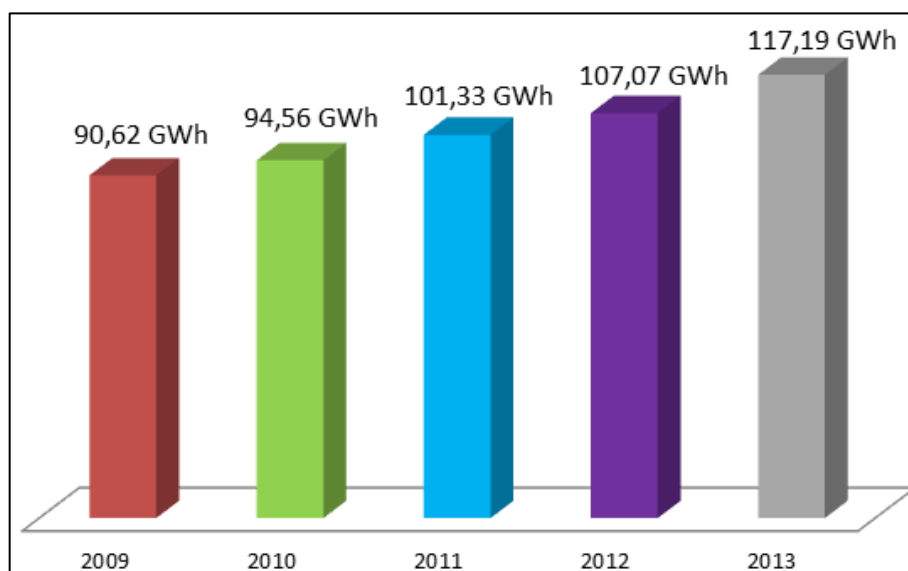
Tabla 6. Consumo eléctrico por sectores en Riobamba (GWh)

Sector	2009	%	2010	%	2011	%	2012	%	2013	%
Residencial	90,617	41,05	94,56	44,92	101,3	40,67	107,1	38,57	117,2	42,07
Comercial	35,18	15,94	36,83	17,49	41,48	16,65	49,33	17,77	52,74	18,93
Industrial	55,23	25,02	37,67	17,89	61,47	24,67	74,8	26,95	69,18	24,83
A. Público	26,31	11,92	25,5	12,11	35,52	14,26	33,78	12,17	31,04	11,14
Otros	13,387	6,065	15,96	7,581	9,33	3,745	12,61	4,543	8,44	3,03

Fuente: Autores

La variación en el consumo eléctrico del sector residencial de Riobamba en los últimos años es el siguiente:

Figura 8. Consumo eléctrico del sector residencial de Riobamba



Fuente: Autores

El consumo energético a nivel residencial en Riobamba crece anualmente a una tasa del 4% al 9% aproximadamente, lo cual representa un problema que debe ser analizado con el objeto de buscar técnicas de eficiencia energética y controlar este crecimiento.

2.4 Medio ambiente

2.4.1 Contribución de la eficiencia energética en la reducción de GEI (Gases de Efecto Invernadero). La eficiencia energética se relaciona directamente con la reducción de emisiones de CO₂ evitando los derroches de energía, es por eso que se

debe centrar la atención en los mayores consumidores de energía eléctrica es decir el sector residencial y específicamente en los hogares. Quizá para una familia las emisiones de CO₂ causadas por el derroche de energía no son muy representativas, pero si este desperdicio de energía se cuantifica para todo el sector residencial de la ciudad y país las emisiones resultan significativas. Al aplicar métodos de eficiencia energética en los hogares tendrían un importante ahorro energético y económico con lo que directamente reducimos las emisiones de CO₂ por cada kWh ahorrado evitando que la sobredemanda de energía eléctrica sea generada en base a combustibles como el diésel por ejemplo que son los que mayor contaminación producen al emitir CO₂ en grandes cantidades.

2.4.2 *Huella de carbono.* La huella de carbono es la cantidad de emisiones de CO₂ enviadas al ambiente en forma directa o indirectamente, es una de las formas que existen para medir el impacto ambiental que causan las personas sobre el ambiente cuando utiliza electrodomésticos, iluminación artificial entre otros. La huella de carbono se mide en unidades de masa de CO₂ equivalente.

2.4.3 *Factor de emisión de CO₂ por consumo eléctrico.* Es la masa estimada de CO₂ emitidas al ambiente por cada unidad de kWh de energía eléctrica consumida. Para calcular las emisiones se debe utilizar un factor de emisión de CO₂ (dado en gramos de CO₂/kWh) que representa las emisiones asociadas a la generación eléctrica.

El factor de emisión de CO₂ al ambiente del Sistema Nacional Interconectado (SNI) fue determinado con la información proporcionada por el CENACE (Centro Nacional de Control de Energía), CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) y MAE (Ministerio del Ambiente).

Por medio del informe del 2011 del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador queda determinado que el factor de emisión por consumo eléctrico es de 0.5669 tCO₂/MWh, mediante este dato se puede determinar la cantidad de CO₂ emitidas al ambiente por cada vivienda de acuerdo a su ahorro eléctrico obtenido, es decir apreciar cuanta masa de CO₂ no están siendo emitidas y de esta manera poder concientizar al sector residencial en la búsqueda de un uso racional y eficiente de la energía, contribuyendo a tener un medio ambiente menos contaminado.

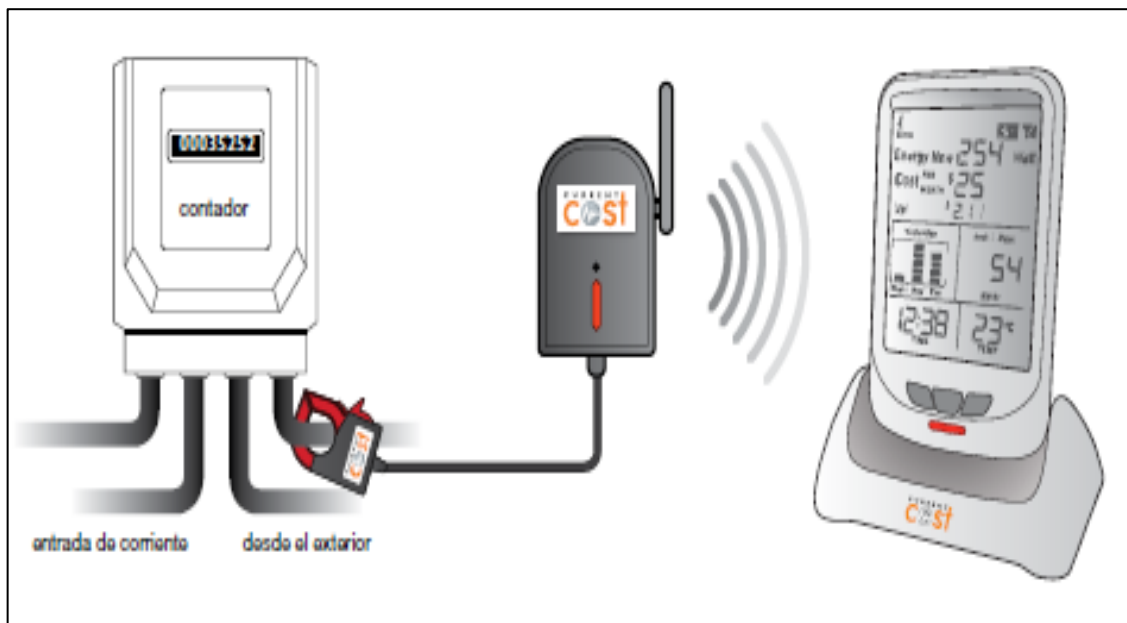
CAPÍTULO III

3. EQUIPOS DE MONITOREO, METODOLOGÍAS Y SELECCIÓN

Existen varios equipos y metodologías mediante las cuales se pueden obtener datos de consumo eléctrico, cada uno con sus particularidades las cuales serán analizadas para su respectiva selección.

3.1 Alternativa 1: Gestor energético ENVI

Figura 9. Gestor energético ENVI



Fuente: Cliensol Energy. Manual de uso. p.3.

El gestor energético ENVI está diseñado para observar fácilmente el consumo eléctrico en tiempo real y cómo varía el consumo al encender o apagar un electrodoméstico o una bombilla. Mediante un gráfico se puede apreciar el consumo de la mañana, tarde y noche.

Los datos registrados se acumulan y pueden ser descargados a través de un cable PC, lo que permite obtener un registro sumamente valioso de los consumos de energía. Su costo en Ecuador es \$233,00 y actualmente fue sustituido por el gestor energético ENVI-R.

3.1.1 Ventajas

- Muestra el consumo energético en tiempo real
- Analiza y muestra el costo del consumo energético por día, mes y año
- Posee conectividad a PC

3.1.2 Desventajas

- El gestor energético funciona con 220V y 50 Hz, es decir no se puede usar en Ecuador puesto que la energía utilizada es 110V y 60Hz
- Muestra los costos de energía consumida en euros

3.2 Alternativa 2: Gestor energético ENVI-R

Figura 10. Gestor energético ENVI-R



Fuente: Cliensol Energy. Descripción de equipos. p.1.

Se basa en un diseño parecido al gestor energético ENVI, en el cual se puede observar el consumo eléctrico en tiempo real.

El gestor energético ENVIR es compatible con conexión internet, lo que permite visualizar el consumo desde cualquier conexión a internet de hasta diez puntos de medida independientes, los datos son registrados y acumulados. El valor económico del equipo en Ecuador es de \$233,00.

3.2.1 Ventajas

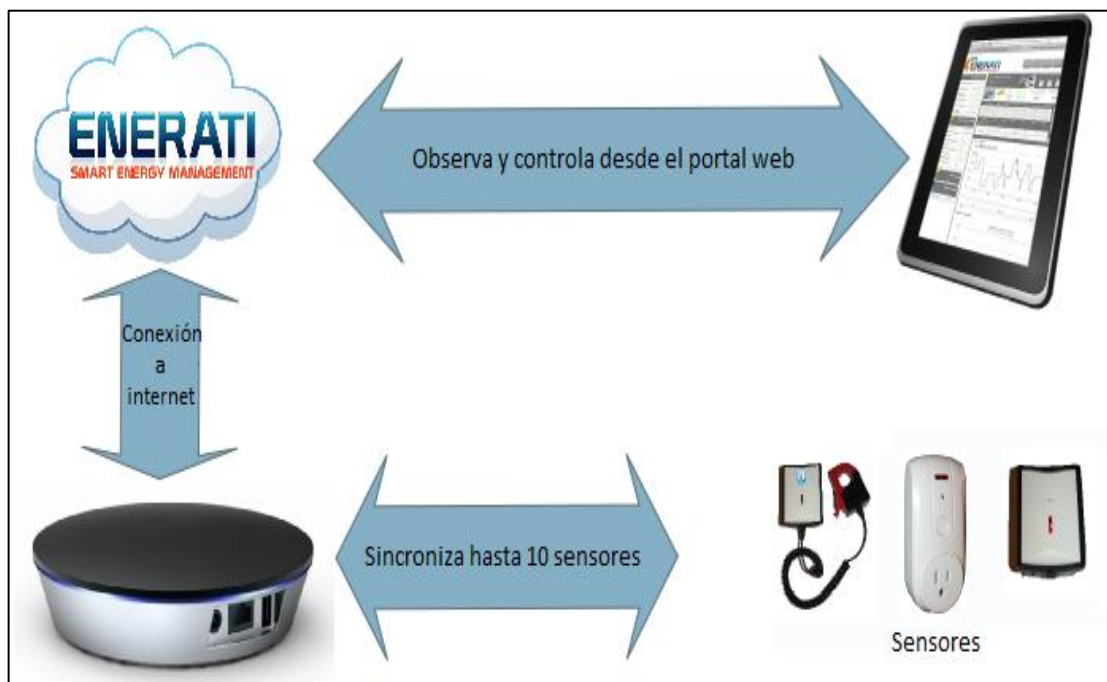
- Muestra la opción de observar los consumos energéticos eléctricos en cada sensor en tiempo real
- Recopila información de 9 sensores adicionales
- Posee conectividad a internet y PC
- Permite colocar monitores adicionales en la misma ubicación
- Puede configurar una tarifa eléctrica adicional
- Almacena hasta 7 años de datos históricos de consumo
- Presenta la posibilidad de ajustar el voltaje
- Presenta un monitor multicanal
- Fácil de manipular

3.2.2 Desventajas

- Funciona con un rango de voltaje de 200V a 260V de DC, 500 mA y 50Hz
- Presenta costos de energía consumida en euros

3.3 Alternativa 3: Energy genius

Figura 11. Energy genius



<http://www.currentcost.net/page32.html>

El energy genius es conjunto de equipos electrónicos, que permiten a los usuarios monitorear su consumo eléctrico en tiempo real desde cualquier parte del mundo mediante el portal web de enerati, con la finalidad de realizar seguimientos de consumos de los diferentes electrodomésticos y equipos presentes en una vivienda. Su costo es de \$900,00 y es importado desde Estados Unidos.

3.3.1 Accesorios

3.3.1.1 Sensor (smart plug)

Figura 12. Sensor (smart plug)



Fuente: www.powersave.us

Smart plug es un sensor que tiene dos funciones importantes:

- Mide el consumo de energía en tiempo real y de forma inalámbrica envía esta información al genius gateway
- Este sensor posee control on/off ya sea manualmente o a través del portal web

3.3.1.2 Puerta de enlace (genius gateway)

Figura 13. Puerta de enlace (genius gateway)

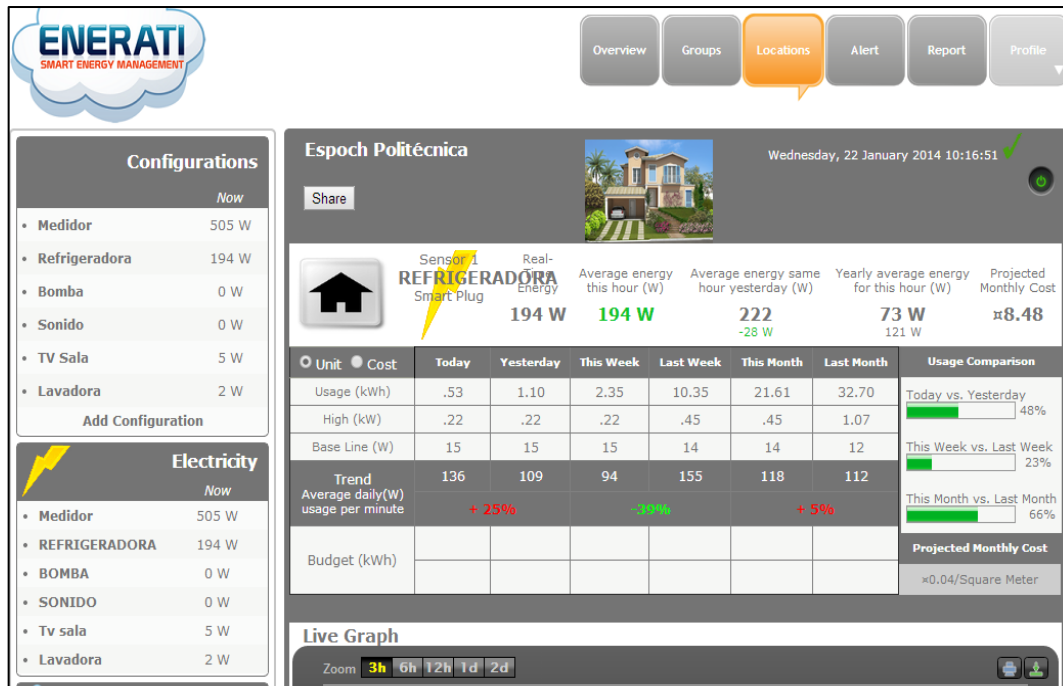


Fuente: www.powersave.us

El genius gateway funciona como enlace entre los sensores y el portal web, es decir puede recibir la señal de 10 sensores inalámbricos y enviar la información al portal web. Tiene un alcance de 30 metros para recibir la señal de los sensores, se conecta mediante un cable al router de conexión a internet.

3.3.1.3 Portal web de ENERATI

Figura 14. Enerati smart energy management



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1=MTc5NQ>

ENERATI es una página web diseñada para los usuarios que desean obtener el máximo rendimiento de su sistema de monitoreo, el cual permite a los usuarios observar los datos de consumo en tiempo real de hasta 10 sensores en una localización. Cuenta con un panel de control que permite encender o apagar los sensores.

3.3.2 Ventajas

- Muestra datos de consumo eléctrico en tiempo real y de manera continua
- Permite la conexión de 10 sensores inalámbricos
- Tiene conexión a internet
- Puede activar o desactivar los sensores desde el portal web
- Almacena datos históricos de consumo por hora, día, mes y año de cada sensor

- Calcula el costo por consumo eléctrico de cada sensor
- Posee un funcionamiento con 110V y 60 Hz

3.3.3 Desventaja

- Cuando existe una interrupción de conexión a internet el registro de datos de consumo eléctrico se detiene.

3.4 Alternativa 4: MeterPlug

Figura 15. MeterPlug



Fuente: <http://blogthinkbig.com/meterplug-consumo-electrico/>

Es un pequeño dispositivo a modo de adaptador de corriente inteligente que se coloca en cualquier enchufe doméstico, que permite medir y controlar el consumo del aparato que se conecte a él. Permite conocer en tiempo real el índice de consumo del aparato conectado, incluso en modo de espera (stand by). El costo de cada MeterPlug es de \$100,00 y se debe importar desde España.

3.4.1 Ventajas

- Permite la conectividad a cualquier smartphone o tablet por medio de una aplicación instalada en los mismos, la cual transmite información a través de bluetooth 4.0
- Puede programarse para que se apague automáticamente
- Los costos de consumo energético puede mostrarse en dólares o en cualquier otra moneda local

- Brinda la posibilidad de apagarse automáticamente cuando se excede un valor de consumo preseleccionado
- Funciona con un voltaje de 100V-240V AC, 0.01-16 A

3.4.2 Desventajas

- No posee conexión a internet
- Posee memoria de almacenamiento de datos dependiendo de la capacidad del dispositivo en el cual está instalada la aplicación
- Costo elevado

3.5 Alternativa 5: Efergy engage HUB

Figura 16. Efergy engage HUB



Fuente: <http://www.efergystore.com/pt/medidores-de-consumo.html?p=1>

Este equipo permite monitorizar y visualizar online, vía internet o Smartphone, y en tiempo real todos los consumos de los dispositivos. Acceso directo al consumo en el hogar 24 horas al día, 365 días al año. Disponible para PC, iPhone y android. Presenta una plataforma totalmente gratuita y accesible para todo el mundo. El costo del equipo es de \$277,00 y es importado desde Portugal. Posee un alcance de transmisión de 40 a 70 metros, un voltaje regulable de 90 a 600 V, un amperaje máximo de 90 A.

3.5.1 *Ventajas*

- Muestra consumos y costos energéticos instantáneamente
- Cuantifica la cantidad de CO₂ que emite por cada consumo
- Compara el consumo eléctrico respecto a otros
- Recibe alertas en tiempo real cuando se exceda un consumo
- Accesibilidad a través de dispositivos móviles, smartphone, blackberry, etc.

3.5.2 *Desventajas*

- Muestra costos de consumo eléctrico en euros
- Posee un solo sensor

3.6 **Alternativa 6: Metodología mediante encuestas**

Esta metodología fue propuesta por el Ministerio de Energía y Minas con el objetivo de crear conciencia de los consumos cuando un electrodoméstico es puesto en funcionamiento, este menú energético busca obtener datos de consumo de energía eléctrica que depende del tiempo de funcionamiento, así como de la potencia eléctrica, por lo tanto para saber el consumo de energía en una vivienda se analiza cada electrodoméstico existente en la misma, para lo que se debe realizar los siguientes pasos:

- En la columna de artefacto se describe los nombres de los electrodomésticos y equipos presentes en la vivienda
- En la columna (A) se escribe el valor de la potencia de los artefactos, este dato generalmente se encuentra grabado en una placa que está adherida a los electrodomésticos y vienen expresado en Vatios (W)
- En la columna (B) se debe expresar la potencia en kW realizando el siguiente cálculo:

$$kW = \frac{\text{Watt}}{1000} \quad (2)$$

- En la columna de horas de utilización se especifica el tiempo aproximado de funcionamiento de cada electrodoméstico, en el caso de que el tiempo de sea menor a una hora se utiliza las siguientes equivalencias:

Tabla 7. Equivalencias de minutos a horas

Para tiempos menores a una hora utilizar las siguientes equivalencias	
5 minutos = 1/12 hora = 0.08	35 minutos = 7/12 hora = 0.58
10 minutos = 1/6 hora = 0.17	40 minutos = 2/3 hora = 0.67
15 minutos = 1/4 hora = 0.25	45 minutos = 3/4 hora = 0.75
20 minutos = 1/3 hora = 0.33	50 minutos = 5/6 hora = 0.83
25 minutos = 5/12 hora = 0.42	55 minutos = 11/12 hora = 0.92
30 minutos = 1/2 hora = 0.5	

Fuente: Ministerio de energía y minas. Menú energético. p. 4.

- En la columna (C), se suma el número de horas aproximadas de utilización de cada artefacto
- En la columna (D), indica los días que se utiliza al mes, se debe asumir que el mes tiene 30 días o 4 semanas
- En la columna (E) se muestra la energía mensual consumida, este valor se obtiene multiplicando las columnas B*C*D detallando el consumo eléctrico de cada artefacto
- En la columna (F) está el costo mensual de cada artefacto, para obtener se debe multiplicar la columna (E) por el valor de la tarifa promedio nacional real:

$$\text{Costo mensual} = (E) \times \text{tarifa promedio real (0.0948)} \quad (3)$$

- Finalmente sumar todos los valores de la columna (E) para obtener la energía total consumida en kWh durante un mes y sumar todos los valores de la columna (F) para obtener el costo mensual de la facturación de consumo eléctrico.

La tabla del menú energético se muestra en el Anexo B.

3.6.1 *Ventajas*

- Es un método rápido de cálculo de consumo eléctrico

- Los costos de aplicación de este método son nulos

3.6.2 Desventaja

- Los resultados de consumo eléctrico son aproximados puesto que esta metodología se basa en datos supuestos.

3.7 Alternativa 7: Metodología mediante equipos y encuestas

Este procedimiento fue aplicado en el “Análisis de alternativas energéticas para la optimización de la demanda eléctrica en el sector residencial de Riobamba”, tiene el mismo principio que el anterior mencionado, con la diferencia de que se utilizan instrumentos electrónicos para medir la potencia eléctrica en ciertos electrodomésticos o equipos en los que no se pueden visualizar la placa de datos técnicos, también puede ser que las instalaciones no sean las más adecuadas y no permiten observar esta información razón por la cual se tiene la necesidad de utilizar instrumentos, entre los cuales tenemos:

3.7.1 Vatímetro. Es un instrumento capaz de medir la potencia eléctrica de un equipo o electrodoméstico.

Figura 17. Vatímetro



Fuente: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-electricidad/vatimetro-digitales-tes-3600.htm>

3.7.2 Memobox advance. Es un instrumento que nos permite medir la potencia eléctrica de artefactos electrónicos y muestra un análisis de la carga eléctrica en los mismos.

Figura 18. Memobox advance



Fuente: <http://www.testersandtools.com/images/QVTIMG20080716150449532.jpg>

3.7.3 *Ventajas*

- Los costos de aplicación de este método son bajos.
- Se puede calcular los datos totales de todos los electrodomésticos existentes en la vivienda

3.7.4 *Desventaja*

- Los datos de consumo eléctrico no son exactos puesto que el tiempo de funcionamiento es un aproximado

3.8 **Selección de la alternativa adecuada**

Para el análisis de consumo eléctrico de una vivienda se necesita un equipo o método que cumpla con los siguientes requerimientos:

- Mostrar datos de consumo eléctrico en forma continua y en tiempo real
- Monitorear los consumos eléctricos por medio de la web
- Almacenar datos de consumo de cada sensor por hora, día, mes y año
- Mostrar costos de consumo eléctrico de cada sensor en dólares
- Controlar encendido y apagado de cada sensor a través de la web
- Funcionamiento con 110V de AC y 60 Hz
- Tomar datos de consumo eléctrico como mínimo de 10 puntos diferentes
- El costo debe ser accesible

Tabla 8. Selección de la alternativa adecuada

Característica Equipos o Metodologías	Gestor energético ENVI	Gestor energético ENVI-R	Energy genius	MeterPlug	Efergy engage HUB	Metodología mediante encuestas	Metodología mediante encuestas y equipos
Mostrar datos de consumo eléctrico en forma continua y en tiempo real	√	√	√	√	√		
Monitorear los consumos eléctricos por medio de la web		√	√		√		
Almacenar datos de consumo de cada sensor por día, mes y año	√	√	√	√	√		
Mostrar costo de consumo eléctrico en cada sensor en dólares			√	√			
Controlar encendido y apagado de cada sensor a través del sensor de la web			√		√		
Funcionamiento con 110V de AC y 60Hz			√	√	√		
Tomar datos de consumo eléctrico como mínimo de 10 puntos diferentes		√	√	√			
Costo accesible	√	√	√			√	√

Fuente: Autores

La alternativa 3 “energy genius” cumple con todas estas características necesarias.

Adicionalmente para medir el consumo eléctrico de los artefactos en stand by por separado se utiliza el medidor de energía E49CM01 que se describe a continuación:

Figura 19. Medidor de energía E49CM01

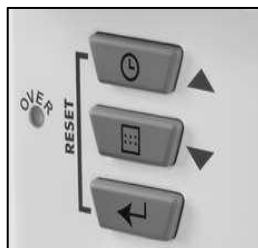


Fuente: http://cdn.ryobitools.com/products/photos/large_d7e9943b-bbb8-439a-82af-02ff729d1608.jpg

Este sensor cuantifica el consumo eléctrico en kWh en tiempo real de los artefactos eléctricos y muestra este valor en la pantalla del mismo. Para tomar mediciones de consumo eléctrico en stand by basta con conectar el sensor en un tomacorriente y sobre este conectar el enchufe del artefacto sin ponerlo en funcionamiento para determinar qué cantidad de energía se desperdicia.

Cuando se desee cuantificar el consumo en stand by de otro artefacto es importante resetear el sensor presionando al mismo tiempo la primera y última tecla como se muestra en la Figura 20 borrando el consumo anterior y poder realizar la siguiente medición.

Figura 20. Botones del medidor de energía E49CM01



Fuente: http://cdn.ryobitools.com/products/photos/large_d7e9943b-bbb8-439a-82af-02ff729d1608.jpg

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE DATOS

4.1 Tabulación de datos

Los datos de consumo eléctrico de cada electrodoméstico monitoreado son de mucha importancia para el análisis del consumo base o promedio y la identificación de puntos altos de consumo eléctrico. Para el análisis se toma datos de consumo eléctrico para procesarlos en gráficas de control para detectar los puntos altos de consumo eléctrico y determinar sus causas.

Generalmente al usar una gráfica de control se analiza los puntos que están por encima del límite superior de control (LSC) o los puntos que están por debajo del límite inferior de control (LIC), pero para contribuir a la eficiencia energética no tienen importancia los puntos bajos de consumo eléctrico, al contrario los puntos altos se deben analizar para su control.

Para el análisis de los datos se utiliza el gráfico de control \bar{x} , en el cual es necesario calcular los siguientes parámetros:

Valor promedio:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (4)$$

Rango:

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min} \quad (5)$$

Límite superior de control:

$$\text{L.S.C} = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (6)$$

Límite inferior de control:

$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (7)$$

En donde \bar{x} es el consumo base o valor promedio, n es el número de datos, \bar{R} es el rango medio de datos y A_2 es el factor para límites de control el cual viene tabulado en el anexo D, y depende del número de datos que van a ser analizados. Una vez obtenidos el límite superior y el valor promedio o base se representa cada uno de los consumos eléctricos en la gráfica de control para determinar los puntos críticos que están sobre el límite superior.

Los datos tabulados fueron obtenidos por medio del equipo de monitorización genius gateway en tiempo real. En el portal web de enerati se almacenan los datos de consumo eléctrico en forma semanal, lo que para analizar los puntos altos de consumo eléctrico se necesitaría de cuatro diagramas de control por electrodoméstico lo que genera pérdida de espacio y tiempo, entonces por medio de los datos de consumo eléctrico almacenados se construye una gráfica de control por electrodoméstico aprovechando así tiempo y espacio.

4.1.1 Refrigeradora

4.1.1.1 Características técnicas

- Potencia: 490 W
- Voltaje: 110 V

4.1.1.2 Análisis de consumo

- Tabla de datos

Tabla 9. Consumo eléctrico de la refrigeradora

Día	Consumo (kWh)	Día	Consumo (kWh)
1	2.20	16	0.73
2	2.10	17	0.84

Fuente: Autores

Tabla 9. (Continuación)

Día	Consumo (kWh)	Día	Consumo (kWh)
3	2.23	18	1.01
4	2.13	19	1.45
5	2.22	20	4.33
6	3.88	21	1.32
7	2.96	22	0.42
8	2.04	23	1.82
9	2.25	24	0.72
10	2.72	25	1.10
11	2.52	26	1.66
12	1.80	27	1.04
13	1.61	28	0.71
14	2.51	29	1.24
15	2.03	30	1.14

Fuente: Autores

- Consumo base o promedio, rango, el límite superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{54.73}{30}$$

$$\bar{x} = 1.824$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$

$$\bar{R} = 4.33 - 0.42$$

$$\bar{R} = 3.91$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 1.824 + 0.133 \cdot 3.91$$

$$L.S.C = 2.344$$

$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.I.C = 1.824 - 0.133 \cdot 3.91$$

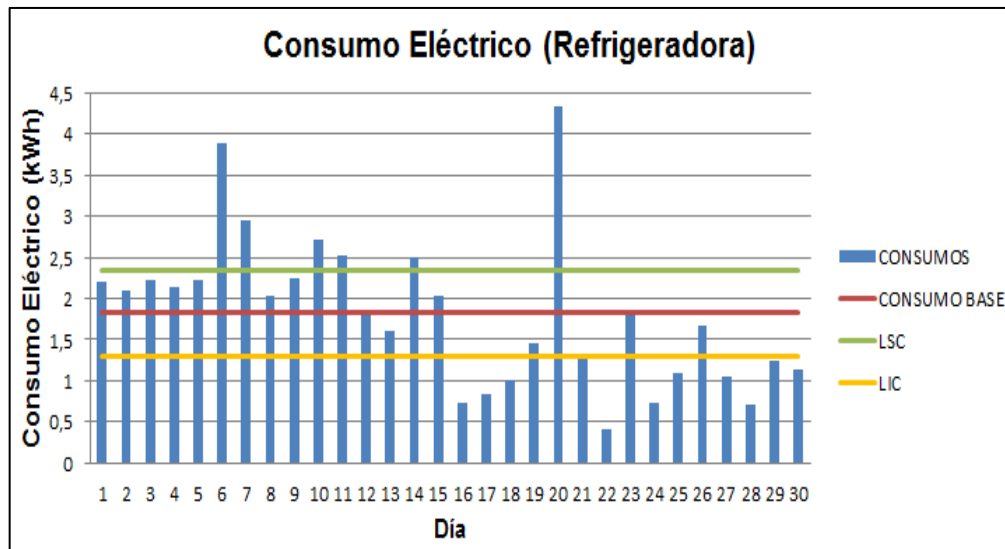
$$L.I.C = 1.304$$

La refrigeradora posee un consumo eléctrico base o promedio diario de 1.824kWh, mensualmente consume 54.73kWh. Como la potencia de la refrigeradora es de 490 W se determina que el tiempo equivalente de uso diario es de 3 horas con 43 minutos consecutivos.

A través de los datos obtenidos en el portal web de ENERATI se procede a graficar los mismos en el diagrama de control para su análisis.

- Gráfica de control

Figura 21. Diagrama de control de la refrigeradora

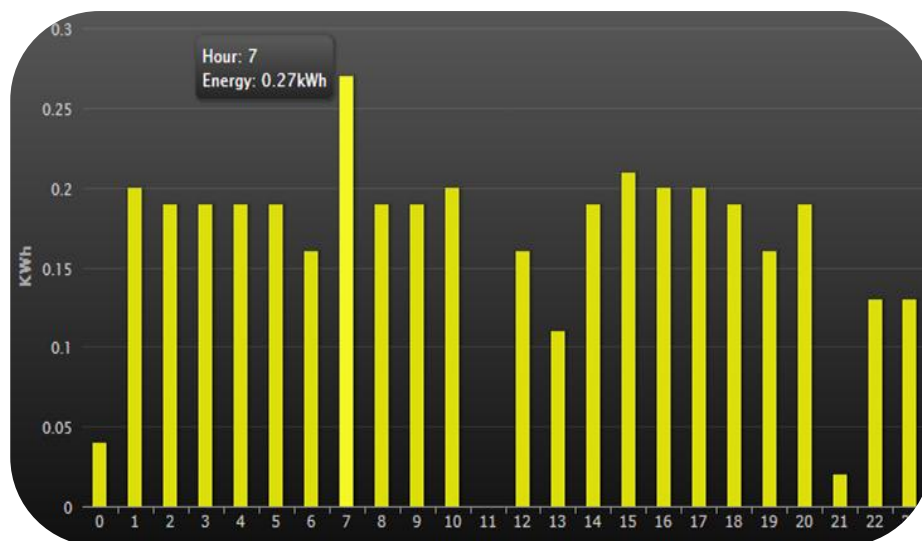


Fuente: Autores

4.1.1.3 Análisis de puntos altos de consumo eléctrico. Los puntos altos de consumo de la refrigeradora se deben a los siguientes factores:

- Día 6: Tiene un consumo de 3.88 kWh debido a un tiempo prolongado de apertura de puerta en la hora 7 esto provoca pérdida de frío y causa mayor consumo eléctrico, por la preparación de alimentos para el desayuno.

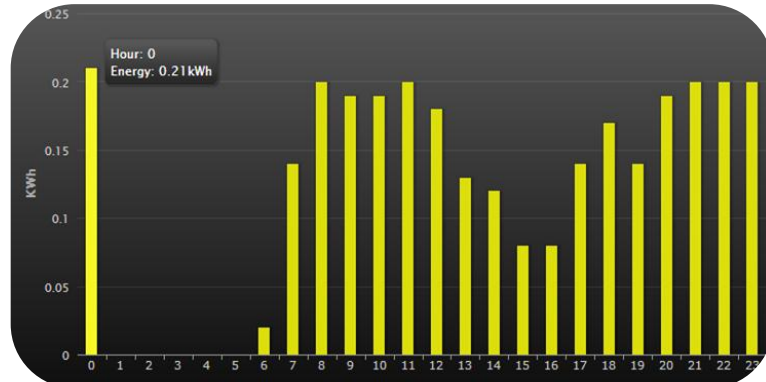
Figura 22. Consumo eléctrico alto de la refrigeradora (día 6)



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Día 7: Tiene un consumo eléctrico de 2.96kWh debido a que la refrigeradora permanece desconectada durante toda la madrugada y a partir de las 06h00 tiene que compensar el frío perdido razón por la cual el consumo se eleva.

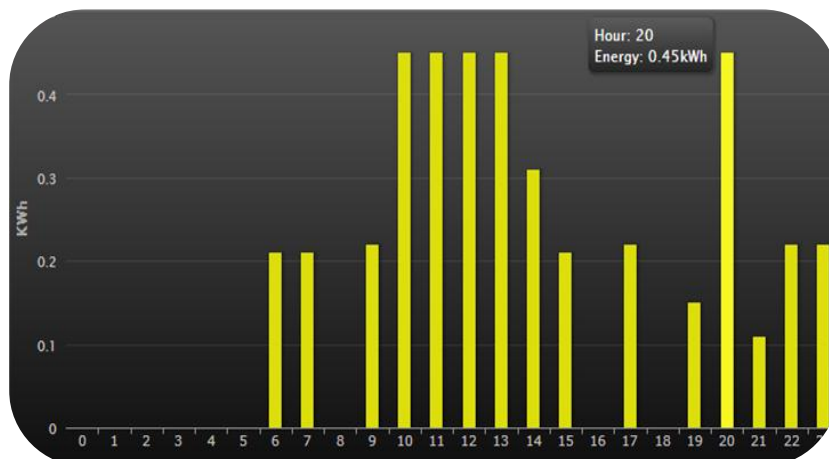
Figura 23. Consumo eléctrico alto de la refrigeradora (día 7)



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1=MjAyNA>

- Día 20: El consumo de 4.33kWh debido a que la refrigeradora durante el día la puerta es abierta constantemente para el abastecimiento de productos y limpieza.

Figura 24. Consumo eléctrico alto de la refrigeradora (día 20)



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1=MjAyNA>

4.1.1.4 Causas generales

- Abrir con frecuencia la refrigeradora lo que provoca la pérdida de frío.
- Falta de circulación de aire por la parte posterior de la refrigeradora lo que dificulta la transferencia de calor.

- La refrigeradora se encuentra cerca de artefactos que producen calor, lo que aumenta la carga térmica y con ello el consumo eléctrico de la refrigeradora para mantenerse a la temperatura deseada.
- Introducir alimentos calientes a la refrigeradora.

4.1.2 Bomba domiciliaria

4.1.2.1 Características técnicas

- Potencia: 0.5 HP = 373 W
- Voltaje: 110 V

4.1.2.2 Análisis de consumo

- Tabla de datos

Tabla 10. Consumo eléctrico de la bomba domiciliaria

Día	Consumo (kWh)	Día	Consumo (kWh)
1	5.46	16	5.14
2	3.51	17	3.49
3	2.65	18	4.42
4	2.93	19	5.34
5	3.27	20	6.36
6	4.57	21	8.13
7	1.27	22	5.41
8	4.76	23	1.41
9	4.33	24	4.96
10	3.63	25	1.67
11	5.74	26	2.22
12	4.29	27	3.33
13	2.63	28	2.59
14	2.19	29	2.66
15	2.43	30	3.08

Fuente: Autores

- Consumo base o promedio, rango, límite superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{113,87}{30}$$

$$\bar{x} = 3.796$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$

$$\bar{R} = 8.13 - 1.27$$

$$\bar{R} = 6.86$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 3.796 + 0.133 \cdot 6.86$$

$$L.S.C = 4.708$$

$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

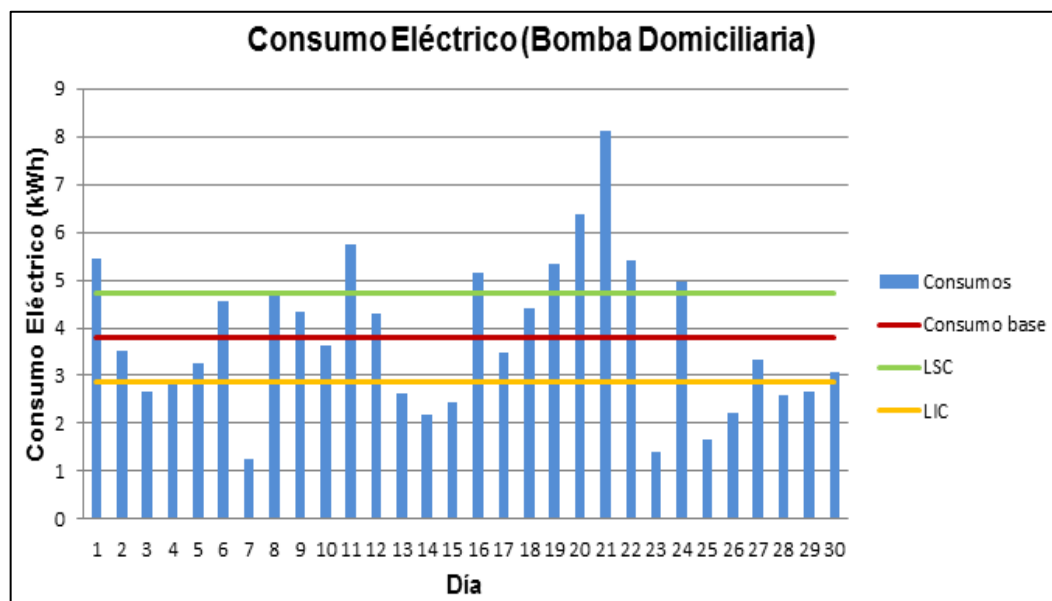
$$L.I.C = 3.796 - 0.133 \cdot 6.86$$

$$L.I.C = 2.883$$

La bomba domiciliaria utiliza un total de 113.87kWh mensualmente, lo que significa que el consumo eléctrico diario es de 3.796kWh. El consumo diario equivale a usar continuamente la bomba por un tiempo aproximado de 10 horas.

- Gráfica de control

Figura 25. Diagrama de control de la bomba domiciliaria



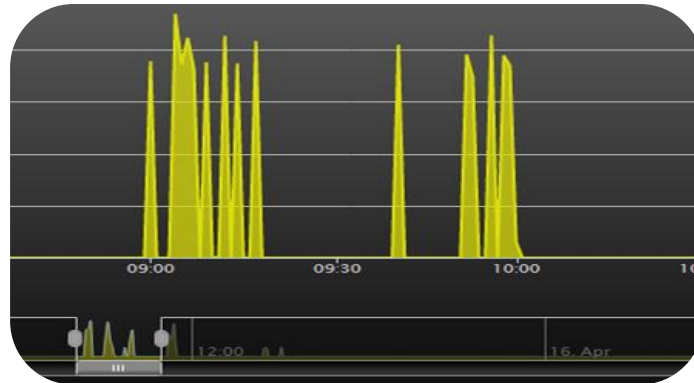
Fuente: Autores

La bomba domiciliaria es uno de los equipos que más uso tienen en la vivienda es por ello que el consumo eléctrico diario y mensual son elevados en relación a los demás artefactos.

4.1.2.3 Análisis de puntos altos de consumo eléctrico. Los puntos altos de consumo están relacionados con los siguientes factores:

- Para que un sistema presurizado de bombeo domiciliario sea eficiente la bomba debe arrancar menos de 6 veces en una hora. Y en este sistema la bomba se activa 11 veces en una hora como se muestra en los registros de ENERATI.

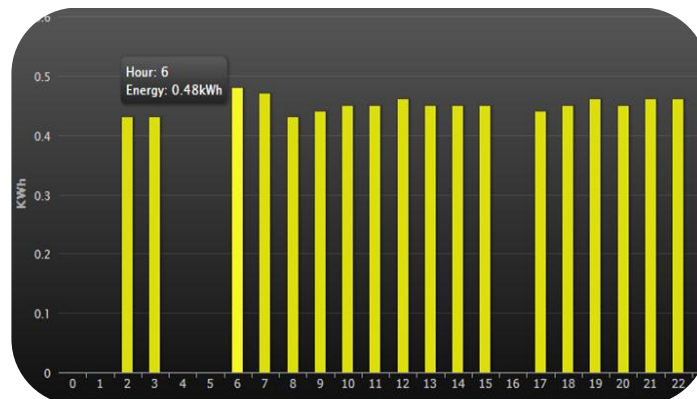
Figura 26. Activación de la bomba domiciliaria por hora



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param>

- En el análisis por hora se comprueba que el funcionamiento es consecutivo.

Figura 27. Consumo eléctrico de la bomba domiciliaria por hora



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

4.1.2.4 Causas generales

- Consumo innecesario de agua tanto en aseo personal como en la preparación de alimentos.
- Consumo de agua en limpieza de automóvil y riego de jardín.

El consumo eléctrico depende directamente del consumo de agua en la vivienda, ya que la bomba domiciliaria actúa en función del nivel de agua y presión del tanque hidroneumático, es decir que mientras más se consume agua entonces la bomba necesita activarse para compensar esa descarga de agua y con ello el consumo eléctrico aumenta.

4.1.3 *Equipo de sonido*

4.1.3.1 *Características técnicas*

- Potencia: 145 W
- Voltaje: 110 V

4.1.3.2 *Análisis de consumo*

- Tabla de datos

Tabla 11. Consumo eléctrico del equipo de sonido

Día	Consumo (kWh)	Día	Consumo (kWh)
1	0.46	16	0.27
2	0.27	17	0.09
3	0.49	18	0.30
4	0.31	19	0.40
5	0.49	20	0.48
6	0.24	21	0.24
7	0.49	22	0.36
8	0.43	23	0.39
9	0.42	24	0.33
10	0.48	25	0.22
11	0.39	26	0.33
12	0.12	27	0.22
13	0.06	28	0.40
14	0.27	29	0.15
15	0.46	30	0.34

Fuente: Autores

- Consumo base o promedio, rango, límite superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{9.9}{30}$$

$$\bar{x} = 0.33$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$

$$\bar{R} = 0.49 - 0.06$$

$$\bar{R} = 0.43$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 0.33 + 0.133 \cdot 0.43$$

$$L.S.C = 0.387$$

$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

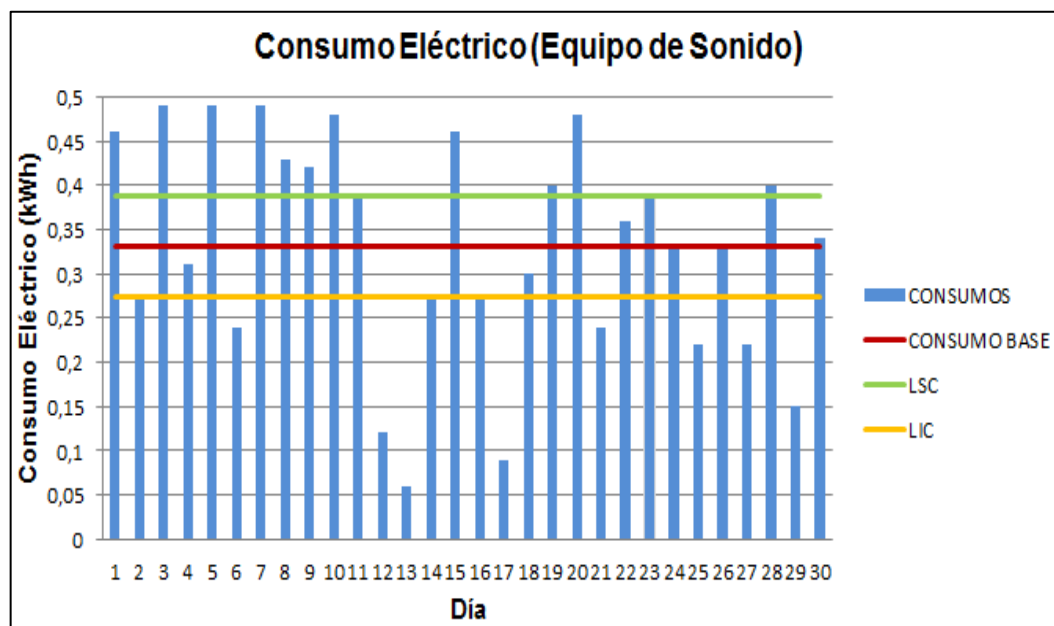
$$L.I.C = 0.33 - 0.133 \cdot 0.43$$

$$L.I.C = 0.273$$

El equipo de sonido tiene un consumo promedio por día de 0.33 kWh, y por mes consume un total de 9.9 kWh. El consumo diario equivale a un uso continuo durante 2 horas con 15 minutos por día aproximadamente.

- Gráfica de control

Figura 28. Diagrama de control del equipo de sonido

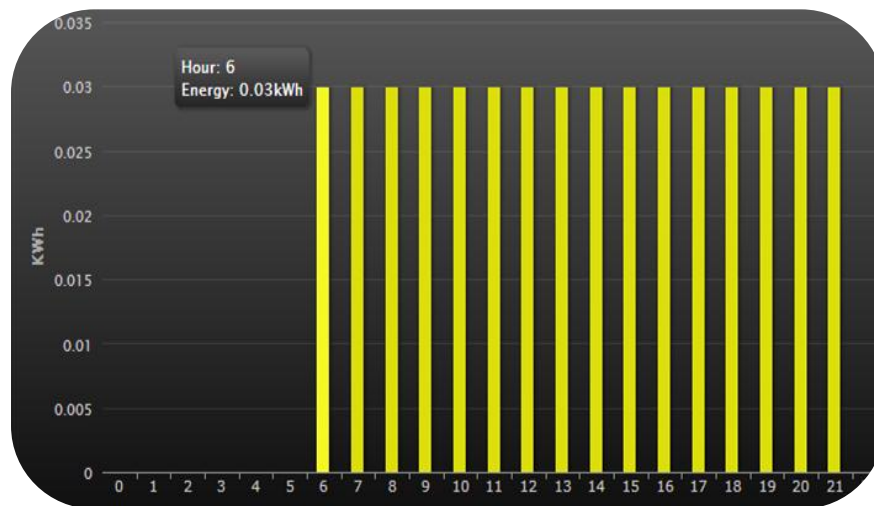


Fuente: Autores

4.1.3.3 Análisis de puntos altos de consumo eléctrico. El consumo eléctrico del equipo de sonido presenta varios puntos altos de consumo que son causados por:

- Funcionamiento del equipo de sonido durante 16 horas al día como se muestra en la figura, sin tomar en cuenta si existen o no personas en la vivienda debido a que los miembros de la familia trabajan, salen de la vivienda a las 07h00 y regresan 12h00, luego en la tarde salen 15h00 y regresan a las 19h00 razón por la cual el equipo permanece encendido desperdiciando energía.

Figura 29. Consumo eléctrico por horas del equipo de sonido



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Exceso de volumen, ya que al realizar un análisis experimental con el medidor de energía E49CM01 se pudo determinar que al elevar el volumen auditivo en cinco niveles entonces el consumo eléctrico se eleva en 0.003 kWh.
- El equipo de sonido en el modo de stand by (apagado sin desconectar) consume 0.003kWh, es decir que mensualmente este artefacto consume 2.16kWh por mes.

4.1.4 Televisores

4.1.4.1 Televisor (sala)

Características técnicas

- Potencia: 95 W
- Voltaje: 110 V

Análisis de consumo

- Tabla de datos

Tabla 12. Consumo eléctrico del televisor (sala)

Día	Consumo (kWh)	Día	Consumo (kWh)
1	0.40	16	0.24
2	0.23	17	0.12
3	0.13	18	0.39
4	0.12	19	0.31
5	0.12	20	0.21
6	0.25	21	0.19
7	0.12	22	0.24
8	0.49	23	0.34
9	0.16	24	0.31
10	0.12	25	0.12
11	0.41	26	0.22
12	0.32	27	0.17
13	0.27	28	0.14
14	0.44	29	0.13
15	0.20	30	0.35

Fuente: Autores

- Consumo base o promedio, rango, límite superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{7.26}{30}$$

$$\bar{x} = 0.242$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$

$$\bar{R} = 0.49 - 0.12$$

$$\bar{R} = 0.37$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 0.242 + 0.133 \cdot 0.37$$

$$L.S.C = 0.291$$

$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

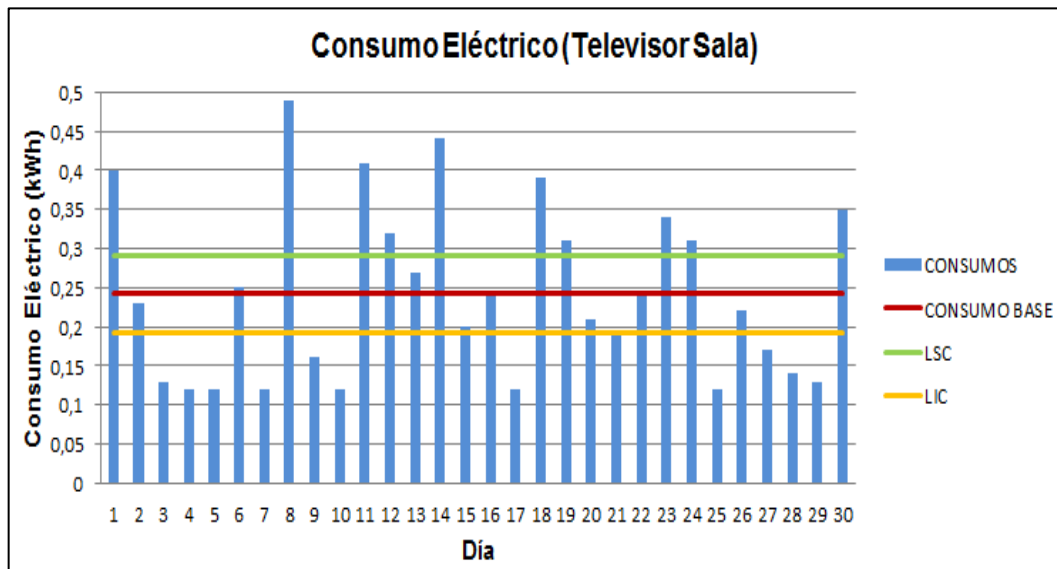
$$L.I.C = 0.242 - 0.133 \cdot 0.37$$

$$L.I.C = 0.193$$

El consumo eléctrico base o promedio por día es de 0.242kWh, esto representa que mensualmente consume 7.26kWh. El tiempo de consumo equivalente por día de este artefacto es de 2 horas con 32 minutos.

- Gráfica de control

Figura 30. Diagrama de control del televisor (sala)



Fuente: Autores

Análisis de puntos altos de consumo eléctrico. Los puntos altos de consumo eléctrico del televisor se deben específicamente a consumos innecesarios.

- Día 1: Tiene un consumo de 0.4kWh debido a que este artefacto permanece funcionando continuamente durante 6 horas de la noche.

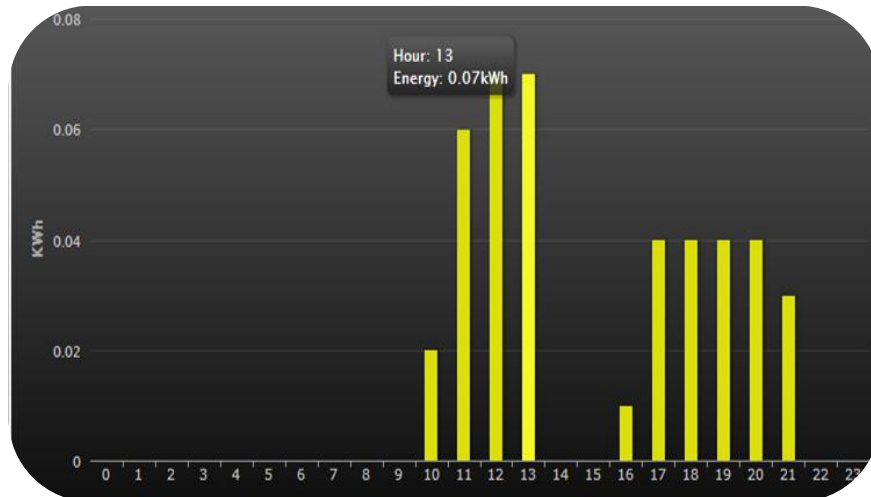
Figura 31. Consumo eléctrico alto del televisor sala (día 1)



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param>

- Día 8: Tiene un consumo de 0.49kWh debido a que este artefacto permanece funcionando continuamente durante 10 horas.

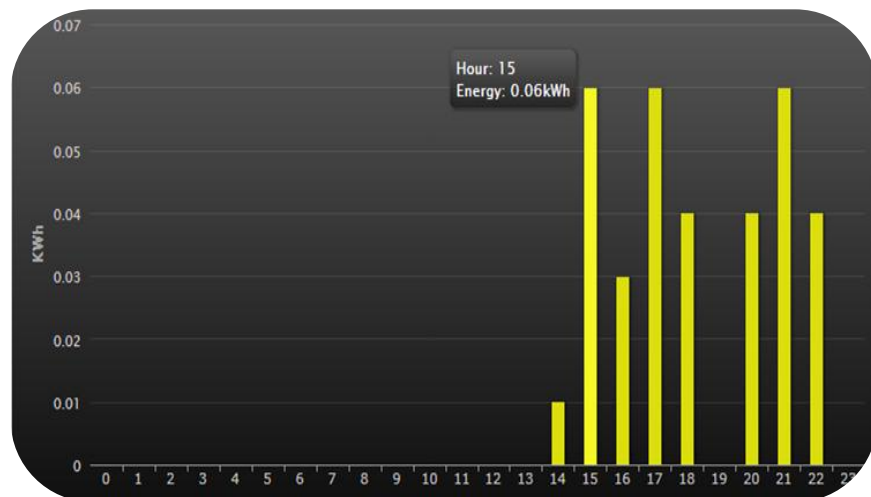
Figura 32. Consumo eléctrico alto del televisor sala (día 8)



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Día 11: Tiene un consumo de 0.41kWh debido a que este artefacto permanece funcionando continuamente durante 8 horas.

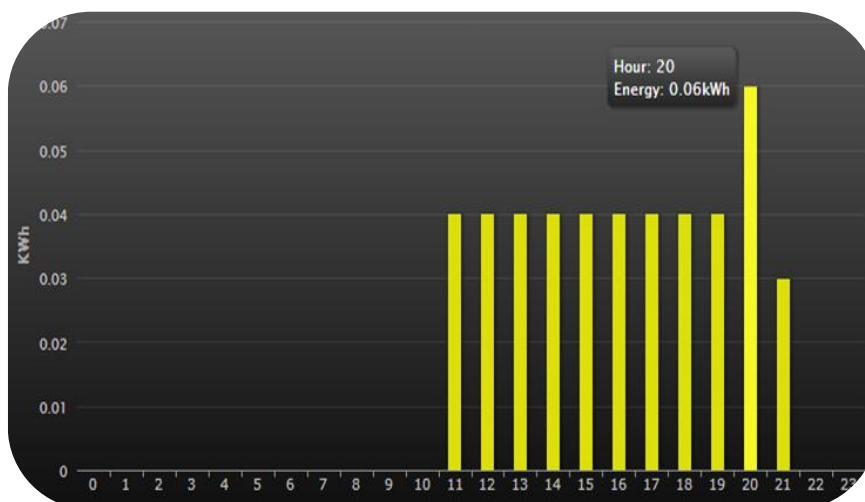
Figura 33. Consumo eléctrico alto del televisor sala (día 11)



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Día 14: Tiene un consumo de 0.44 kWh debido a que existe periodos de almuerzo y merienda en los cuales el artefacto permanece encendido durante 11 horas, justificando por que el comedor y el televisor están en lugares distintos, es decir se desperdicia energía.

Figura 34. Consumo eléctrico alto del televisor sala (día 14)



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

El televisor en el modo de stand by (apagado sin desconectar) consume 0.004kW por hora, es decir que mensualmente este artefacto consume 2.88kWh por mes.

4.1.4.2 Televisor (dormitorio 1)

Características técnicas

- Potencia: 180 W
- Voltaje: 110 V

Análisis de consumo

- Consumo base o promedio, rango y límite superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{14.24}{30}$$

$$\bar{x} = 0.475$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$

$$\bar{R} = 0.77 - 0.29$$

$$\bar{R} = 0.48$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 0.475 + 0.133 \cdot 0.48$$

$$L.S.C = 0.539$$

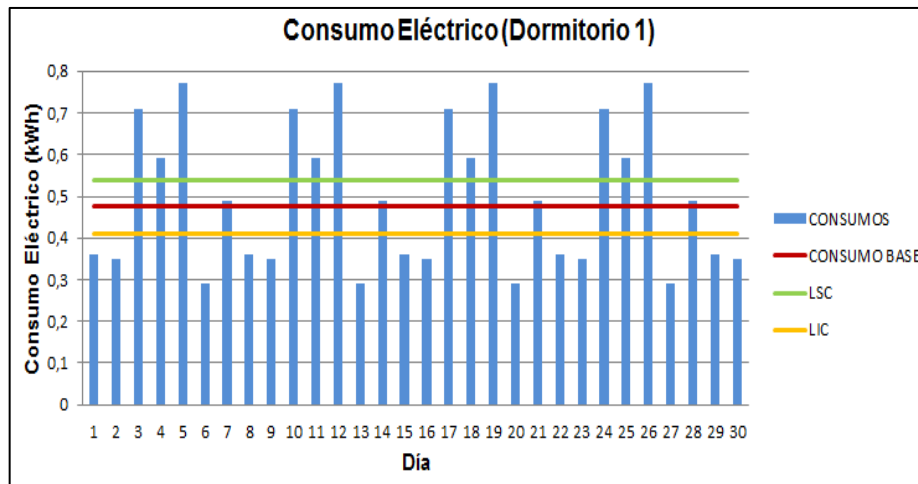
$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.I.C = 0.475 + 0.133 \cdot 0.48$$

$$L.I.C = 0.411$$

- Gráfica de control

Figura 35. Diagrama de control del televisor (dormitorio 1)



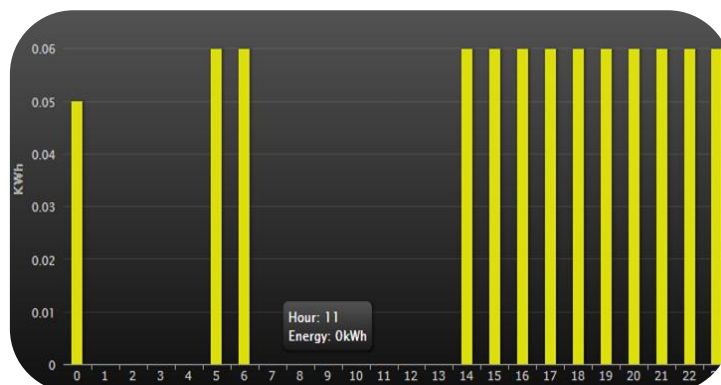
Fuente: Autores

El consumo eléctrico promedio por día es de 0.475kWh, y mensualmente el consumo es de 14.24 kWh. Como promedio por día este artefacto funciona 2 horas con 34 minutos.

Análisis de puntos altos de consumo eléctrico

- Los tres días de consumo eléctrico alto por semana se debe a que este artefacto permanece encendido durante 13 horas por día.

Figura 36. Consumo eléctrico alto del televisor (dormitorio 1)



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

Los consumos eléctricos altos dependen del tiempo de funcionamiento. El consumo en estado stand by es 0.004kWh por hora lo que cuantificando por mes resulta 2.88kWh.

4.1.4.3 Televisor (dormitorio 2)

Características técnicas

- Potencia: 95 W
- Voltaje: 110 V

Análisis de consumo

- Consumo base o promedio, rango, límites superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$
$$\bar{x} = \frac{18,44}{30}$$
$$\bar{x} = 0,615$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$
$$\bar{R} = 1,12 - 0,23$$
$$\bar{R} = 0,89$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 0,615 + 0,133 \cdot 0,89$$

$$L.S.C = 0,733$$

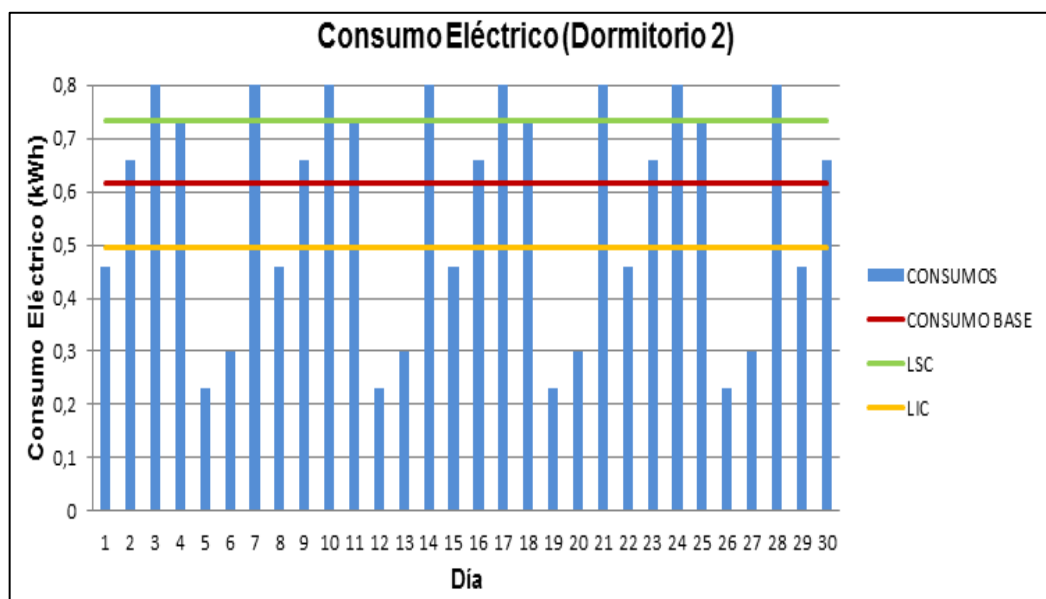
$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.I.C = 0,615 - 0,133 \cdot 0,89$$

$$L.I.C = 0,496$$

- Gráfico de consumo eléctrico

Figura 37. Diagrama de control del televisor (dormitorio 2)



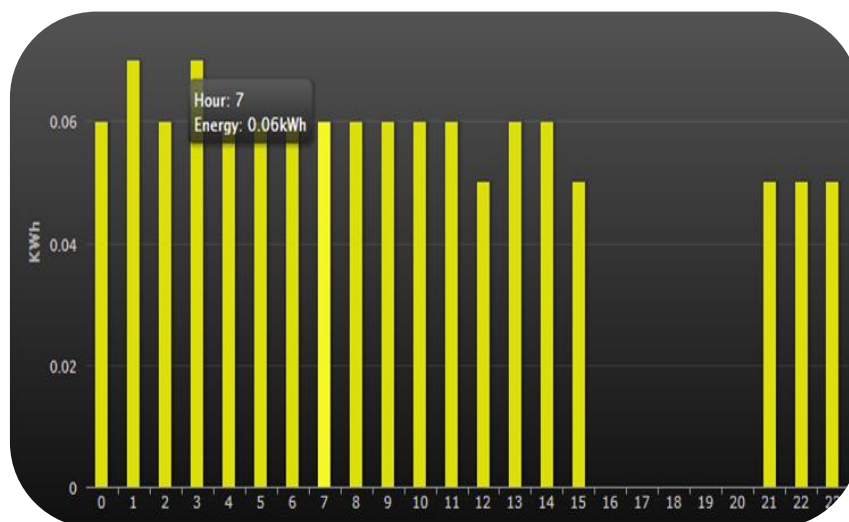
Fuente: Autores

El consumo eléctrico promedio por día es de 0.615kWh, lo que cuantificando mensualmente el consumo es de 18.44kWh. Este artefacto posee una potencia de 95W con lo que se determina que funciona 6 horas con 30 minutos como promedio diario.

Análisis de puntos altos de consumo eléctrico

Como se puede observar el consumo eléctrico del televisor del dormitorio 2 es elevado en relación a los otros televisores existentes, esto es causado porque este artefacto permanece funcionando durante toda la noche por hábitos de estudio o porque se quedó dormida la persona que usa esa habitación. En la Figura 38 se muestra el tiempo de consumo por hora en un día:

Figura 38. Consumo Eléctrico por horas del televisor (dormitorio 2)



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param>

El televisor en el modo de stand by (apagado sin desconectar) consume 0.004kW por hora, es decir que mensualmente consume 2.88kWh por mes.

4.1.5 Lavadora electrodoméstica

4.1.5.1 Características técnicas

- Potencia: 550 W
- Voltaje: 110 V

4.1.5.2 Análisis de consumo

- Tabla de datos

Tabla 13. Consumo eléctrico de la lavadora electrodoméstica

Día	Consumo (kWh)	Día	Consumo (kWh)
1	0.40	16	0.28
2	0.26	17	0.02
3	0.04	18	0.33
4	0.24	19	0.25
5	0.05	20	0.02
6	0.06	21	0.24
7	0.21	22	0.08
8	0.28	23	0.23
9	0.08	24	0.03
10	0.87	25	0.27
11	0.02	26	0.06
12	0.22	27	0.19
13	0.02	28	0.24
14	0.15	29	0.05
15	0.04	30	0.15

Fuente: Autores

- Consumo base o promedio, rango, límites superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{5.38}{30}$$

$$\bar{x} = 0.179$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$

$$\bar{R} = 0.87 - 0.02$$

$$\bar{R} = 0.85$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 0.179 + 0.133 * 0.85$$

$$L.S.C = 0.292$$

$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

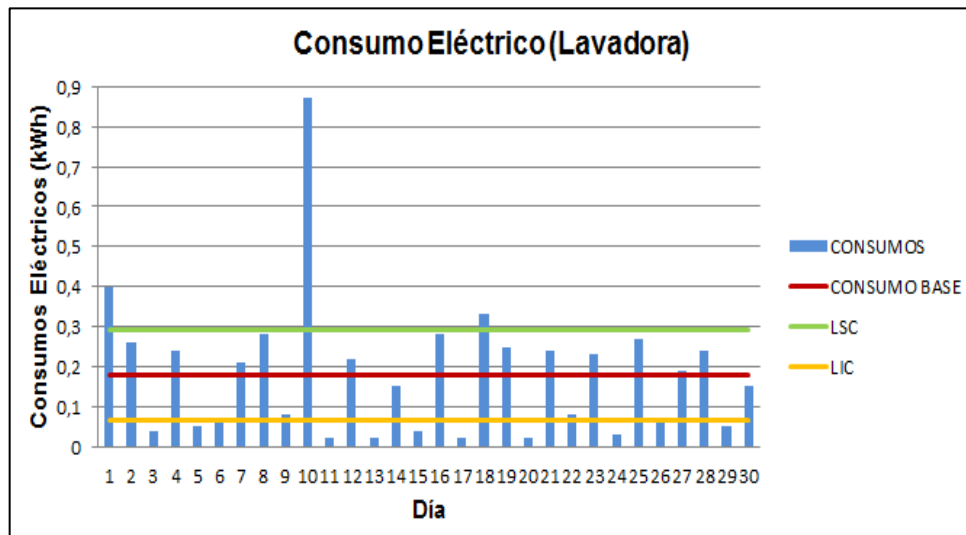
$$L.I.C = 0.179 - 0.133 * 0.85$$

$$L.I.C = 0.066$$

La lavadora es un electrodoméstico presenta un consumo eléctrico promedio por día es de 0.179kWh. Lo que representa un consumo eléctrico mensual de 5.38kWh. El consumo diario es equivalente al funcionamiento continuo por 19 minutos al día.

- Gráfica de control

Figura 39. Diagrama de control de la lavadora electrodoméstica

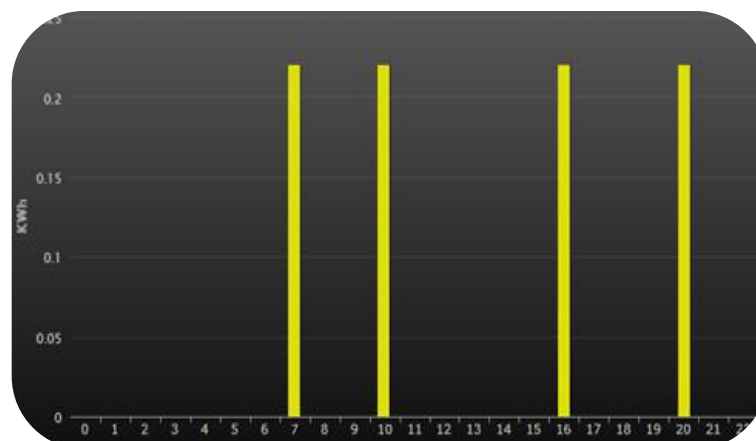


Fuente: Autores

4.1.5.3 Análisis de puntos altos de consumo eléctrico

- Se puede observar que en el día 10 se realiza 4 operaciones de lavado con el mismo consumo eléctrico, siendo un indicador que con diferentes cargas de ropa consume la misma cantidad de energía.

Figura 40. Consumo eléctrico por horas de la lavadora



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Mediante un análisis experimental con el medidor de energía se pudo determinar que la lavadora consume mensualmente 1.29kWh en stand by (apagada sin desconectar).

4.1.5.4 Causas generales

- Control del tiempo de funcionamiento del electrodoméstico al regular el nivel de agua en relación a la cantidad de ropa que va ser lavada o número de centrifugados, enjuagados, etc., ya que a mayor tiempo de funcionamiento entonces el consumo eléctrico aumenta.
- Mantenimiento inadecuado de la lavadora ya sea por falta de limpieza en los filtros o tubería de descarga, ya que se necesita mayor tiempo de funcionamiento para evacuar toda el agua por las obstrucciones existentes en los ductos, esto implica mayor consumo eléctrico.

4.1.6 Licuadora

4.1.6.1 Características técnicas

- Potencia: 450 W
- Voltaje: 110 V

4.1.6.2 Análisis de consumo

- Consumo base o promedio, rango, límites superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{9.52}{30}$$

$$\bar{x} = 0.317$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$

$$\bar{R} = 0.36 - 0.26$$

$$\bar{R} = 0.1$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 0.317 + 0.133 \cdot 0.1$$

$$L.S.C = 0.292$$

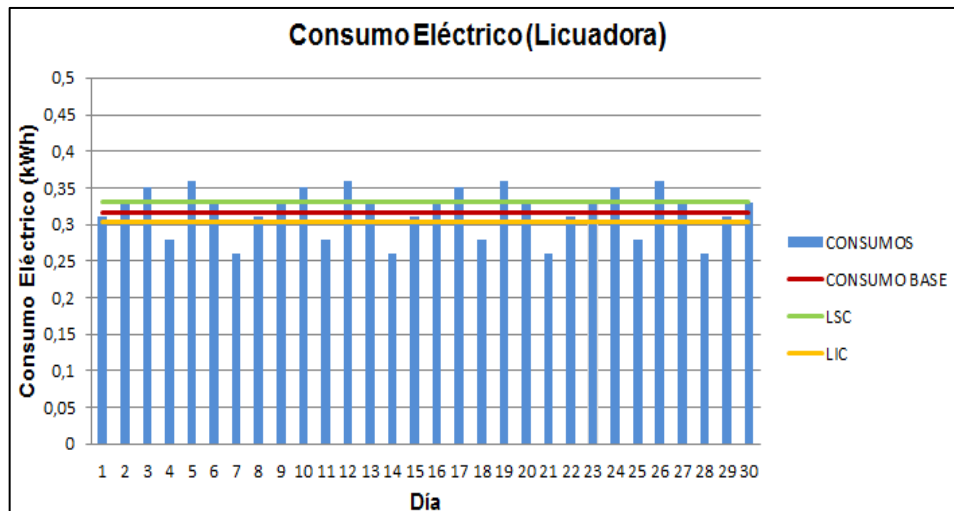
$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.I.C = 0.317 - 0.133 \cdot 0.1$$

$$L.I.C = 0.066$$

- Gráfica de control

Figura 41. Diagrama de control de la licuadora



Fuente: Autores

El consumo eléctrico promedio por día es de 0.317kWh, lo que cuantificando mensualmente el consumo es de 9.52kWh. Este artefacto posee una potencia de 450W con lo que se determina que funciona una hora aproximada como promedio diario.

4.1.7 Ducha eléctrica

4.1.7.1 Características técnicas

- Potencia: 3200 W
- Voltaje: 110 V

4.1.7.2 Análisis de consumo

- Consumo base o promedio, rango, límites superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{49.68}{30}$$

$$\bar{x} = 1.656$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$

$$\bar{R} = 2.10 - 1.17$$

$$\bar{R} = 0.93$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 1.656 + 0.133 * 0.93$$

$$L.S.C = 1.78$$

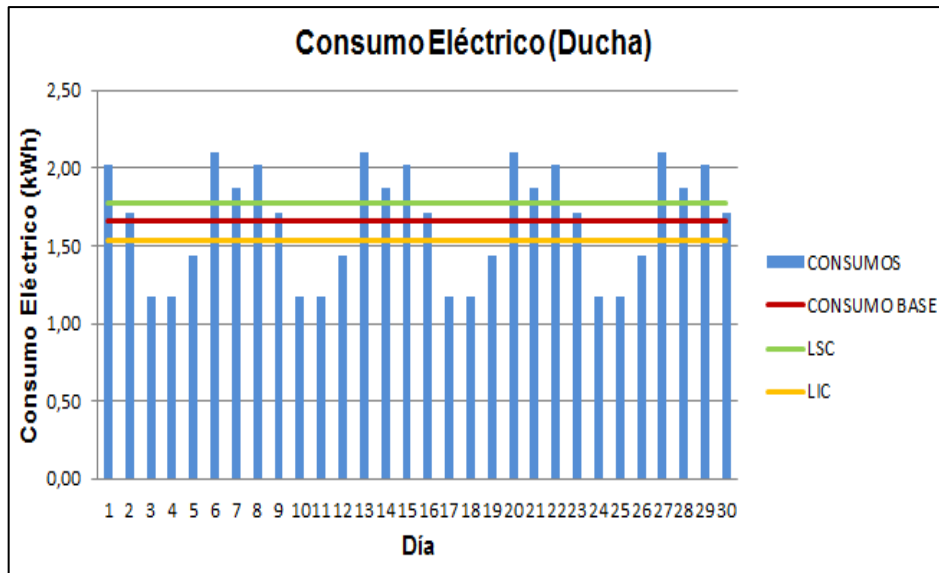
$$L.S.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 1.656 - 0.133 * 0.93$$

$$L.S.C = 1.532$$

- Gráfica de control

Figura 42. Diagrama de control de la ducha eléctrica



Fuente: Autores

El consumo eléctrico diario es de 1.656 kWh, lo que significa que mensualmente consume 49.68 kWh. La ducha tiene una potencia eléctrica de 3200 W, entonces el tiempo de uso diario es de 31 minutos.

4.1.7.3 Análisis de puntos altos de consumo eléctrico. Los consumos altos dependen directamente del tiempo de uso de la ducha. En la vivienda se utiliza la ducha 31 minutos al día lo que significa que por persona se usa durante 10 minutos, lo recomendable es usar la ducha por un tiempo de 6 minutos por persona.

4.1.8 Microondas

4.1.8.1 Características técnicas

- Potencia: 1500 W
- Voltaje: 110 V

4.1.8.2 Análisis de consumo. Los datos de consumo eléctrico del microondas fueron tomados continuamente por el periodo de una semana, en vista de que este consumo eléctrico no varía significativamente entonces los datos tomados son cuantificados para un mes.

- Consumo base o promedio, rango, límite superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{1.35}{30}$$

$$\bar{x} = 0.045$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$

$$\bar{R} = 0.045 - 0.045$$

$$\bar{R} = 0$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 0.045 + 0.133 \cdot 0$$

$$L.S.C = 0.045$$

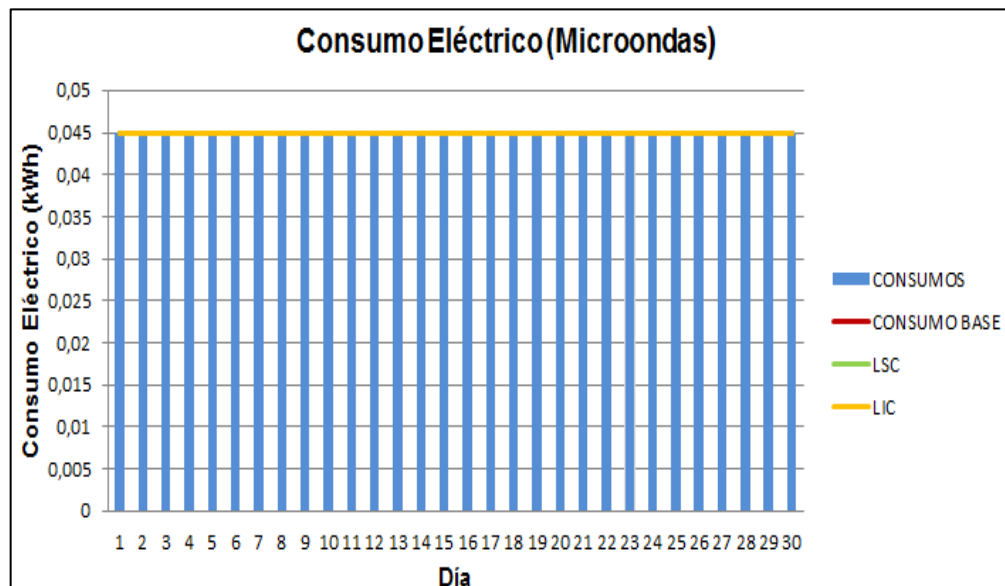
$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.I.C = 0.045 - 0.133 \cdot 0$$

$$L.I.C = 0.045$$

- Gráfica de control

Figura 43. Diagrama de control del microondas



Fuente: Autores

El consumo eléctrico diario es de 0.045kWh, lo que significa que mensualmente consume 1.35kWh. El microondas tiene una potencia eléctrica de 1500W, entonces el tiempo de uso diario es de 1 minuto con 48 segundos.

4.1.8.3 Análisis de puntos altos de consumo eléctrico. Los consumos altos dependen directamente del tiempo de uso del microondas.

4.1.9 Plancha de ropa

4.1.9.1 Características técnicas

- Potencia: 1200 W
- Voltaje: 110 V

4.1.9.2 Análisis de consumo

- Consumo base o promedio, rango, límite superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{1.6128}{26}$$

$$\bar{x} = 0.062$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$

$$\bar{R} = 0.103 - 0.0321$$

$$\bar{R} = 0,0709$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 0.062 + 0.149 \cdot 0,0709$$

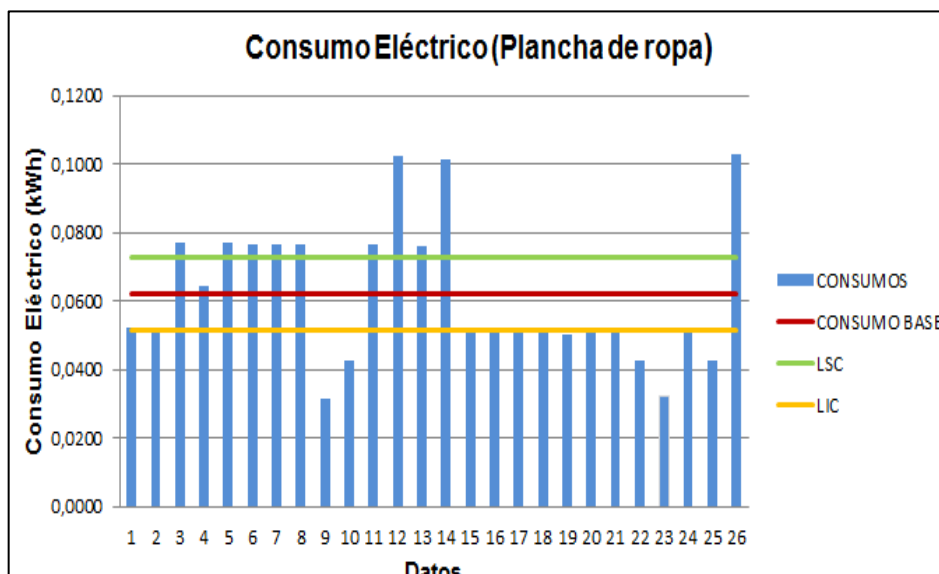
$$L.S.C = 0.073$$

$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.I.C = 0.062 - 0.149 \cdot 0,0709$$

$$L.I.C = 0.051$$

Figura 44. Diagrama de control de la plancha de ropa



Fuente: Autores

En el diagrama de control se puede observar que existe una variabilidad en los consumos eléctricos con respecto al tiempo, esto es causado por el cambio de temperatura, es decir la carga térmica de las prendas de vestir.

Al utilizar este artefacto para secar prendas de vestir húmedas la carga térmica aumenta y con ello el consumo eléctrico por lo que se recomienda no derrochar energía de esa manera.

Este artefacto consume mensualmente 6.45kWh, el promedio diario de consumo eléctrico es de 1.6128kWh, con una potencia de 1200W y el consumo promedio diario se determina que el tiempo equivalente de uso diario es de una hora y media aproximadamente.

4.1.10 Iluminación

4.1.10.1 Características técnicas

- Potencia: 25 focos de 20W lo que nos da una potencia de 500W
- Voltaje: 110 V

4.1.10.2 Análisis de consumo

El consumo eléctrico en cuanto a iluminación se determina mediante el monitoreo por el periodo de una semana y se proyecta para un mes.

- Consumo base o promedio, rango, límite superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0,91}{30}$$

$$\bar{x} = 0.03$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$

$$\bar{R} = 0.04 - 0.02$$

$$\bar{R} = 0,02$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 0.03 + 0.133 * 0.02$$

$$L.S.C = 0.033$$

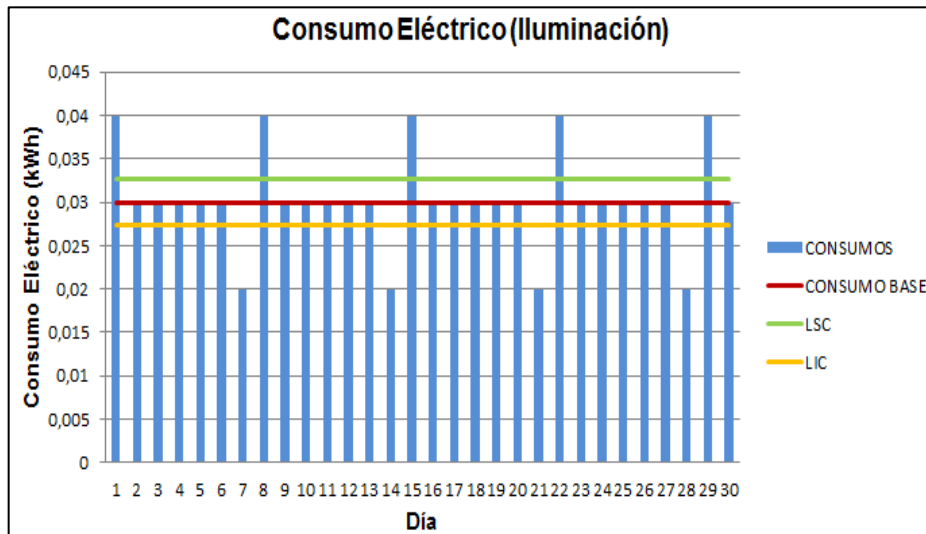
$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.I.C = 0.03 - 0.133 * 0.02$$

$$L.I.C = 0.027$$

- Gráfica de control

Figura 45. Diagrama de control para iluminación



Fuente: Autores

El consumo eléctrico diario es de 0.03 kWh, lo que significa que mensualmente consume 0.9 kWh.

4.1.10.3 Análisis de puntos altos de consumo eléctrico. El consumo eléctrico en iluminación presenta puntos altos cuando está sobredimensionado el nivel de iluminación en relación al área del lugar, al analizar diariamente el consumo eléctrico es el mismo.

Para determinar si el nivel de intensidad luminosa de cada lugar cumple con lo indicado por la norma se realiza el cálculo a través de la siguiente fórmula matemática:

$$I_i = \frac{F_i}{A_T} \quad (8)$$

Dónde:

I_i = Intensidad luminosa (lux)

F_i = Flujo luminoso (lumen)

A_T = Área del lugar (m²)

- Sala

La sala posee un área de 50m^2 y posee 12 focos de 20W, cada foco emite un flujo luminoso de 1200 lúmenes, es decir en conjunto los 12 focos emiten 14400 lúmenes.

$$I_l = \frac{F_i}{A_T}$$
$$I_l = \frac{14400\text{lúmenes}}{50\text{m}^2}$$
$$I_l = 288\text{lux}$$

La intensidad luminosa para salas de descanso según la norma UNE- EN 12464-1 es de 100 lux, el cálculo muestra que está sobredimensionado, basta con 4 focos de 20W.

- Comedor pequeño

El comedor pequeño posee un área de 10m^2 y posee 3 focos de 20W, cada foco emite un flujo luminoso de 1200 lúmenes, es decir en conjunto los 3 focos emiten 3600 lúmenes.

$$I_l = \frac{F_i}{A_T}$$
$$I_l = \frac{3600\text{lúmenes}}{10\text{m}^2}$$
$$I_l = 360\text{lux}$$

El valor de intensidad luminosa para el comedor según la norma UNE-EN 12464-1 es de 200 lux, el nivel de intensidad luminosa calculado muestra que está sobredimensionado, basta con 2 focos de 20W.

- Comedor grande

El comedor grande posee un área de 20m^2 y posee 3 focos de 20W, cada foco emite un flujo luminoso de 1200 lúmenes, es decir en conjunto los 3 focos emiten 3600 lúmenes.

$$I_l = \frac{F_i}{A_T}$$

$$I_l = \frac{3600\text{lúmenes}}{20\text{m}^2}$$

$$I_l = 180\text{lux}$$

El valor de intensidad luminosa para el comedor según la norma UNE-EN 12464-1 es de 200 lux, por lo que resulta adecuado el nivel de intensidad luminosa.

- Cocina

La cocina posee un área de 10m^2 y posee 2 focos de 20W, cada foco emite un flujo luminoso de 1200 lúmenes, es decir los 2 focos emiten 2400 lúmenes.

$$I_l = \frac{F_i}{A_T}$$

$$I_l = \frac{2400\text{lúmenes}}{10\text{m}^2}$$

$$I_l = 240\text{lux}$$

La intensidad luminosa para la cocina según la norma UNE-EN 12464-1 es de 500 lux, el valor calculado es menor al requerido, por ello se necesita instalar dos focos adicionales.

- Dormitorio

El dormitorio posee un área de 15m^2 y posee 1 foco de 20W, para lo que se realiza el siguiente cálculo de comprobación.

$$I_l = \frac{F_i}{A_T}$$

$$I_l = \frac{1200\text{lúmenes}}{15\text{m}^2}$$

$$I_l = 80\text{lux}$$

El valor de intensidad luminosa para el dormitorio según la norma UNE-EN 12464-1 es de 100 lux, por lo que resulta adecuado el nivel de intensidad luminosa.

4.1.11 Radio

4.1.11.1 Características técnicas

- Potencia: 20 W
- Voltaje: 110 V

4.1.11.2 Análisis de consumo

- Consumo base o promedio, rango, límite superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$
$$\bar{x} = \frac{0,9}{30}$$
$$\bar{x} = 0,03$$

$$\bar{R} = x_{\max} - x_{\min}$$
$$\bar{R} = 0,06 - 0,02$$
$$\bar{R} = 0,04$$

$$L.S.C = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.S.C = 0,03 + 0,133 \cdot 0,04$$

$$L.S.C = 0,0353$$

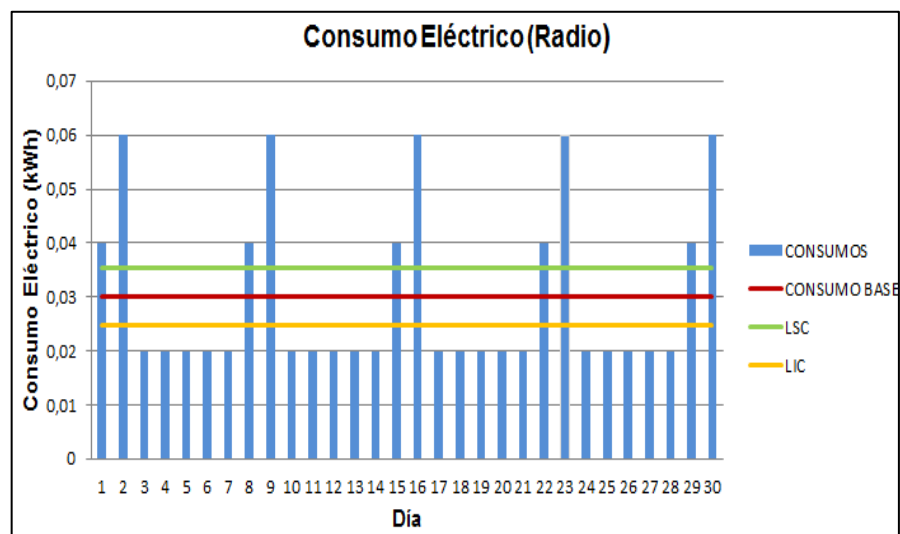
$$L.I.C = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.I.C = 0,03 - 0,133 \cdot 0,04$$

$$L.I.C = 0,0247$$

- Gráfica de control

Figura 46. Diagrama de control del radio



Fuente: Autores

El consumo eléctrico diario es de 0.03kWh y mensualmente consume 0.9kWh.

4.1.12 Secadora de cabello

4.1.12.1 Características técnicas

- Potencia: 198 W
- Voltaje: 110 V

4.1.12.2 Análisis de consumo

- Consumo base o promedio, rango, límite superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{2,376}{30}$$

$$\bar{x} = 0.079$$

$$\text{L.S.C} = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$\text{L.S.C} = 0.079 + 0.133 * 0$$

$$\text{L.S.C} = 0.079$$

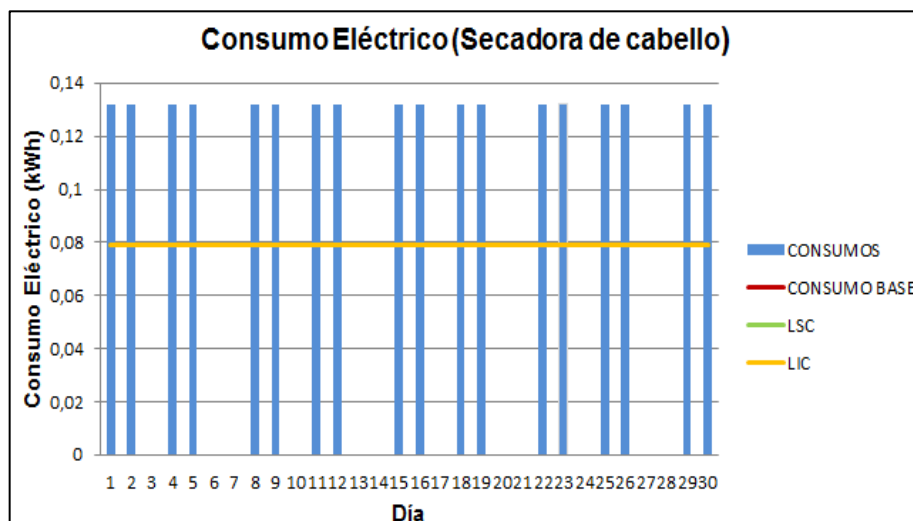
$$\text{L.I.C} = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$\text{L.I.C} = 0.079 - 0.133 * 0$$

$$\text{L.I.C} = 0.079$$

- Gráfica de control

Figura 47. Diagrama de control de la secadora de cabello



Fuente: Autores

El consumo eléctrico diario es de 0.079kWh, lo que significa que mensualmente consume 2.376kWh. El tiempo promedio de uso diario es de 27 minutos.

4.1.13 Computadores

4.1.13.1 Características técnicas

- Potencia: 200 W
- Voltaje: 110 V

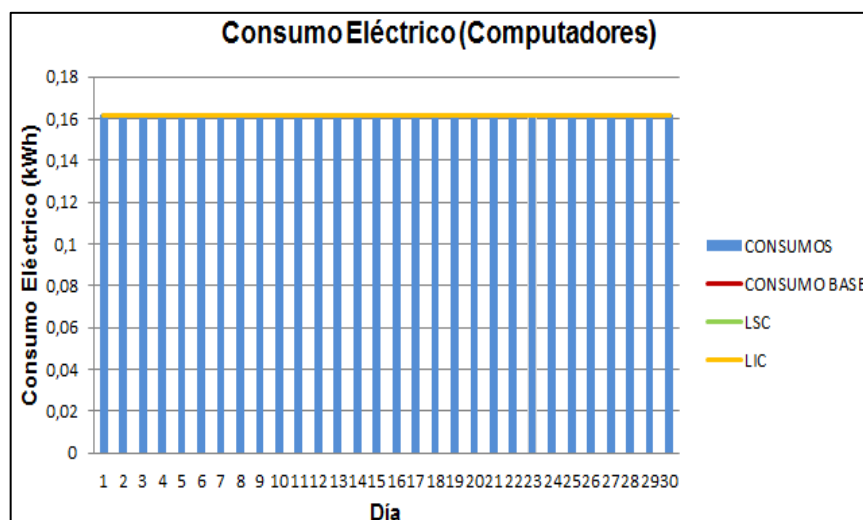
4.1.13.2 Análisis de consumo. El consumo eléctrico de estos artefactos se determina mediante el monitoreo por día, en vista de que existen tres computadores con iguales características se cuantifica para un mes.

- Consumo base o promedio, rango, límite superior e inferior de control

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{\sum x}{n} & \text{L.S.C} &= \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R} & \text{L.I.C} &= \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R} \\ \bar{x} &= \frac{4.86}{30} & \text{L.S.C} &= 0.162 + 0.133 \cdot 0 & \text{L.I.C} &= 0.162 - 0.133 \cdot 0 \\ \bar{x} &= 0.162 & \text{L.S.C} &= 0.162 & \text{L.I.C} &= 0.162\end{aligned}$$

- Gráfica de control

Figura 48. Diagrama de control de los computadores



Fuente: Autores

El consumo eléctrico diario es de 0.162kWh, lo que significa que mensualmente consume 4.86kWh. El tiempo promedio de uso diario es de 28 minutos.

4.1.14 Aspiradora

4.1.14.1 Características técnicas

- Potencia: 1800 W
- Voltaje: 110 V

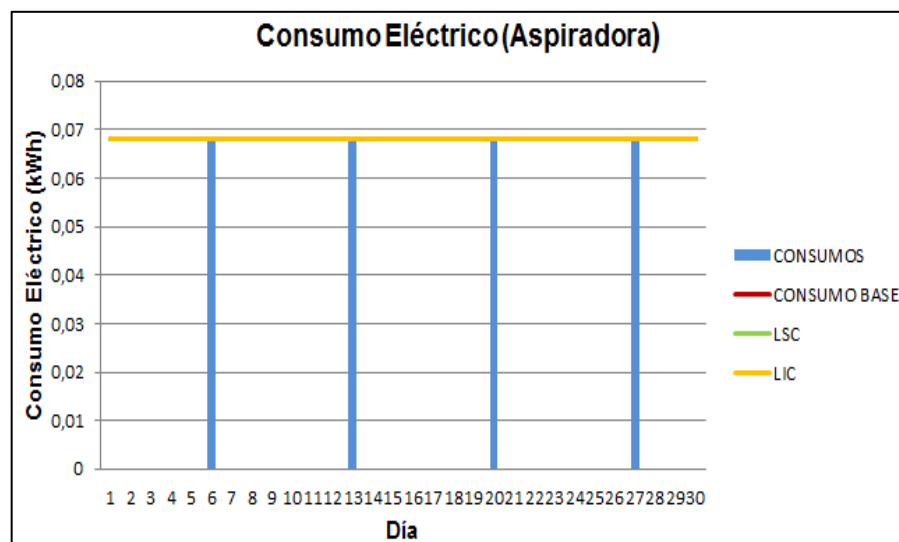
4.1.14.2 Análisis de consumo. El consumo eléctrico de este artefacto se determina mediante el monitoreo por un periodo de una semana y mediante este monitoreo se cuantifica para un mes.

- Consumo base o promedio, rango, límite superior e inferior de control

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$
$$\bar{x} = \frac{0.272}{30}$$
$$\bar{x} = 0.0091$$
$$\text{L.S.C} = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$$
$$\text{L.S.C} = 0.0091 + 0.133 \cdot 0$$
$$\text{L.S.C} = 0.0091$$
$$\text{L.I.C} = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$$
$$\text{L.I.C} = 0.0091 - 0.133 \cdot 0$$
$$\text{L.I.C} = 0.0091$$

- Gráfica de control

Figura 49. Diagrama de control de la aspiradora



Fuente: Autores

El consumo eléctrico promedio por día es de 0.0091kWh, lo que significa que mensualmente consume 0.272kWh.

4.2 Propuestas de ahorro de energía eléctrica en una vivienda

4.2.1 *Refrigeradora.* Para ahorrar energía en refrigeración se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No mantener la refrigeradora abierta por tiempo prolongado, pues el ambiente interior pierde frío y con ello se desperdicia energía eléctrica, es decir por cada minuto de mantener la puerta abierta se desperdicia 0.0063 kWh en compensar el frío perdido.
- Ubicar el refrigerador en un lugar fresco y alejado de equipos que produzcan calor.
- Eliminar con frecuencia la acumulación de escarcha ya que esto reduce la eficiencia energética de la refrigeradora, creando una resistencia térmica e impidiendo que la refrigeración se realice normalmente.
- Verificar que las puertas de la refrigeradora cierren herméticamente, para comprobar esto se debe cerrar la puerta con una hoja de papel en el medio, luego retirar el papel si este presenta dificultad para salir el sello está bien pero si al retirar el papel sale con facilidad entonces el sello hermético no sirve.
- Cubrir los líquidos almacenados en la refrigeradora que están en contacto directo con el ambiente, ya que estos liberan humedad lo que hace trabajar más al compresor y con ello aumenta el consumo eléctrico.
- Mantener la parte posterior de la refrigeradora a 10 cm de la pared para que exista buena circulación de aire.
- Limpiar las cañerías pues el polvo acumulado actúa como aislante y dificulta la refrigeración por lo que necesitaría mayor tiempo trabajando el compresor para llegar a la temperatura programada.
- No introducir alimentos calientes al refrigerador pues aumentaría la carga térmica al interior de la misma.
- Para descongelar algún alimento ubicarlo en el compartimento de refrigerados con ello ganará frío en el ambiente interior sin consumo eléctrico, por lo tanto se genera un ahorro de energía.

4.2.2 Bomba domiciliaria

- No desperdiciar agua, ya que con ello implica el aumento del consumo eléctrico al activarse la bomba.
- Elegir adecuadamente la bomba domiciliaria ya que puede estar operando bajo condiciones sobredimensionadas lo que genera desperdicio de energía eléctrica.
- Comprobar que en una hora la bomba arranque menos de seis veces para que sea eficiente, de no ser así el tanque presurizado necesita aumentar su volumen de aire para lo que se debe realizar el siguiente procedimiento:
- Desconectar la tubería de la descarga del tanque presurizado.

Figura 50. Desconexión de tubería



Fuente: Autores

- Para descargar el agua se debe retirar el manómetro con el objetivo de crear una succión en la cañería compensando el volumen de aire y evacuar el agua.

Figura 51. Compensación de aire



Fuente: Autores

- Al vaciar el agua del tanque de presión se compensa el aire necesario para operar de manera eficiente.

Figura 52. Vaciado de agua



Fuente: Autores

- Conectar nuevamente el manómetro y la tubería, finalmente arrancar la bomba domiciliaria y se comprobará que los arranques deben ser menor a 6 veces en una hora.
- Para cuantificar el ahorro generado por compensar el volumen de aire en el tanque hidroneumático se monitoreó el consumo eléctrico de la bomba durante cinco días laborables dando como resultado 2.10kWh antes de arreglar y 1.68kWh después de realizar el mantenimiento, generando un ahorro del 25% es decir 0.42 kWh.

4.2.3 *Equipo de sonido*

- Apagar completamente el equipo de sonido desconectándolo del interruptor, evitando el consumo de stand by que es de 0.003 kW en una hora cuantificado con el medidor E49CM01.
- Regular los niveles de volumen auditivo en base a su necesidad ya que al reducir en cinco niveles se reduce también el consumo en 0.003kWh cuantificado con el medidor E49CM01.

4.2.4 *Televisor*

- Programar el televisor por las noches para que se apague automáticamente evitando consumos eléctricos innecesarios.
- Apagar completamente el televisor por medio del interruptor, evitando el consumo de stand by que es de 0.004 kW en una hora cuantificado con el medidor E49CM01.
- Compartir con el resto de la familia al utilizar el televisor, con ello el consumo eléctrico equivalente por persona se reduce.
- Regular el contraste y el brillo, ya que al modificar estos parámetros del 100% al 50% se reduce el consumo en 0.022kWh cuantificado con el medidor E49CM01.

4.2.5 *Lavadora*

- Regular el nivel de agua, tiempo de lavado, centrifugado, enjuagado dependiendo de la cantidad de ropa que se va a lavar, esto ahorra tanto en tiempo como en consumo eléctrico.
- Limpiar los filtros una vez al mes.
- Al usar este electrodoméstico con poca ropa consume la misma cantidad de energía eléctrica que si se utiliza a su capacidad máxima, es por ello que es mejor aprovechar toda su capacidad, ya que mediante el medidor E49CM01 se cuantificó y comprobó lo anterior dicho, que el consumo eléctrico a plena carga es de 0.199kWh y a media carga es 0.195 kWh medido en un ciclo completo de lavado.
- Utilizar la cantidad de detergente necesario ya que con 198 gramos de detergente se consume 0.590 kWh y al duplicar la cantidad de detergente el consumo se eleva a 0.635 kWh.

4.2.6 *Licuada*

- Evitar triturar frutas enteras o alimentos secos ya que elevan la carga al motor y con ello aumenta el consumo eléctrico, además esto puede fisurar las cuchillas provocando daños al artefacto.

- Mantener limpios los componentes ya que los residuos pueden afectar el rendimiento de la licuadora, aumentando el consumo eléctrico y dañando algún elemento del artefacto.
- Revisar que las aspas se encuentren bien afiladas y en buen estado mecánico (sin fisuras).

4.2.7 *Ducha eléctrica*

- Cerrar el grifo mientras se enjabona, afeita o se lava los dientes, con ello se ahorra un porcentaje tanto agua como de energía eléctrica.
- Tomar duchas rápidas

4.2.8 *Microondas*

- Aprovechar la capacidad del microondas, ya que con el mismo consumo eléctrico puede procesar varios alimentos.
- Regular el tiempo de uso en función del tipo de alimentos a procesar, puesto que no necesita el mismo tiempo para preparar diferentes alimentos, al reducir el tiempo también se reduce el consumo eléctrico.
- Mantener el microondas libre de residuos

4.2.9 *Plancha de ropa*

- Aprovechar la inercia térmica para planchar prendas de vestir pequeñas, muchas veces se usa la plancha hasta el planchado de la última prenda de vestir y se deja que el artefacto se enfríe al ambiente.
- Se debe planchar cuando exista una gran cantidad de prendas de vestir y hacerlo en el día porque en la noche necesitaríamos un foco adicional que sería un consumo innecesario.
- No planchar ropa húmeda, es decir no secar la ropa utilizando este electrodoméstico, ya que se eleva la carga térmica de la plancha y con ello requiere mayor consumo eléctrico.

- Regular el termostato de la plancha de acuerdo al tipo de tela que vaya a planchar, ya que al aumentar el nivel de temperatura al doble el consumo incrementa en 0.007kWh.

4.2.10 Iluminación

- Usar lo menos posible la iluminación artificial, por ejemplo cuando en una habitación no se encuentra nadie es importante apagar las lámparas o focos, para ahorrar energía eléctrica.
- Instalar lámparas de bajo consumo (focos ahorradores), sin bien es cierto son de alto costo pero presentan un bajo consumo y un tiempo de vida necesaria para recuperar la inversión, de acuerdo al cuadro tarifario el costo por kWh es de \$0.093 de acuerdo al cuadro tarifario de la EERSA descrita en el Anexo A.

Tabla 14. Costo de servicio en iluminación

Lámpara Incandescente	Lámpara Halógena	Lámpara Fluorescente
<ul style="list-style-type: none"> • 100 watts • 1000 horas • \$1 	<ul style="list-style-type: none"> • 75 watts • 1000 horas • \$2.30 	<ul style="list-style-type: none"> • 23 watts • 1000 horas • \$2.80
Costo de servicio= tiempo _{servicio (h)} * potencia _(kW) * costo _(\$/kWh)		
\$ 9.30	\$ 6.98	\$ 2.14

Fuente: Autores

- Dar un mantenimiento regular a las lámparas (limpieza de polvo o sustituirlas) para mantener su rendimiento.
- Verificar si la intensidad luminosa de cada lugar de la vivienda se encuentra dentro del rango establecido por la norma UNE-EN12464-1, con ello se comprueba que cada lugar se encuentra bien dimensionado lumínicamente.

4.2.11 Aspiradora

- Limpiar los filtros y cañería luego de cada funcionamiento, ya que cualquier residuo puede tapan la cañería de aspiración y para crear la succión se necesita mayor consumo eléctrico.

- Chequear con frecuencia el estado de los ductos de aspiración, para evitar fugas de aire y con ello se pierde presión en la succión por lo que se necesita mayor tiempo de funcionamiento para realizar un mismo trabajo que se puede realizar en menor tiempo.

4.2.12 Computador

- Cuando se va a dejar de usar el computador por un tiempo prolongado apagar el monitor de la misma, ya que es quien más consume electricidad en el equipo, teniendo un consumo de 0.023kW en una hora.
- No mantener encendido el computador innecesariamente es decir cuando no se esté usando, pues mediante una práctica experimental se determinó que tiene un consumo en stand by de 0.004 kW por cada hora que analizándolo mensualmente representa un ahorro considerable.

4.3 Análisis de ahorro eléctrico generado

4.3.1 Ahorro en el consumo eléctrico de la refrigeradora

Tabla 15. Análisis de consumo eléctrico de la refrigeradora

ANÁLISIS ECONÓMICO								
TIPO DE ARTEFACTO	Refrigeradora		1	2	3	4	5	6
A) CONSUMO BASE	(kWh)	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824
B) LIMITE DE CONTROL SUPERIOR DE CONSUMO	(kWh)	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
C) PUNTOS ALTOS DE CONSUMO	(kWh)		3,88	2,96	2,72	2,52	2,51	4,33
D) AHORRO DE ENERGÍA	(C-B)		1,54	0,62	0,38	0,18	0,17	1,99
E) COSTO POR kWh	(ctvs)	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093
AHORRO ECONÓMICO	(E x D)		0,14322	0,0577	0,0353	0,01674	0,01581	0,18507
AHORRO MENSUAL		0,454	Dólares					
AHORRO ANUAL		5,45	Dólares					
AHORRO DE EMISIONES DE CO2 AL AMBIENTE POR CADA kWh DE ENERGÍA AHORRADO	566,9 g CO2/kWh	33,198	kg de CO2					

Fuente: Autores

Al eliminar los puntos que están sobre el límite superior de control (LSC) mediante las propuestas de ahorro energético se genera un ahorro económico de \$0.45 mensual y \$5.45 anual, también se evita que 33.19Kg de CO₂ sean emitidos al ambiente anualmente, mediante el ahorro de 58.56kWh.

4.3.2 Ahorro en el consumo eléctrico de la bomba domiciliaria

Tabla 16. Análisis de consumo eléctrico de la bomba domiciliaria

ANÁLISIS ECONÓMICO										
TIPO DE ARTEFACTO	Bomba	1	2	3	4	5	6	7	8	
A) CONSUMO BASE	(kWh)	3,796	3,796	3,796	3,796	3,796	3,796	3,796	3,796	3,796
B) LIMITE DE CONTROL SUPERIOR DE CONSUMO	(kWh)	4,708	4,708	4,708	4,708	4,708	4,708	4,708	4,708	4,708
C) PUNTOS ALTOS DE CONSUMO	(kWh)		5,46	5,74	5,14	5,34	6,36	8,13	5,41	4,96
D) AHORRO DE ENERGÍA	(C-B)		0,752	1,032	0,432	0,632	1,652	3,422	0,702	0,252
E) COSTO POR kWh	(ctvs)	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093
AHORRO ECONÓMICO	(E x D)		0,0699	0,096	0,04	0,059	0,154	0,3182	0,065	0,0234
AHORRO MENSUAL		0,82547	Dólares							
AHORRO ANUAL		9,90562	Dólares							
CALCULO DE CO2 QUE NO SE EMITE A LA ATMOSFERA POR CADA kWh DE ENERGÍA AHORRADO 566,9 g Co2/kWh		60,38165	kgCO2							

Fuente: Autores

Existen 8 puntos que están sobre el límite superior de control (LSC) los cuales al ser eliminados mediante las propuestas dadas a los miembros de la familia generan un ahorro económico de \$9.91 anuales, también se evita que 60.38Kg de CO₂ sean emitidos al ambiente anualmente, mediante el ahorro de 106.51kWh.

4.3.3 Ahorro en el consumo eléctrico del equipo de sonido

Tabla 17. Análisis de consumo eléctrico del equipo de sonido

ANÁLISIS ECONÓMICO												
TIPO DE ARTEFACTO	EQUIPO DE SONIDO SALA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A) CONSUMO BASE	(kWh)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
B) LIMITE DE CONTROL SUPERIOR DE CONSUMO	(kWh)	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387
C) PUNTOS ALTOS DE CONSUMO	(kWh)		0,46	0,49	0,49	0,43	0,42	0,48	0,46	0,4	0,48	0,4
D) CONSUMO MENSUAL EN STAND BY	(kWh)	2,16										
E) AHORRO DE ENERGÍA	(C-B)		0,073	0,103	0,103	0,043	0,033	0,093	0,073	0,013	0,093	0,013
F) TOTAL DE AHORRO DE ENERGÍA MENSUAL		0,743										
G) AHORRO DE ENERGÍA TOTAL	(F+D)	2,903										
H) COSTO POR kWh	(ctvs)	0,093										
AHORRO ECONÓMICO MENSUAL	(HXG)	0,27	Dólares									
AHORRO ANUAL		3,24	Dólares									
CALCULO DE CO2 QUE NO SE EMITE A LA ATMOSFERA POR CADA kWh DE ENERGÍA AHORRADO 566,9 g CO2/kWh		19,749	KgCO2									

Fuente: Autores

Al eliminar los 11 puntos que están sobre el límite superior de control (LSC) y el consumo en stand by, a través las propuestas dadas a los miembros de la familia generan un ahorro económico de \$0.27 mensual y \$3.24 anual, también se evita que 19.75Kg de CO₂ sean emitidos al ambiente anualmente, mediante el ahorro de 34.84kWh.

Además mediante el medidor de energía E49CM01 se determinó experimentalmente que elevar el volumen auditivo en cinco niveles, el consumo eléctrico aumenta en 0.003 kWh cuantificados en una hora y el consumo en stand by descrito en el análisis económico se cuantificó durante 1 hora dando como resultado 0.003kWh que parece insignificante pero si lo analizamos mensualmente o anualmente es considerable y representa pérdidas económicas o energéticas considerables para la familia y para el país.

4.3.4 Ahorro en el consumo eléctrico del televisor (sala)

Tabla 18. Análisis de consumo eléctrico del televisor (sala)

ANÁLISIS ECONÓMICO											
TIPO DE ARTEFACTO	TV SALA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A) CONSUMO BASE	(kWh)	0,242	0,242	0,242	0,242	0,242	0,242	0,242	0,242	0,242	0,242
B) LIMITE DE CONTROL SUPERIOR DE CONSUMO	(kWh)	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291
C) PUNTOS ALTOS DE CONSUMO	(kWh)	0,4	0,49	0,41	0,32	0,44	0,39	0,31	0,34	0,31	0,35
D) CONSUMO MENSUAL EN STAND BY	(kWh)	2,88									
E) AHORRO DE ENERGÍA	(C-B)	0,109	0,199	0,119	0,029	0,149	0,099	0,019	0,049	0,019	0,059
F) TOTAL DE AHORRO DE ENERGÍA MENSUAL		0,85									
G) AHORRO DE ENERGÍA TOTAL	(F+D)	3,73									
H) COSTO POR kWh	(ctvs)	0,093									
AHORRO ECONÓMICO MENSUAL	(HXG)	0,3469	Dólares								
AHORRO ANUAL		4,1627	Dólares								
CALCULO DE CO2 QUE NO SE EMITE A LA ATMOSFERA POR CADA kWh DE ENERGÍA AHORRADO 566,9 g CO2/kWh		25,3744	KgCO2								

Fuente: Autores

Hay 10 puntos que están sobre el límite superior de control (LSC), además este artefacto también tiene un consumo eléctrico en stand by, los cuales al ser eliminados mediante las propuestas dadas a los miembros de la familia generan un ahorro económico de \$4.16 anuales, también se evita que 25.37Kg de CO₂ sean emitidos al ambiente anualmente, mediante el ahorro de 44.76kWh.

4.3.5 Ahorro en el consumo eléctrico del televisor (dormitorio 2):

Tabla 19. Análisis de consumo eléctrico del televisor 2

ANÁLISIS ECONÓMICO						
TIPO DE ARTEFACTO	TV DORMITORIO 2	Martes	Miércoles	Jueves	Domingo	
A) DESPERDICIO DE ENERGÍA EN LA MADRUGADA (kWh)		1,68	1,68	1,68	1,68	
B) CONSUMO MENSUAL EN STAND BY (kWh)	2,88					
C) TOTAL DE AHORRO DE ENERGÍA MENSUAL	6,72					
D) AHORRO DE ENERGÍA TOTAL (B+C)	9,6					
E) COSTO POR kWh (ctvs)	0,093					
AHORRO ECONÓMICO MENSUAL (HXG)	0,8928	Dólares				
AHORRO ANUAL	10,7136	Dólares				
CALCULO DE CO2 QUE NO SE EMITE A LA ATMOSFERA POR CADA kWh DE ENERGÍA AHORRADO 566,9 g Co2/kWh	65,30688	KgCO2				

Fuente: Autores

Para este equipo se observó que existen muchas pérdidas eléctricas debido a que permanece encendido toda la noche, las que al ser eliminadas generan un ahorro económico de \$10.71 anual, también se evita que 65.31Kg de CO₂ sean emitidos al ambiente mediante el ahorro de 115.2kWh.

4.3.6 Ahorro en el consumo eléctrico de la lavadora electrodoméstica

Tabla 20. Análisis de consumo eléctrico de la lavadora

ANÁLISIS ECONÓMICO						
TIPO DE ARTEFACTO	LAVADORA	1	2	3		
A) CONSUMO BASE (Kwh)	0,179	0,179	0,179	0,179		
B) LIMITE DE CONTROL SUPERIOR DE CONSUMO (Kwh)	0,292	0,292	0,292	0,292		
C) PUNTOS ALTOS DE CONSUMO (Kwh)		0,4	0,87	0,33		
D) CONSUMO MENSUAL EN STAND BY (Kwh)	1,29					
E) AHORRO DE ENERGÍA (C-B)		0,108	0,578	0,038		
F) TOTAL DE AHORRO DE ENERGÍA MENSUAL	0,724					
G) AHORRO DE ENERGÍA TOTAL (F+D)	2,014					
H) COSTO POR kWh (ctvs)	0,093					
AHORRO ECONÓMICO MENSUAL (HXG)	0,187302	Dólares				
AHORRO ANUAL	2,25	Dólares				
CALCULO DE CO2 QUE NO SE EMITE A LA ATMOSFERA POR CADA kWh DE ENERGÍA AHORRADO 566,9 g CO2/kWh	13,7008392	KgCO2				

Fuente: Autores

Al eliminar los puntos que están sobre el límite superior de control (LSC) y el consumo eléctrico en stand by mediante las propuestas dadas generan un ahorro económico de

\$2.25 anual, también se evita que 13.70Kg de CO₂ sean emitidos al ambiente, mediante el ahorro de 24.17kWh.

4.3.7 Ahorro en el consumo eléctrico en iluminación

Tabla 21. Análisis de consumo eléctrico en iluminación

ANÁLISIS ECONÓMICO			
ILUMINACIÓN			
A) FOCOS EN EXCESO COMO RESULTADO DE LAS ÁREAS ANALIZADAS			7
B) CONSUMO POR CADA FOCO MENSUAL (kWh)			0,036
C) TOTAL DE AHORRO DE ENERGÍA MENSUAL (AXB) (kWh)			0,252
D) COSTO POR kWh (ctvs)			0,093
AHORRO ECONÓMICO MENSUAL		0,023436	Dolares
AHORRO ANUAL		0,281232	Dolares
CALCULO DE CO2 QUE NO SE EMITE A LA ATMOSFERA POR CADA kWh DE ENERGÍA AHORRADO 566,9 g CO2/kWh		142,8588	gCO2

Fuente: Autores

Cabe indicar que en la vivienda todos los focos son fluorescentes, con la eliminación de los 7 focos se generan un ahorro económico de \$0.28 anual, también se evita que 142.86g de CO₂ sean emitidos al ambiente anualmente, mediante el ahorro de 3.03kWh.

4.3.8 Ahorro en el consumo eléctrico mensual y anual de toda la vivienda

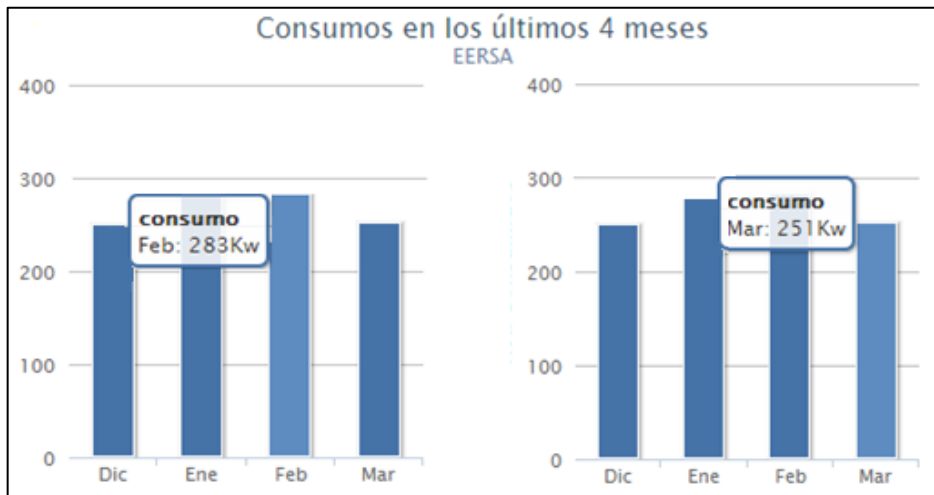
Tabla 22. Ahorro eléctrico total generado

Artefacto	(kWh/mes)	(kWh/año)	(USD/mes)	(USD/año)	Ahorro emisiones (kg CO2/año)
Refrigeradora	4,88	58,56	0,45	5,45	33,198
Bomba Domiciliaria	8,876	106,512	0,84	9,91	60,382
Equipo de Sonido	2,903	34,836	0,27	3,24	19,749
Lavadora	2,014	24,168	0,19	2,25	13,701
Televisor (Sala)	3,73	44,76	0,35	4,16	25,374
Televisor 2	9,6	115,2	0,89	10,71	65,307
Iluminación	0,252	3,024	0,02	0,28	1,714
Total	32,255	387,06	3,00	36,00	219,424314

Fuente: Autores

4.3.9 *Comprobación del ahorro en el consumo eléctrico de la vivienda.* Mediante los valores de consumo eléctrico detallados por la EERSA, se puede comprobar que se ahorra aproximadamente lo calculado analíticamente.

Figura 53. Datos de consumo eléctrico de la vivienda

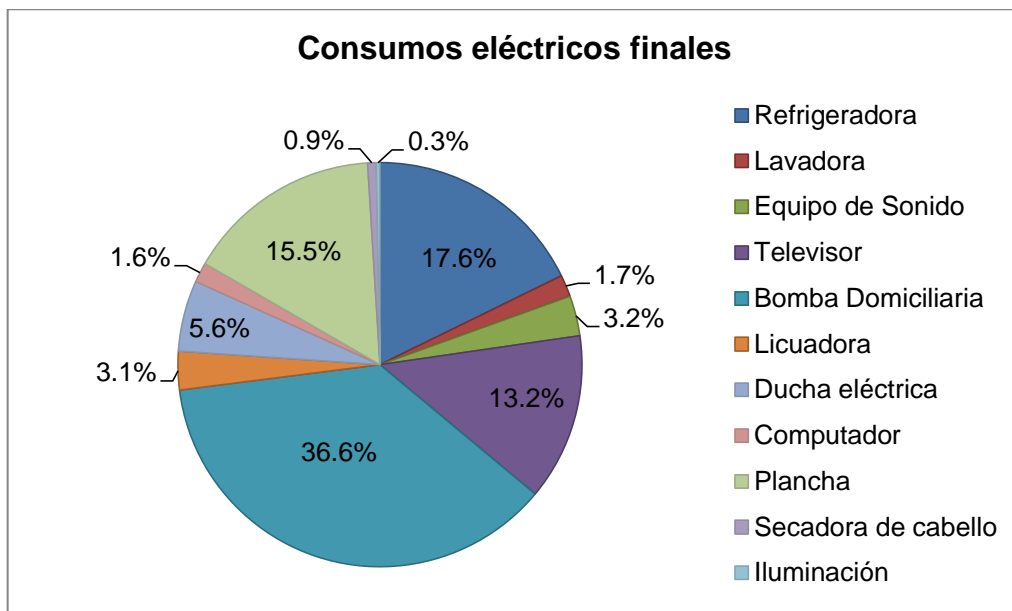


Fuente: Autores

Se puede observar que se obtuvo un ahorro de 32kWh y analíticamente se determinó un ahorro de 32.255kWh, este valor tiene un error del 1% que puede ser debido a la precisión de los equipos al tomar los datos de consumo eléctrico.

4.3.10 Consumos eléctricos finales de cada electrodoméstico en una vivienda

Figura 54. Consumo eléctrico final en una vivienda



Fuente: Autores

Se puede apreciar que la bomba domiciliaria consume un 36.6% del consumo eléctrico total seguido de refrigeradora con un 17.6%.

CAPÍTULO V

5. DIFUSIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE VIABILIDAD, FACTIBILIDAD DE UN PROYECTO DE CONSUMO ELÉCTRICO DEL SECTOR RESIDENCIAL DE RIOBAMBA

5.1 Implementación de una página web para el grupo ACEE

El grupo ACEE es una organización de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo encaminada al asesoramiento e investigación en cuanto a eficiencia energética que viene funcionando en la misma institución educativa.

Con la realización de proyectos investigativos es importante difundir sus resultados, para ello se vuelve necesaria la implementación de un sitio web en donde se pueda interactuar con la sociedad y motivarla a contribuir en eficiencia energética al país.

Figura 55. Interfaz de la página web



Fuente: www.acee-epoch.com

En la página web las personas especialmente del sector residencial pueden orientarse en cuanto a eficiencia energética de los diferentes electrodomésticos presentes en una vivienda y consejos de ahorro energético que muchas veces no se toma en cuenta pero si se analiza a largo plazo se puede determinar que tanto los costos como las emisiones de CO₂ son significativos. También se analiza la evolución anual de los consumos eléctricos del sector residencial a nivel de Latinoamérica, Ecuador y Riobamba, que sin duda no se puede controlar desde el punto de vista de crecimiento poblacional pero en cuanto a reducción de consumos se puede contribuir a la eficiencia energética.

Las emisiones de CO₂ es otro de los temas importantes que se informa a la sociedad ya que es una de las causas del efecto invernadero y calentamiento global, a través de la web se puede cuantificar los ahorros energéticos (kWh) en relación a la cantidad de CO₂ emitida al ambiente, para que las personas hagan conciencia del uso eléctrico y crear una cultura energética en la sociedad.

5.2 Estudio para definir el modelo de vivienda y línea base del proyecto

Para definir el modelo de vivienda a monitorear es importante basarse en una encuesta en la que se determine los electrodomésticos más comunes que se utilizan en la misma, también esta encuesta sirve como herramienta para establecer la línea base del proyecto es decir la situación actual del consumo eléctrico en el sector residencial de Riobamba.

5.2.1 *Determinación del tamaño de la muestra.* La determinación del tamaño de la muestra es importante ya que al realizar un estudio investigativo se vuelve necesario analizar de ser posible a toda la población pero por aspectos económicos y de tiempo se debe seleccionar al azar una parte de la misma.

Para definir el tamaño de muestra se define los siguientes parámetros:

- Z= Factor en base al nivel de confianza

Para niveles de confianza menores al 90% se espera que los resultados no presenten validez, es por ello que se utiliza un nivel de confianza del 95% para que los resultados presenten validez en su información.

El factor correspondiente a este nivel de confianza es de 1.96 de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 23. Factores de acuerdo a los niveles de confianza

Certeza	95%	94%	93%	92%	91%	90%	80%	62.27%	50%
Z	1.96	1.88	1.81	1.75	1.69	1.65	1.28	1	0.67
e	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.20	0.37	0.50

Fuente: www.monografias.com

- Error máximo aceptable

Es el riesgo estimado de que la muestra elegida ni sea representativa, este error es la diferencia del 100% y el nivel de confianza es decir el 5% (0.05).

- p = probabilidad a favor y q = probabilidad en contra

Estos dos factores tienen los siguientes valores: $p = 0.5$ y $q = 0.5$, ya que no contamos con información acerca de la tendencia de los resultados al realizar el análisis estadístico.

- Tamaño de la población

La población a la que vamos analizar se considera finita ya que se toma en cuenta el número de viviendas tipo villa de Riobamba es decir $N=126410$, se eligió este tipo de vivienda ya que representa el 73.7% del sector residencial de la ciudad de Riobamba según las cifras del INEC, entonces para dicha condición se aplica la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{Ne^2 + Z^2 * p * q} \quad (9)$$

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 126410}{126410 * (0.05)^2 + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 96$$

El tamaño de muestra necesario es de 96 pero para ser más precisos en la recolección de datos se toma una muestra de 100 viviendas distribuidas en las 5 parroquias de la ciudad de Riobamba.

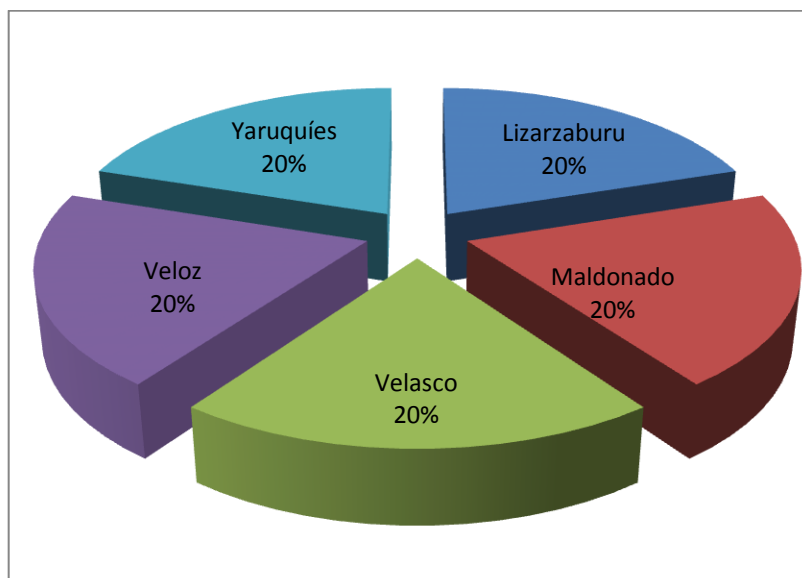
5.2.2 Modelo de encuesta. El objetivo de realizar la encuesta es determinar qué electrodomésticos son los más usados en el hogar y con ello determinar un modelo de vivienda para monitorear su consumo eléctrico. También se desea determinar cuál es la situación actual del consumo energético eléctrico en el sector residencial de Riobamba para plantear un prototipo de proyecto energético con el fin de obtener los consumos eléctricos residenciales y reducir los consumos innecesarios, incentivando a la población al ahorro energético eléctrico.

El modelo de encuesta se presenta en el Anexo C.

5.2.3 Resultados de la encuesta

Pregunta 1: ¿En qué parroquia de Riobamba está ubicada su vivienda?

Figura 56. Viviendas por parroquia de Riobamba

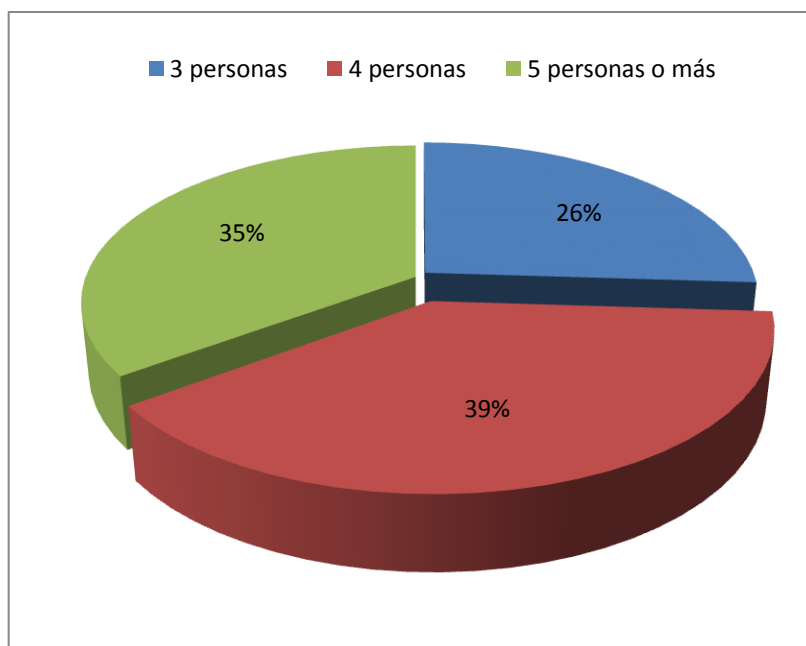


Fuente: Autores

Para obtener mayor certeza en la recolección de datos se distribuyen 18 encuestas para cada parroquia de la ciudad, con ello tanto el modelo de vivienda como la línea base no estarán enfocados en una sola parroquia.

Pregunta 2: ¿Cuántas personas habitan en su vivienda?

Figura 57. Número de habitantes por vivienda



Fuente: Autores

Del total de viviendas encuestadas se pudo determinar que el 39% poseen 4 habitantes, el 35% poseen 5 o más habitantes y el 26% poseen 3 habitantes por vivienda.

Pregunta 3: Indique cuales son los electrodomésticos que usan en su vivienda

- Refrigeradoras

Tabla 24. Refrigeradoras en una vivienda

# de Refrigeradoras	Encuestas	Porcentaje
1	89	89%
2	11	11%
TOTAL	100	100%

Fuente: Autores

El 89% de las viviendas encuestadas responden que poseen una refrigeradora, mientras que el 11% poseen 2 refrigeradoras.

- Lavadoras

Tabla 25. Lavadoras electrodomésticas en una vivienda

	Encuestas	Porcentaje
SI	87	87%
NO	13	13%
TOTAL	100	100%

Fuente: Autores

El 87% de familias encuestadas responden que si tienen una lavadora en su hogar, mientras que el 13% no poseen este artefacto.

- Bomba domiciliaria

Tabla 26. Bombas domiciliarias en una vivienda

	Encuestas	Porcentaje
SI	88	88%
NO	12	12%
TOTAL	100	100%

Fuente: Autores

El 88% de hogares usan una bomba domiciliaria para suministro de agua y el 12% no utiliza este equipo.

- Televisores

Tabla 27. Televisores en una vivienda

# de Televisores	Encuestas	Porcentaje
1	9	9%
2	34	34%
3	45	45%
4	9	9%
5	3	3%
TOTAL	100	100%

Fuente: Autores

De todas las viviendas el 45% poseen tres televisores.

- Computadoras

Tabla 28. Computadoras en una vivienda

# de Computadoras	Encuestas	Porcentaje
1	38	38%
2	42	42%
3	14	14%
TOTAL	94	94%

Fuente: Autores

El 42% de las familias poseen dos computadoras, el 38% poseen una computadora y el 14% poseen tres computadoras.

- Equipo de Sonido

Tabla 29. Equipos de sonido en una vivienda

# de Equipos de Sonido	Encuestas	Porcentaje
1	80	80%
2	13	13%
TOTAL	94	94%

Fuente: Autores

En el sector residencial de Riobamba el 80% posee un equipo de sonido y el 94% de hogares posee al menos un artefacto de este tipo.

- Microondas

Tabla 30. Microondas en una vivienda

	Encuestas	Porcentaje
SI	58	58%
NO	42	42%
TOTAL	100	100%

Fuente: Autores

El 58% de hogares poseen microondas y el 42% no poseen este electrodoméstico.

- Ducha Eléctrica

Tabla 31. Duchas eléctricas en una vivienda

# de duchas eléctricas	Encuestas	Porcentaje
1	22	22%
2	19	19%
3	17	17%
TOTAL	58	58%

Fuente: Autores

El 58% de viviendas usan ducha eléctrica para su higiene personal, siendo el 22% de hogares que usan una sola ducha.

- Plancha

Tabla 32. Planchas de ropa en una vivienda

# de planchas	Encuestas	Porcentaje
1	92	92%
2	8	8%
TOTAL	100	100%

Fuente: Autores

Todas las viviendas poseen planchas de ropa, de donde el 92% posee una sola plancha y el 8% del sector residencial de Riobamba no poseen este artefacto en sus viviendas.

- Secadora de cabello

Tabla 33. Secadoras de cabello en una vivienda

# de Secadoras de cabello	Encuestas	Porcentaje
1	63	63%
2	4	4%
TOTAL	67	67%

Fuente: Autores

El 63% de viviendas poseen una secadora de cabello, siendo el 67% del sector residencial que poseen al menos un artefacto de este tipo.

- Licuadora

Tabla 34. Licuadoras en una vivienda

# de Licuadoras	Encuestas	Porcentaje
1	97	97%
2	3	3%
TOTAL	100	100%

Fuente: Autores

Todas las viviendas tienen licuadoras, de las que el 97% poseen una licuadora y el 3% poseen dos licuadoras en sus hogares.

- Aspiradora

Tabla 35. Aspiradoras en una vivienda

	Encuestas	Porcentaje
SI	43	43%
NO	57	57%
TOTAL	100	100%

Fuente: Autores

El 57% de viviendas del sector residencial de Riobamba no poseen una aspiradora y el 43% si poseen este artefacto.

- Radio

Tabla 36. Radios en una vivienda

# de Radios	Encuestas	Porcentaje
1	41	41%
2	18	18%
TOTAL	59	59%

Fuente: Autores

El 59% de hogares encuestados en el sector residencial de Riobamba poseen este artefacto y el 41% poseen un solo radio.

- Iluminación

Tabla 37. Número de focos en una vivienda

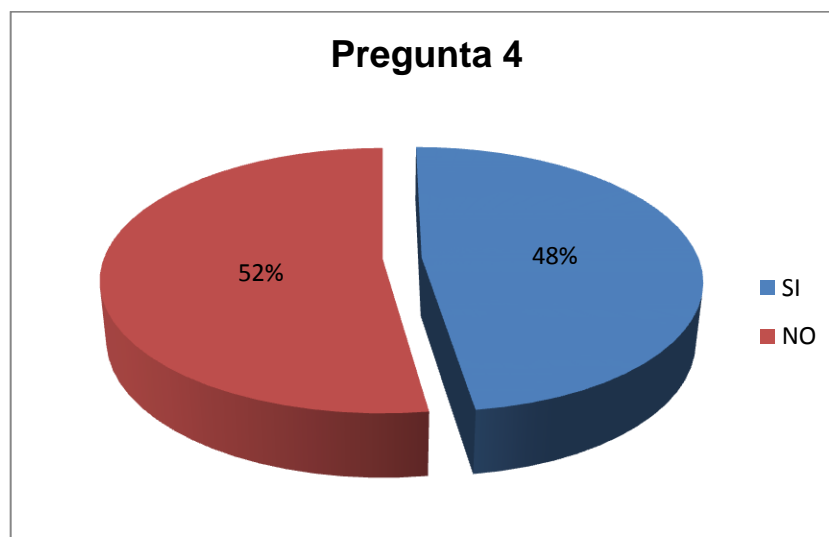
# de Focos	Encuestas	Porcentaje
12	15	15%
18	19	19%
14	10	10%
13	9	9%
TOTAL	53	53%

Fuente: Autores

En las encuestas realizadas existe una varianza en el número de focos presentes en cada vivienda pero el 19% de viviendas tienen 18 focos, el 15% tienen 12 focos.

Pregunta 4: ¿Conoce su consumo eléctrico mensual?

Figura 58. Conocimiento del consumo eléctrico mensual

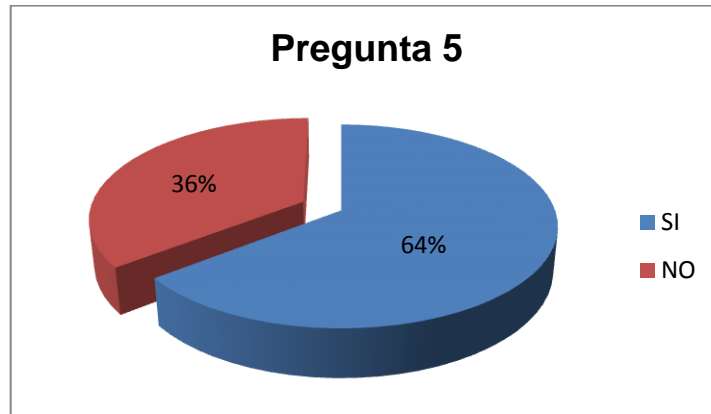


Fuente: Autores

Del sector residencial solo el 48% conocen cuál es su consumo eléctrico mensual, mientras que el 52% desconocen cuál es el consumo eléctrico en su vivienda.

Pregunta 5: ¿Está de acuerdo con el costo mensual de energía eléctrica en base a su consumo?

Figura 59. Conformidad en base al costo de energía eléctrica

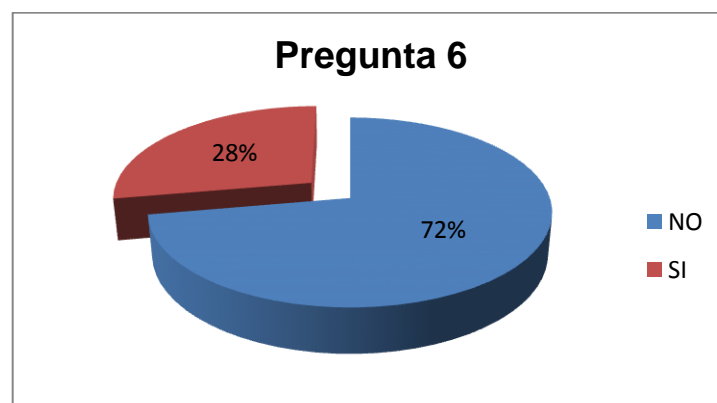


Fuente: Autores

El 64% de familias está de acuerdo con el costo mensual de energía eléctrica en base a su consumo y el 36% se siente inconforme con el costo eléctrico mensual.

Pregunta 6: ¿Le gustaría invertir en un equipo de monitorización de consumo eléctrico, con el objetivo de detectar puntos altos de consumo eléctrico en su vivienda?

Figura 60. Inversión propia en un equipo de monitorización

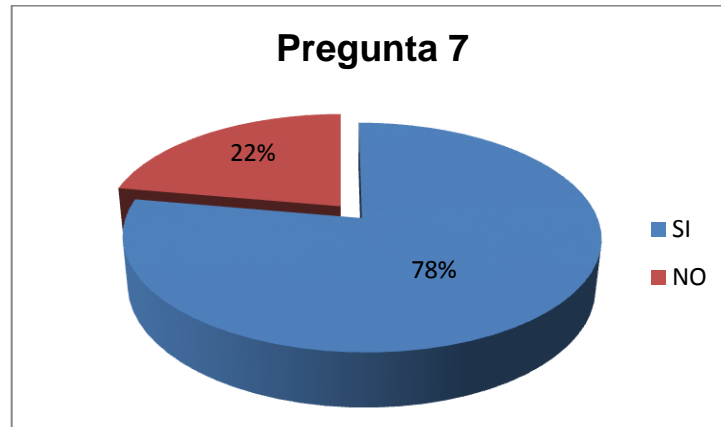


Fuente: Autores

El 72% de hogares no les gustaría invertir en un equipo de monitorización de consumo eléctrico para detectar puntos altos de consumo eléctrico final en sus viviendas y el 28% si tienen interés en invertir en un equipo de monitorización.

Pregunta 7: ¿Estaría de acuerdo en que una entidad del estado monitoree los consumos altos e innecesarios de energía eléctrica en su vivienda?

Figura 61. Inversión del estado en un equipo de monitorización

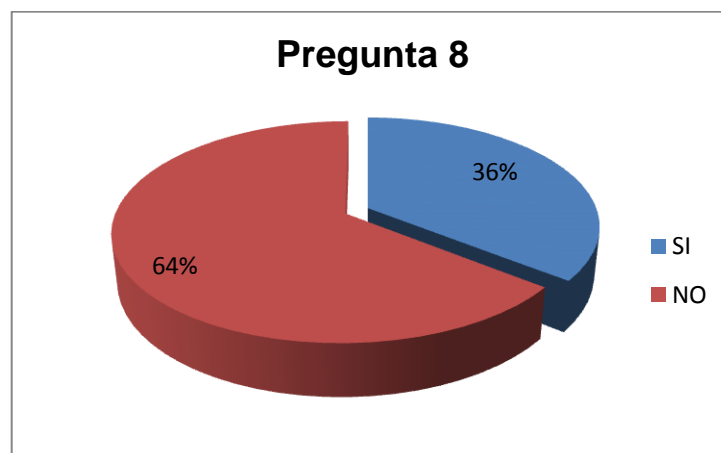


Fuente: Autores

El 78% de familias están de acuerdo en que una entidad del estado monitoree los consumos eléctricos altos e innecesarios en sus viviendas, mientras que el 22% no desean que monitoreen los consumos eléctricos finales.

Pregunta 8: ¿Usted toma en cuenta el ahorro energético al momento de usar un electrodoméstico?

Figura 62. Aplicación de ahorro energético al usar un electrodoméstico

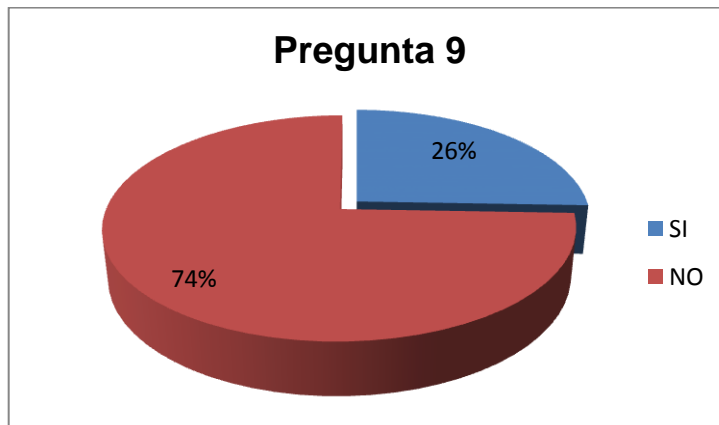


Fuente: Autores

El 64% de hogares no toman en cuenta el ahorro energético al momento de usar los electrodomésticos y el 36% si lo hacen.

Pregunta 9: ¿Ha escuchado del impacto ambiental causado por el uso de un electrodoméstico?

Figura 63. Conocimiento del impacto ambiental causado por un electrodoméstico

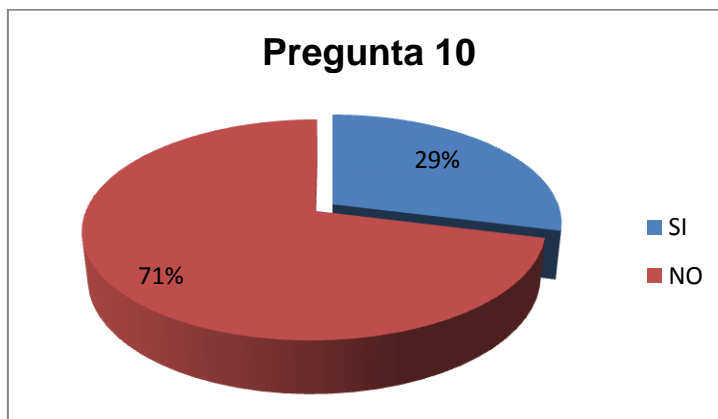


Fuente: Autores

El 74% de familias no tienen conocimiento del impacto ambiental causado por el uso de un electrodoméstico y el 26% si conocen de este impacto ambiental causado indirectamente al ambiente.

Pregunta 10: ¿Tiene conocimiento del consumo en stand by de un electrodoméstico?

Figura 64. Conocimiento del consumo en stand by de los electrodomésticos



Fuente: Autores

El 71% no tienen conocimiento del consumo eléctrico producido cuando un electrodoméstico se encuentra en stand by.

5.2.4 Identificación del modelo de vivienda para monitorear. En base a los resultados de las encuestas realizadas a las familias que poseen viviendas tipo villa del sector residencial de la ciudad de Riobamba se determina que el modelo de vivienda que se requiere para monitorear sus consumos eléctricos finales debe tener los siguientes electrodomésticos.

Tabla 38. Electrodomésticos del modelo de vivienda

Electrodoméstico	Cantidad
Refrigeradora	1
Lavadora electrodoméstica	1
Bomba domiciliaria	1
Televisor	3
Computadora	2
Microondas	1
Equipo de sonido	1
Plancha de ropa	1
Aspiradora	1
Secadora de cabello	1
Radio	1
Licuada	1
Ducha eléctrica	1

Fuente: Autores

Adicionalmente esta vivienda modelo debe tener como mínimo 18 focos y un router de internet para instalar el equipo de monitorización energy genius, ya que este equipo debe tener conexión continua a la red para poder enlazar la información y comportamiento de consumos eléctricos finales de cada electrodoméstico al portal web para su análisis, si existe una interrupción en la señal de internet es necesario volver a sincronizar los sensores.

Para monitorear los consumos eléctricos de la vivienda es necesario ubicar un sensor en la toma de energía eléctrica para cada electrodoméstico presente en la misma, con ello se puede determinar sus consumos eléctricos y qué porcentaje de la energía eléctrica total consumida en la vivienda corresponde a cada electrodoméstico monitorizado.

5.3 Determinación de la viabilidad y factibilidad del proyecto

5.3.1 Datos del proyecto

- Nombre del proyecto

Monitorización y análisis de consumo eléctrico de una muestra del sector residencial de la ciudad de Riobamba

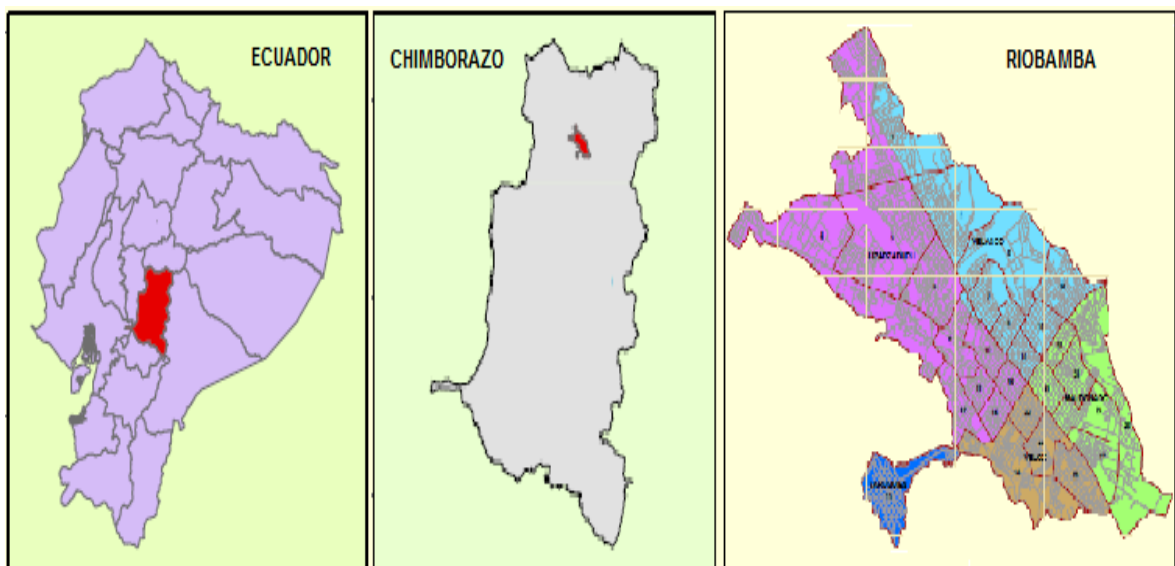
- Entidad ejecutora

Grupo ACEE en coordinación con alguna entidad del estado interesada en ejecutar el proyecto

- Localización

El proyecto se localiza en la zona urbana de la ciudad de Riobamba, en la provincia de Chimborazo, focalizado en el sector residencial con el objetivo de analizar los consumos eléctricos finales en las viviendas tipo villa ya que estas representan el 73.7% del sector residencial.

Figura 65. Localización del proyecto

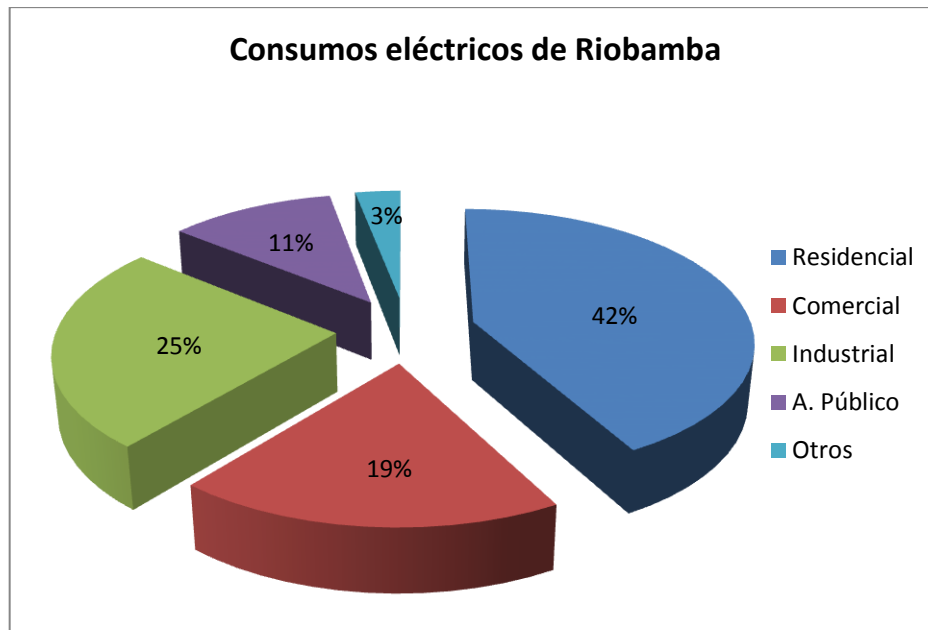


Fuente: Autores

5.3.2 Problema

- Situación actual

Figura 66. Consumo eléctricos de Riobamba



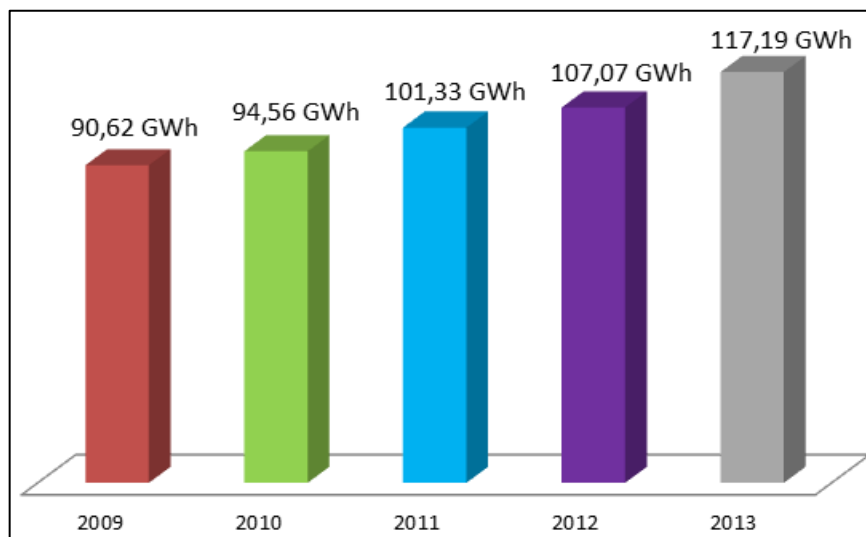
Fuente: Autores

El consumo eléctrico en el sector residencial a nivel nacional y específicamente en Riobamba representa el 42% del consumo eléctrico general, este crece anualmente lo que causa gastos en generación, distribución y mantenimiento eléctrico, en vista de eso la EERSA ha venido desarrollando campañas de eficiencia energética que también se ejecutan a nivel nacional, estas son el cambio de lámparas incandescentes o de alto consumo por lámparas fluorescentes compactas o de bajo consumo y la renovación de refrigeradoras de más de 10 años por refrigeradoras eficientemente energéticas.

- Identificación, descripción y diagnóstico del problema

El sector residencial de Riobamba es uno de los más grandes consumidores de energía eléctrica que anualmente incrementa su consumo como se muestra en la figura 67, lo cual conlleva a un retraso en el crecimiento económico de la ciudad, ya que al elevar el consumo eléctrico provoca gastos económicos tanto a nivel familiar como a nivel de la ciudad.

Figura 67. Consumo eléctrico del sector residencial de Riobamba



Fuente: Autores

El aumento de consumo eléctrico anual en este sector viene causado por el crecimiento poblacional y por el uso irracional o derroche de energía, de donde el crecimiento poblacional se vuelve imposible de controlar pero el uso irracional o derroche de energía si se puede controlar incentivando a la sociedad para que haga uso de la energía eléctrica de manera eficiente.

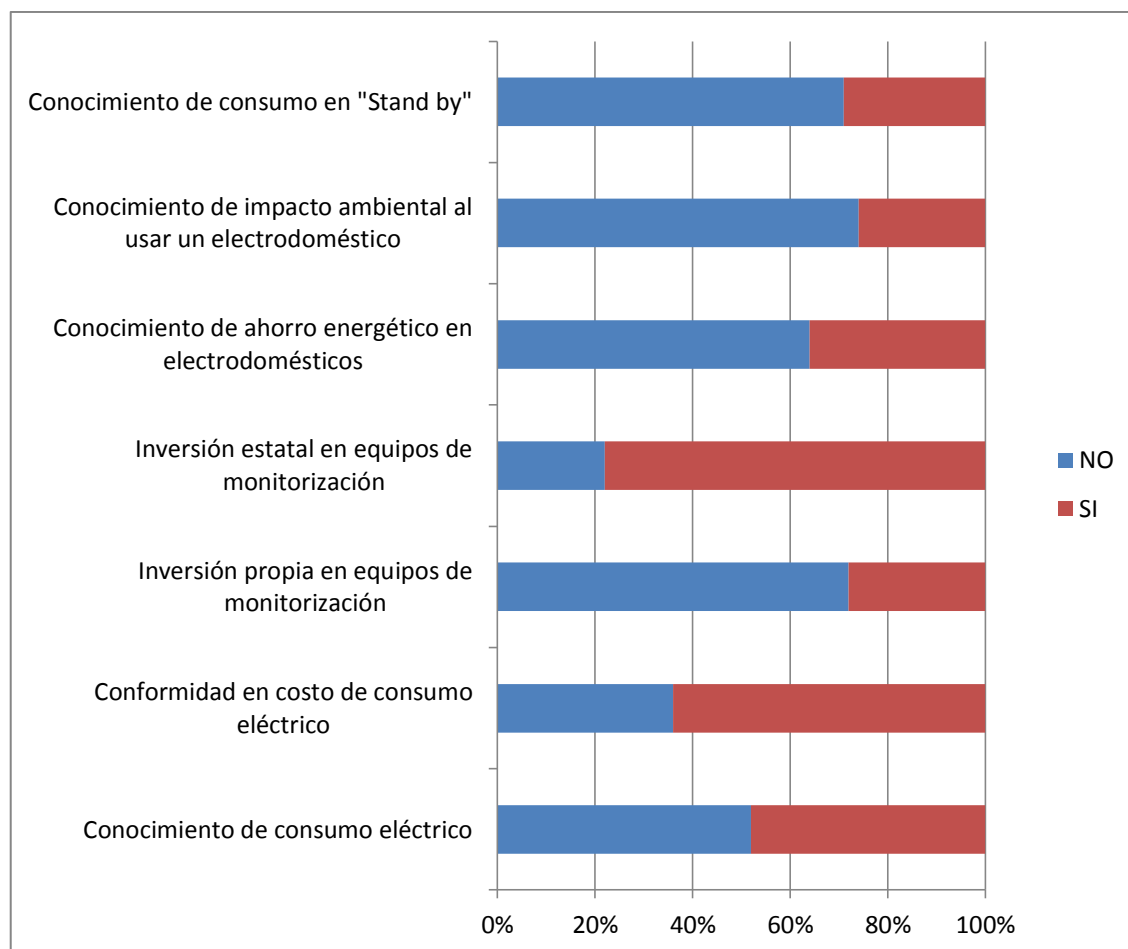
Al usar los electrodomésticos las personas no toman en cuenta el ahorro energético y desperdician innecesariamente energía eléctrica que analizándola mensualmente quizá no sea representativa, pero si se cuantifica a nivel de todo el sector residencial se determina que este desperdicio es significativo tanto en el costo de energía como también en las emisiones de CO₂ al ambiente. Además de estos consumos innecesarios también existen los consumos fantasmas o consumos en stand by, que en la mayoría de hogares no se toma en cuenta pero representa el 3% del consumo eléctrico total en una vivienda.

- Línea base

Para realizar el análisis de la situación actual del sector residencial en cuanto a consumo eléctrico se basa en diversos indicadores interrogados en encuestas realizadas en toda la ciudad tomando una muestra de 18 viviendas por parroquia, es decir a nivel general de la ciudad se tiene una muestra de 96 viviendas tipo villa ya que son las más comunes en la ciudad en base a los datos estadísticos del INEC.

La línea base del proyecto presenta las siguientes características:

Figura 68. Línea base del proyecto



Fuente: Autores

5.3.2.1 Análisis de oferta y demanda

- Oferta

En la planificación para monitorear los consumos eléctricos de la población demandante potencial se pretende basarse en una muestra, ya que para analizar al total de la población se necesitaría de muchos equipos lo que implica una inversión grande que se tardaría en recuperar, entonces para monitorear las viviendas que se determina mediante el tamaño de muestra (96 viviendas) se requiere de 8 equipos con el fin de monitorear mensualmente a 8 viviendas, lo que en el lapso de un año se analizaría al total de la muestra.

El equipo utilizado para monitorizar es el energy genius, cada equipo tiene un costo de \$860,00 incluida la suscripción del portal web por un año, para los años posteriores solo se debe pagar la suscripción.

- Demanda

Población de referencia: La población de referencia es de 171520, que representa el número de viviendas del sector residencial de la ciudad de Riobamba.

Población demandante potencial: El análisis de consumo eléctrico está enfocado a las viviendas tipo villa que comprenden el 73.7% del sector residencial, es decir 126410 viviendas.

Para monitorear los consumos eléctricos de toda la población demandante potencial se requiere de muchos equipos con el fin de monitorear todas las viviendas en el menor tiempo posible.

5.3.2.2 *Identificación y caracterización de la población objetivo.* El proyecto es enfocado al sector residencial de la ciudad de Riobamba, específicamente a las viviendas tipo villa (126410 viviendas de acuerdo a datos estadísticos del INEC), ya que representan el 73.7% del sector siendo los mayores consumidores de energía eléctrica y a los que se debe enfocar un análisis con el objetivo de eliminar los consumos eléctricos altos para obtener un ahorro tanto en costo energético como en las emisiones de CO₂ al ambiente.

Los beneficiarios del proyecto son cada familia ya que con la detección de puntos altos de consumo eléctrico se buscará eliminarlos y a su vez reducir los costos energéticos en la vivienda, también la ciudad de Riobamba es beneficiaria ya que se reducirán los gastos energéticos por mantenimiento, distribución, etc., y el nivel económico de la ciudad crecería.

5.3.3 *Objetivos del proyecto*

5.3.3.1 *Objetivo general.* Reducir los consumos eléctricos a nivel residencial de la ciudad de Riobamba a partir de un monitoreo y análisis de una muestra del sector residencial para detectar las causas de los puntos altos de consumo eléctrico final y eliminarlos sin afectar el confort de las personas.

5.3.3.2 *Objetivos específicos:*

Monitorear en tiempo real los consumos eléctricos individuales de cada electrodoméstico presentes en las viviendas tipo villas seleccionadas para su análisis mensual.

Analizar los consumos eléctricos finales de cada vivienda para determinar causas de consumos eléctricos elevados y poder atacar esos puntos hasta eliminarlos consiguiendo un ahorro eléctrico.

Generar consejos de ahorro energético para el sector residencial de la ciudad de Riobamba y el país.

Optimizar los consumos eléctricos finales en las viviendas y reducir los costos energéticos eléctricos.

5.3.3.3 *Indicadores de resultado*

- Reducción del consumo eléctrico del sector residencial.
- Ahorro de costos relacionados con la energía eléctrica.
- Disminución de emisiones de CO₂ al ambiente.
- Mayor cultura energética en las personas y en general en la sociedad al momento de adquirir nuevos electrodomésticos o al ponerlos en funcionamiento en el hogar.

5.3.4 *Viabilidad*

5.3.4.1 *Viabilidad técnica*

- Descripción de la ingeniería del proyecto

El proyecto tiene como finalidad analizar los consumos eléctricos individuales de cada electrodoméstico presente en las viviendas tipo villa del sector residencial de la ciudad de Riobamba, utilizando equipos de monitorización que muestren datos en tiempo real para poder detectar puntos altos de consumo e identificar sus posibles causas para eliminarlos.

- Componentes

Para la ejecución del proyecto se pretende utilizar equipos de monitorización de consumo eléctrico que muestren datos en tiempo real y en forma continua es decir sin interrupciones. Estos equipos se describen a continuación:

8 Equipos energy genius

Figura 69. Equipo energy genius



Fuente: Autores

Medidor de energía E49CM01

Figura 70. Medidor de energía E49CM01



Fuente: http://cdn.ryobitools.com/products/photos/large_d7e9943b-bbb8-439a-82af-02ff729d1608.jpg

Este equipo es utilizado para medir los consumos eléctricos en stand by de los electrodomésticos, así como también para hacer pruebas experimentales para reducir los consumos eléctricos tanto solo cambiando la configuración de los electrodomésticos.

- Proceso

En el proceso de ejecución del proyecto se estima analizar una muestra de viviendas del sector residencial de la ciudad de Riobamba de 96 viviendas distribuidas en las 5 parroquias, para el desarrollo se proyecta utilizar los equipos energy genius y el medidor de energía E49CM01 para monitorear los consumos eléctricos individuales de los electrodoméstico presentes en cada una de las 96 viviendas acorde al siguiente proceso:

Utilizando los equipos se pretende monitorear mensualmente 8 viviendas durante un periodo de un año para cumplir con el número de viviendas descritas en la muestra.

Con el medidor de energía E49CM01 se determina el consumo eléctrico en stand by de cada electrodoméstico por una hora para posteriormente cuantificar para un mes.

Al finalizar el monitoreo individual de cada electrodoméstico presentes en las 96 viviendas, se realizará un análisis de puntos altos de consumo eléctrico individual para buscar las causas y dar soluciones a cada uno de los problemas a fin de obtener un ahorro económico en la facturación final así como reducir las emisiones de CO₂ al ambiente, relacionando a cuantos gramos de CO₂ equivalen los kilovatios-hora ahorrados.

- Especificaciones técnicas

Equipo energy genius:

- Tamaño del producto: 12cm x 7cm x 3cm
- Duración de la batería : 7 años reemplazable
- Amperaje máximo de cada sensor “smart plug”: 15 Amperios
- Corriente nominal máxima: 200 Amperios
- Utilizar una pinza cuando se trabaja con instalaciones de :120V
- Utilizar dos pinza cuando se trabaja con instalaciones de :240V

- Rango de instalación: 30m
- Temperatura de trabajo: 10-50 °C
- Conexión a internet
- Fuente de alimentación: 100-240V AC, 50/60 Hz

Medidor de energía E49CM01:

- Voltaje de funcionamiento: 110V ~ 130V
- Corriente de carga máxima: 15 Amperios
- Tipo de batería: LR44; 2 unidades
- Temperatura de funcionamiento: 0°C ~ 40°C

5.3.4.2 Viabilidad económica y financiera

Dentro de la viabilidad económica y financiera se encuentran diversos factores que se van analizar para determinar la rentabilidad del proyecto en periodo de tiempo establecido.

Inversiones fijas. Para poner en marcha el proyecto se necesita de ocho equipos energy genius, cada equipo tiene un costo de \$860,00 incluida la suscripción de transmisión de datos al portal web por un año y un medidor de energía E49CM01, que tiene un costo de \$25,00.

Tabla 39. Inversiones fijas

INVERSIONES FIJAS		
N°	Concepto	Valor Total
8	Equipo energy genius	\$6880,00
1	Medidores de energía E49CM01	\$25,00
1	Computador portátil	\$800,00
1	Equipos y suministros de oficina	\$200,00
TOTAL		\$7905,00

Fuente: Autores

Capital de trabajo. El monitoreo de las viviendas debe estar supervisado por una persona continuamente para analizar el comportamiento de los consumos eléctricos finales en las viviendas.

Tabla 40. Capital de trabajo

CAPITAL DE TRABAJO		
Concepto	Valor mensual	Valor anual
Gastos Administrativos	\$318,00	\$3816,00
Total	\$318,00	\$3816,00

Fuente: Autores

Inversión total. Está estructurada por la sumatoria de las inversiones fijas y el capital de trabajo, en la siguiente Tabla se detalla esta inversión que representa la inversión inicial del proyecto:

Tabla 41. Inversión total

INVERSION TOTAL		
N°	Concepto	Valor Total
1	Inversiones Fijas	\$7905,00
2	Capital de Trabajo	\$3816,00
VALOR TOTAL		\$11721,00

Fuente: Autores

Financiamiento del proyecto. El financiamiento del proyecto se espera que se lo realice por parte de algún organismo del estado que esté interesado en poner en marcha el proyecto, es decir cubra los gastos del proyecto en su totalidad de acuerdo a la siguiente estructura:

Tabla 42. Financiamiento del proyecto

Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
\$11721,00	\$4566,00	\$4566,00	\$4566,00	\$4566,00	\$4566,00

Fuente: Autores

Egresos proyectados. Para la administración del proyecto se considera a un empleado que debe cumplir con los requerimientos de ejecución del proyecto con un sueldo de \$318,00 que anualmente resulta \$3816,00.

Como gastos generales tenemos que cada equipo necesita una suscripción anual del portal de internet, lo que tiene un costo de \$36,00.

Tabla 43. Gastos generales

Concepto	Costo anual
Suscripción de equipos	\$288,00
Oficina	\$150,00
Gastos de teléfono	\$72,00
Gastos de Internet	\$240,00
Total	\$750,00

Fuente: Autores

Anualmente se obtiene un total de \$4566,00 en egresos proyectados en el análisis descrito anteriormente.

Ahorro en costo de energía proyectado. Por medio del análisis de ahorro energético en la muestra seleccionada se puede cuantificar el ahorro económico a nivel de las viviendas tipo villa del sector residencial de la ciudad de Riobamba. Para realizar una estimación de la cantidad de energía que puede ahorrarse se utiliza el análisis realizado para una vivienda en el que se determina que se ahorra 347,18 kWh/año.

Tabla 44. Ahorro anual

Ahorro anual			
Viviendas	Ahorro (kWh/año)	Ahorro (USD/año)	Emisiones de CO₂ (kg CO₂/año)
1	347,18	\$ 35,99	219,42
96	37157,76	\$ 3455,67	21064,73
126410	48928254,6	\$ 4550327,68	27737427,53

Fuente: Autores

Para realizar la proyección de los ahorros anuales se usa el método de los mínimos cuadrados, obteniendo la fórmula matemática siguiente:

$$y = 35,99x \quad (10)$$

Dónde:

y : Ahorro anual

x : Número de viviendas

La proyección del ahorro en las viviendas tipo villa del sector residencial de Riobamba en los próximos 10 años se presenta a continuación:

Tabla 45. Ahorro proyectado para 10 años

Años	Viviendas	Ahorro (\$)
	x	y
2014	96	3455,67
2015	192	6910,08
2016	288	10365,12
2017	384	13820,16
2018	480	17275,20
2019	576	20730,24
2020	672	24185,28
2021	768	27640,32
2022	864	31095,36
2023	960	34550,40

Fuente: Autores

En el 2023 se obtendría un ahorro de \$34550,40 de 960 viviendas analizadas, es importante indicar que este ahorro en todas las viviendas debe mantenerse desde que se detectan y eliminan los puntos altos de consumo eléctrico, caso contrario los ingresos proyectados no se generarían.

Flujo de caja anual proyectado

Tabla 46. Flujo de caja anual

Flujo de caja anual proyectado para 5 años				
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorros anuales proyectados				
\$3455,67	\$6910,08	\$10365,12	\$13820,16	\$17275,20
Egresos anuales proyectados				
\$4566,00	\$4566,00	\$4566,00	\$4566,00	\$4566,00
Flujo Neto de caja				
-\$1110,33	\$2344,08	\$5799,12	\$9254,16	\$12709,20

Fuente: Autores

Indicadores económicos:

- Valor Actual Neto (VAN). Se calcula el valor actual neto de un determinado número de flujos de caja futuros en un número de periodos establecidos de acuerdo a la necesidad del proyecto, originados por una inversión, utilizando la siguiente fórmula matemática:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (11)$$

Dónde:

V_t : Representa los flujos de caja en cada periodo "t"

I_0 : Es el valor del desembolso inicial de la inversión

n: Es el número de periodos considerado

k: Tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA)

La TREMA se determina por medio de la siguiente fórmula matemática:

$$\text{TREMA} = \text{Tasa de interés activa} + \text{tasa de inflación} + (\text{tasa activa} * \text{tasa de inflación})$$

Según datos del Banco Central del Ecuador la tasa de interés activa hasta marzo 2014 es de 8.17% y la tasa de inflación anual desde febrero 2013 a febrero 2014 es de 2.85%.

$$\text{TREMA} = 8.17\% + 2.85\% + (8.17 * 2.85\%)$$

$$\text{TREMA} = 11.25\%$$

Tabla 47. Valor actual neto

Periodo	Flujos de caja	I_0	k	VAN
1	-\$ 1110,33	\$11721,00	11,25%	- \$ 12719,05
2	\$ 2344,08	\$11721,00	11,25%	- \$ 10825,08
3	\$ 5799,12	\$11721,00	11,25%	- \$ 6613,34
4	\$ 9254,16	\$11721,00	11,25%	- \$ 571,95
5	\$ 12709,20	\$11721,00	11,25%	\$ 6885,98

Fuente: Autores

Las condiciones del VAN son las siguientes:

Si $VAN > 0$; el proyecto es rentable

Si $VAN = 0$; el proyecto es indiferente

Si $VAN < 0$; el proyecto no es rentable

Como el VAN en el quinto año es \$6885,98 > 0 entonces el proyecto es rentable.

- Tasa Interna de Retorno (TIR). La TIR se compara con una TREMA ($k=11,25\%$). El criterio general para saber si el proyecto es rentable es el siguiente:

Si $TIR \geq r \rightarrow$ Se aceptará el proyecto.

La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida, es por ello que el proyecto presenta rentabilidad y se debe aceptar el mismo.

Si $TIR < r \rightarrow$ Se rechazará el proyecto.

La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida, es por ello que el proyecto no presenta rentabilidad y se debe rechazar el mismo.

La tasa interna de retorno del proyecto (TIR) es la siguiente:

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n i * F_i} \quad (12)$$

$$TIR = 25\%$$

Como la tasa interna de retorno es $25\% > 11,25\%$ entonces desde el punto de vista de este indicador el proyecto es rentable.

- Periodo de recuperación del capital. Se determina que la inversión inicial se recupera en un periodo aproximado de cuatro años.

Tabla 48. Periodo de recuperación de capital

Años	Flujo efectivo	Flujo efectivo acumulado
0	-11721,00	-11721,00
1	-1110,33	-12831,33
2	2344,08	-10487,25
3	5799,12	-4688,13
4	9254,16	4566,03
5	12709,20	17275,23

Fuente: Autores

- Relación de costo /beneficio. Se determina el beneficio económico anual que se espera obtener en la ejecución del proyecto por cada unidad monetaria invertida en el mismo.

Tabla 49. Relación costo/beneficio

Periodo	Ahorro	Gastos	Beneficio/costo
1	\$ 3455,67	\$4566,00	0.75
2	\$ 6910,08	\$4566,00	1.51
3	\$ 10365,12	\$4566,00	2.27
4	\$ 13820,16	\$4566,00	3.03
5	\$ 17275,20	\$4566,00	3.78

Fuente: Autores

La relación beneficio/costo indica cuánto dinero se obtiene por un dólar de inversión, en este proyecto dicha relación en promedio es 2.26, lo cual indica que por dólar invertido se recibe \$1.26 adicionales.

5.3.5 Factibilidad del proyecto. Se fundamenta en tres aspectos que verifican si el proyecto puede ser ejecutado:

- Factibilidad técnica. Los equipos que se necesitan para el desarrollo del proyecto pueden ser adquiridos con facilidad, no necesitan de personal experto para su

instalación y se cuenta con servicios de internet que satisfacen los requerimientos de los equipos.

- **Factibilidad económica.** Los costos en personal son accesibles puesto que se necesita una sola persona para la instalación, control de los equipos, y análisis de resultados, referente a los gastos en el desarrollo del proyecto son relativamente bajos en comparación con la inversión inicial puesto que no se requiere de más personal y todo el proyecto se desarrolla dentro de la ciudad es decir no hay gastos de movilidad.
- **Factibilidad operativa.** El proceso tiene una duración de un año, los equipos tienen la facilidad de que los datos obtenidos puedan ser vistos y analizados desde cualquier parte del mundo sin tener la necesidad de estar presentes en todos los puntos de instalaciones, razón por la cual pueden ser controlados por dos personas, un supervisor que controle que todas las tareas anuales se cumplan de acuerdo al cronograma y una persona encargada de verificar que los equipos tomen datos.

5.3.6 Estrategia de ejecución. La ejecución del proyecto debe cumplirse de acuerdo al siguiente cronograma de actividades:

Tabla 50. Cronograma de ejecución del proyecto

Actividad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Selección de viviendas	√	√	√	√	√
Instalación de equipos	√	√	√	√	√
Monitoreo de consumos eléctricos	√	√	√	√	√
Análisis de puntos altos de consumo eléctrico	√	√	√	√	√
Corrección de puntos altos de consumo eléctrico	√	√	√	√	√

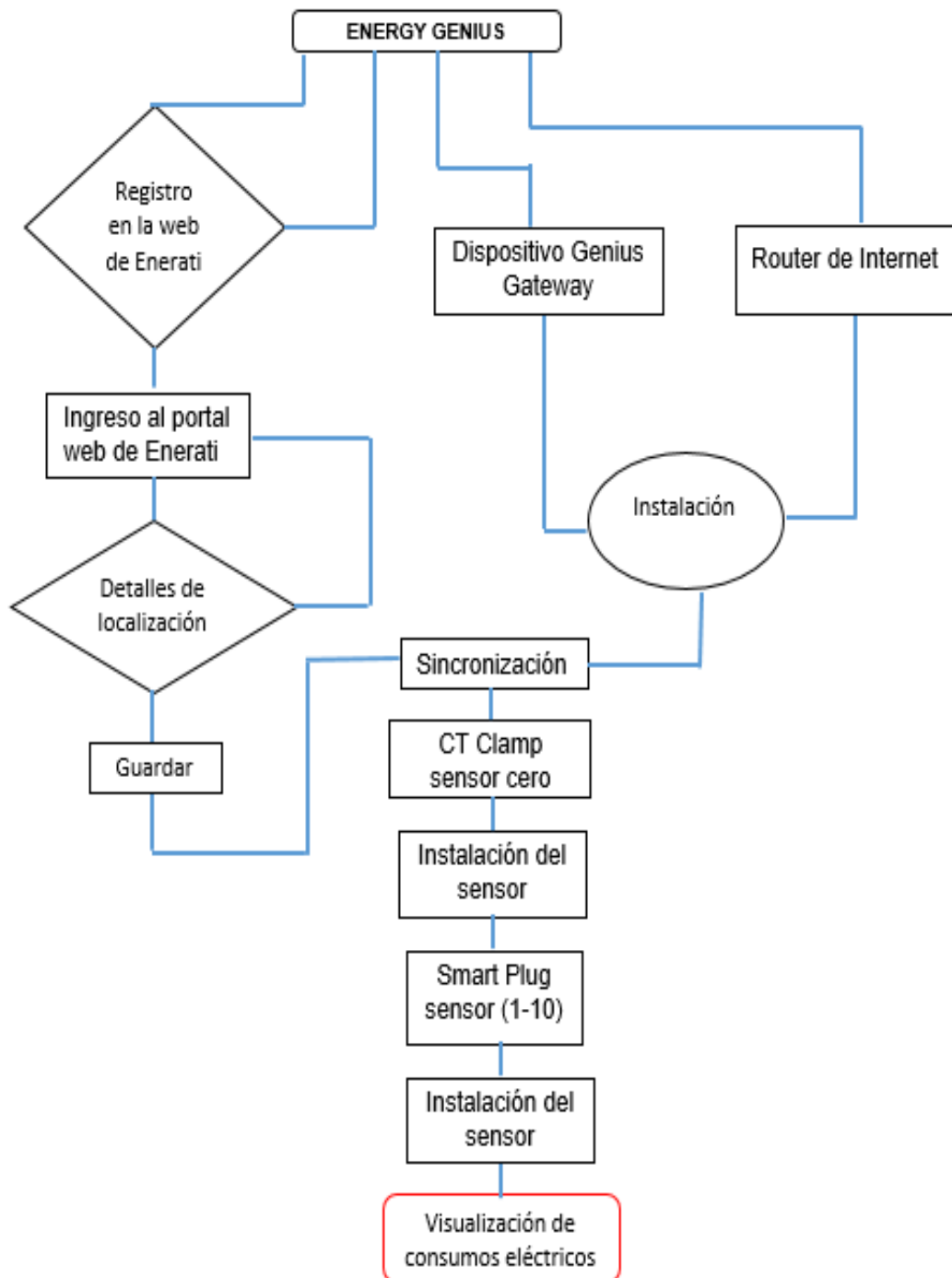
Fuente: Autores

Anualmente se desea realizar el mismo procedimiento en todas las viviendas seleccionadas para monitorizar y analizar los consumos eléctricos de las viviendas proyectadas. El supervisor debe revisar continuamente que se cumpla cada actividad descrita en el cronograma.

CAPITULO VI

6. MANUAL DE INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE MONITORIZACIÓN ENERGY GENIUS

6.1 Flujoograma de instalación



6.2 Powersave energy management

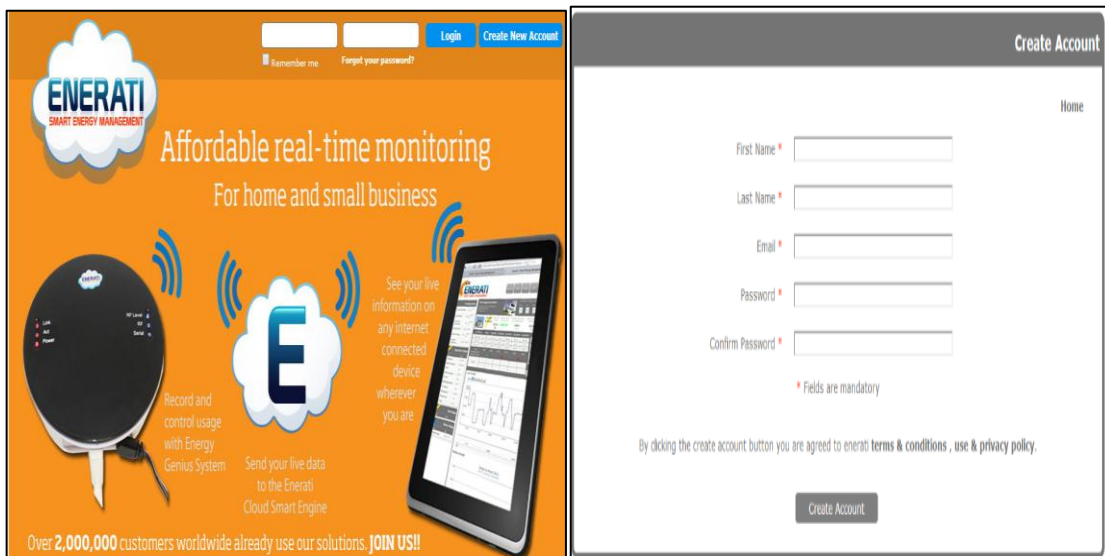
Es una organización que oferta equipos de monitorización y control de consumos eléctricos en hogares y negocios, ubicada en Estados Unidos, la cual cuenta con su página web “www.currentcost.net”, en la que se puede analizar las características de cada uno de los equipos y contactarse con los miembros de la organización para poder adquirirlos, el equipo energy genius trabaja conjuntamente con la web es por ello que es necesario pagar la suscripción de transmisión de datos de consumo eléctrico al portal web de ENERATI para poder observar y controlar los consumos eléctricos en tiempo real de los diferentes artefactos y equipos presentes en la vivienda.

6.3 Registro en la web de ENERATI

Para registrarse en el portal web se debe seguir los siguientes pasos:

- Ingresar en “www.enerati.com” para crear una cuenta completando todos los datos solicitados.

Figura 71. Portal web de ENERATI



Fuente: www.enerati.com

- Una vez creada la cuenta se debe ingresar en la página web de ENERATI para abrir la misma con el nombre de registro y la clave para tener acceso al portal, después de pagar la suscripción se puede configurar algunos parámetros antes de la instalación de los equipos.

Figura 72. Menú principal del portal web de ENERATI



Fuente: <https://www.enerati.com/User/Locations.aspx>

- Se debe configurar la localización donde van a ser instalados los equipos, es decir una dirección dentro de una ciudad completando todos los cuadros que nos muestra el portal.

Figura 73. Configuración de localización del equipo

Fuente: <https://www.enerati.com/User/ConfigurationUpdate>

Uno de los parámetros que tiene mucha importancia es el bridge ID que es el código de sincronización que viene adherido en la parte superior del botón “reset” del gateway, es importante determinar el área exacta en el cual van a estar instalados los equipos para su correcto funcionamiento y finalmente “save” para guardar los cambios, realizado todos estos pasos se puede empezar con la configuración del genius gateway y los sensores.

6.4 Energy genius

Figura 74. Equipo energy genius



Fuente: Autores

Este equipo está diseñado para monitorear, almacenar, controlar y mostrar los datos de consumo eléctrico de los diferentes artefactos presentes en una vivienda, mediante sus equipos complementarios.

6.4.1 Genius gateway

Figura 75. Genius gateway

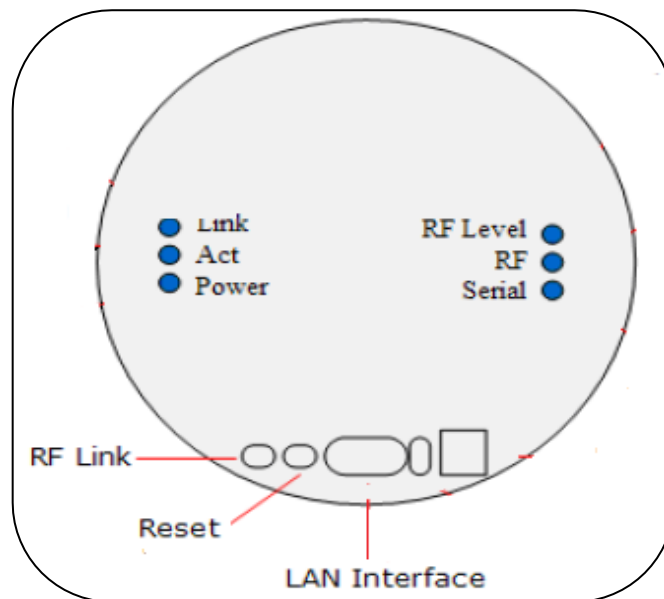


Fuente: Autores

Recibe el consumo de energía eléctrica de equipos y electrodomésticos en tiempo real desde cada uno de los 10 sensores en forma inalámbrica, a su vez el genius gateway enlaza la información emitida por los sensores con la web de ENERATI mediante el router de internet, por lo tanto los usuarios pueden monitorear sus consumos y controlar los sensores activándolos o desactivándolos en tiempo real desde el portal web.

6.4.1.1 Descripción del genius gateway

Figura 76. Descripción del genius gateway



Fuente: Energy genius. User manual. p.2.

Link: Indica que existe conexión a internet

Act: Cuando parpadea indica que hay transmisión de datos

Power: Indica que el genius gateway esta energizado

RF Level: Este indicador se ilumina cuando la señal de RF es fuerte, parpadea cuando la señal es débil y está apagado cuando no hay señal.

RF: Parpadea cuando la comunicación inalámbrica de RF está en proceso.

LAN interface: Este puerto sirve para conectar con el router de internet.

Reset: Este botón sirve para recuperar la configuración de fábrica, es decir borrar todos los datos, este proceso se realiza pulsando el botón durante 5 segundos hasta que los indicadores led de la derecha se enciendan, luego soltar el botón y después de 2 segundos toda la información se borrará.

RF link: Este botón se utiliza para sincronizar los sensores con el genius gateway.

6.4.1.2 Datos técnicos

- Fuente de alimentación: 100-240V AC, 50/60 Hz
- Temperatura de trabajo: 10-50 °C
- Conexión a internet
- Sincronización con 10 sensores

6.4.1.3 Instalación

- Conectar el genius gateway a la fuente de alimentación
- Conectar el cable del router de internet al puerto LAN del gateway

6.4.2 Sincronización de los sensores con el genius gateway

6.4.2.1 Sensor 0 (CT Clamp)

Figura 77. Sensores (CT Clamp)



Fuente: <http://bestpowermeter.com/>

El CT Clamp tiene la función de medir consumo de energía eléctrica en lugares en donde es difícil de acceder a las instalaciones eléctricas, por lo cual posee dos pinzas y para medir el consumo basta con tomar el un cable con una pinza, cuando se trata de 110V o dependiendo del voltaje se debe utilizar las dos pinzas una en cada cable cuando trabaja con 220V, las pinzas deben rodear totalmente los cables ya que si se colocan mal entonces los datos de consumo eléctrico no serán medidos.

Información técnica

- Tamaño del producto: 12cm x 7cm x 3cm
- Duración de la batería : 7 años reemplazable
- Sensibilidad del sensor: 50mA
- Corriente nominal máxima: 200 Amperios
- Utilizar una pinza cuando se trabaja con instalaciones de :120V
- Utilizar dos pinza cuando se trabaja con instalaciones de :240V
- Rango de instalación: 30m

Pasos para sincronizar el sensor “CT Clamp”:

- Retirar la pestaña de plástico transparente de la parte posterior del transmisor como se indica en la Figura 78, una vez retirada empiezan a funcionar las baterías por lo tanto empezará el transmisor a trabajar de inmediato.

Figura 78. CT Clamp



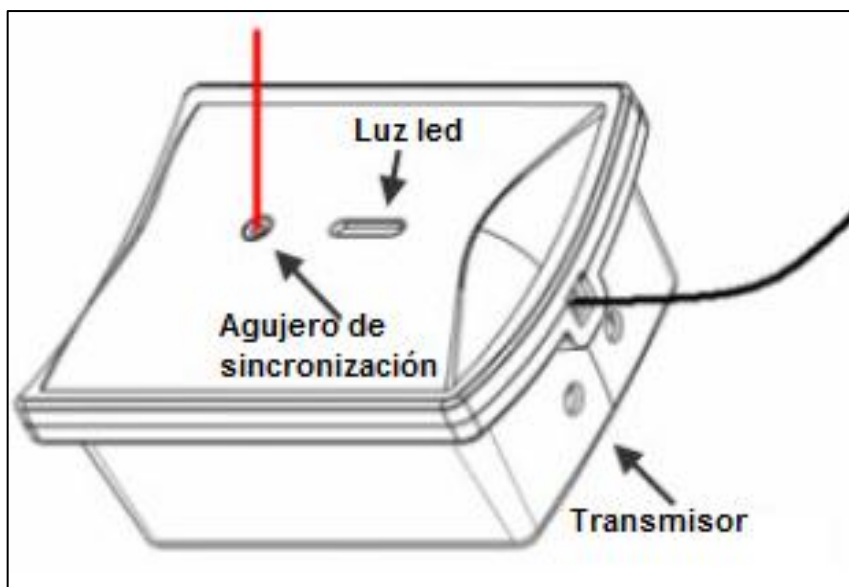
Fuente: Energy genius. User manual. p.3.

- Para sincronizar el sensor debe estar lo más cerca posible del gateway entonces pulsar el botón RF del gateway y mantenerlo en esa posición durante unos 5

segundos hasta que el indicador RF (led) se encienda sin parpadear, entonces el gateway entra en modo de sincronización y comienza a buscar la señal del sensor “CT Clamp”, usar un elemento delgado para presionar en el agujero de sincronización del transmisor como se muestra en la Figura 79 y mantenerlo allí durante unos 3 segundos hasta que la luz led del transmisor parpadea rápidamente, luego soltar el elemento delgado y el transmisor está empezando a sincronizarse con el gateway.

El proceso puede durar hasta 60 segundos. Cuando la sincronización se ha realizado correctamente, el indicador RF (led) del gateway empieza a palpar lo que indica que la sincronización ha terminado.

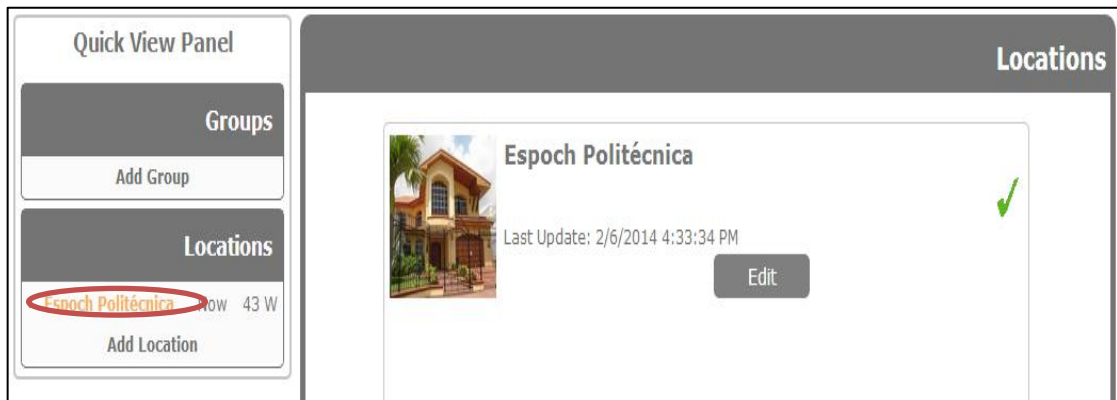
Figura 79. Sincronización CT Clamp



Fuente: Energy genius. User manual. p.3.

- Luego se ingresa en la página web de ENERATI para actualizar los cambios efectuados mediante el botón de sincronización para que el sensor sea reconocido en la web y poder ver los datos de consumo, siguiendo algunos pasos:
- Ingresar en la web de ENERATI y dar clic en el ítem de localización en este caso “ESPOCH Politécnica”, ya que es el nombre de usuario creado para la monitorización de la vivienda modelo.

Figura 80. Configuración del portal web



Fuente: <https://www.enerati.com/User/Locations.aspx>

- Clic en “add or edit sensors”, para añadir el sensor

Figura 81. Configuración para añadir los sensores

Unit	Cost	Today	Yesterday	This Week	Last Week	This Month	Last Month	Usage Comparison
Usage (kWh)		.08	.00	9.41	40.77	17.73	156.86	Today vs. Yesterday 0%
High (kW)		.05	.00	8.43	9.78	9.23	12.86	This Week vs. Last Week 23%
Base Line (W)		31		31	31	31	31	This Month vs. Last Month 11%
Trend		38	0	167	262	245	273	
Average daily(W) usage per minute				0%	-38%	-10%		
Budget (kWh)								Projected Monthly Cost ≈0.09/Square Meter

Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Entonces se actualiza en la opción “synchronize” dando clic

Figura 82. Sincronización de los sensores

#	ID	Name	Sensor Type	Switch	Actions
1	0000A920	Ducha	Smart Plug		
2		REFRIGERADORA	Not Active		
3		BOMBA	Not Active		

Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Todos los sensores al principio muestran “not active” en la columna de tipo de sensor, luego de actualizar se muestran “smart plug” lo que indica que el sensor 0 fue reconocido.
- Los nombres de los equipos pueden ser editados dependiendo del equipo en el cual está instalado el sensor y otros datos mediante un clic en “edit”.

Figura 83. Configuración individual de los sensores

Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Llenar de acuerdo al tipo de artefacto, nombre, unidades de requerimiento de datos y el “budget” que es el costo de kWh, así como el registro de datos por día.
- Este sensor debe ser configurado dando clic en la pestaña “configurations”.

Figura 84. Configuración de un sensor

Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Clic en “edit” para configurar

Figura 85. Configuración del sensor de la ducha

The screenshot shows a configuration window titled "Configuration 1". It contains the following fields and controls:

- Configuration Name:** A text input field containing "Ducha".
- Measurement Type:** A dropdown menu set to "Electricity Usage".
- Add Formula:** A text input field containing "Ducha (Sensor 0)". A green "+" icon is circled in red next to this field.
- Adjustment Factor:** A dropdown menu set to "x" and a text input field containing "1.00".
- Budget:** A text input field containing "0" and a dropdown menu set to "kWh".
- Budget Per:** A dropdown menu set to "Day".
- Image:** A placeholder box labeled "Image" with a small icon.
- FileUpload/ChooseImage:** Radio buttons for "FileUpload" (selected) and "ChooseImage". Below them is a button "Seleccionar archivo" and the text "Ningún archivo seleccionado".
- Buttons:** "Change", "Cancel", and "Save".
- Checkbox:** "Make this the Default Configuration" is checked.

Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Llenamos todos los datos tomando en cuenta que el ítem del factor de ajuste es 1, lo que significa que los datos obtenidos multiplicamos por 1 y no se realiza ninguna alteración, y en la ventana de fórmula dar clic en el icono verde “+”.

Figura 86. Generador de fórmula de un sensor

The screenshot shows a "Formula Generator" dialog box. It contains the following elements:

- Title:** "Formula Generator".
- Text:** "Ducha (Sensor 0)".
- Buttons:** A grid of buttons for "Sensor1" through "Sensor9", a "+" button, a "-" button, a "<" button, and a "Clear" button.
- Done Button:** A "Done" button at the bottom, which is circled in red.

Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Como solo el sensor 0 está reconocido es el único que está activado y pulsar en el icono “sensor0” para crear la fórmula lo cual indica que los datos mostrados son únicamente del sensor y clic en “done” para aceptar los cambios.

- Entonces se debe instalar el sensor en el equipo que se necesite saber el consumo de energía eléctrica solamente sujetando con la pinza un cable de alimentación de energía (ver Figura 87), tomando en cuenta que la distancia máxima que debe existir entre el gateway y el “CT Clamp” es de 30m y luego de pocos segundos se observa los datos de consumo.

Figura 87. CT Clamp instalado



Fuente: Autores

6.4.2.2 Sensor inteligente (smart plug)

Figura 88. Descripción del sensor “smart plug”



Fuente: Energy genius. User manual. p.4.

El smart plug es un sensor que detecta los consumos de energía de los electrodomésticos y equipos presentes en una vivienda. También recibe instrucción de

encendido o apagado para controlar consumos innecesarios de energía que el usuario puede observar al monitorear desde el portal de ENERATI.

Datos técnicos:

- Amperaje máximo: 15 Amperios
- Rango de transmisión: 30 metros
- Voltaje: 110V

Para realizar la sincronización primero se conecta el sensor en un tomacorriente lo más cercano posible al gateway, luego se enciende para empezar el procedimiento:

- Pulsar el botón RF del gateway y mantenerlo en esa posición durante unos 5 segundos hasta que el indicador RF (led) se encienda sin parpadear, entonces el gateway entra en modo de sincronización y comienza a buscar la señal del sensor “smart plug”, usar un elemento delgado para presionar en el agujero de sincronización y mantenerlo allí durante unos 6 segundos hasta que la luz (led) del sensor parpadee rápidamente, lo cual indica que está empezando a sincronizarse con el gateway en ese instante dejar de presionar.
- Si la sincronización se realizó correctamente la luz led del sensor deja de parpadear y se queda únicamente encendida y el indicador RF (led) empieza a parpadear.
- Para configurar el sensor dar clic en “locations” y luego en “ESPOCH Politécnica”.

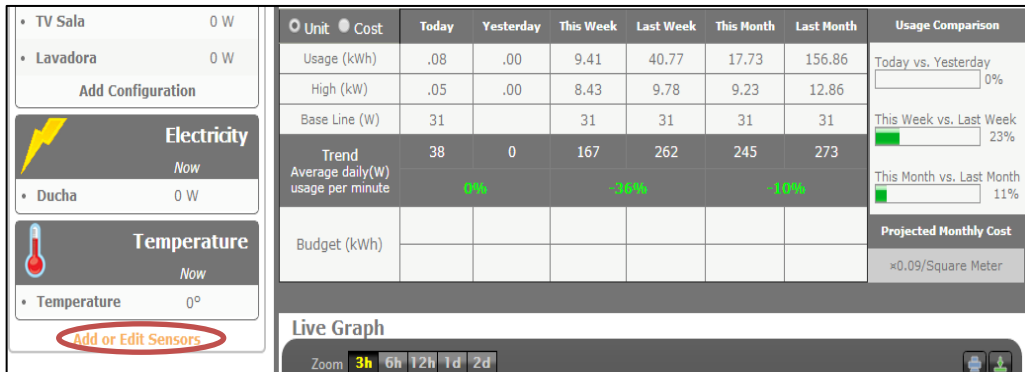
Figura 89. Configuración del sensor “smart plug”



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Clic en “add or edit sensors” para añadir el sensor.

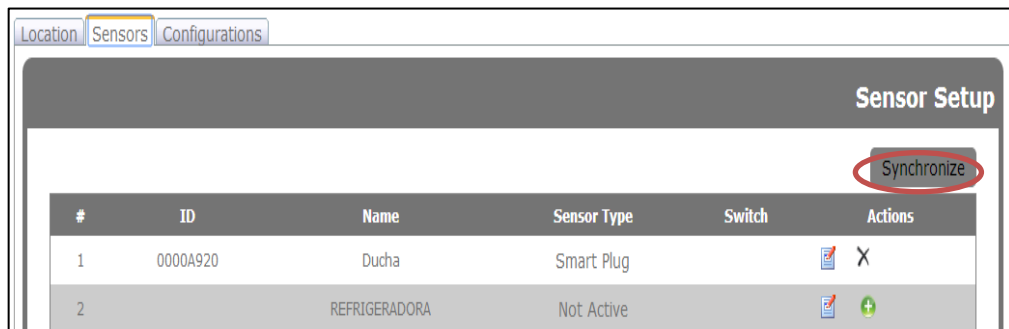
Figura 90. Añadir un sensor “smart plug”



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Para actualizar ingresamos en la pestaña de sensores y dar clic en la opción “synchronize”.

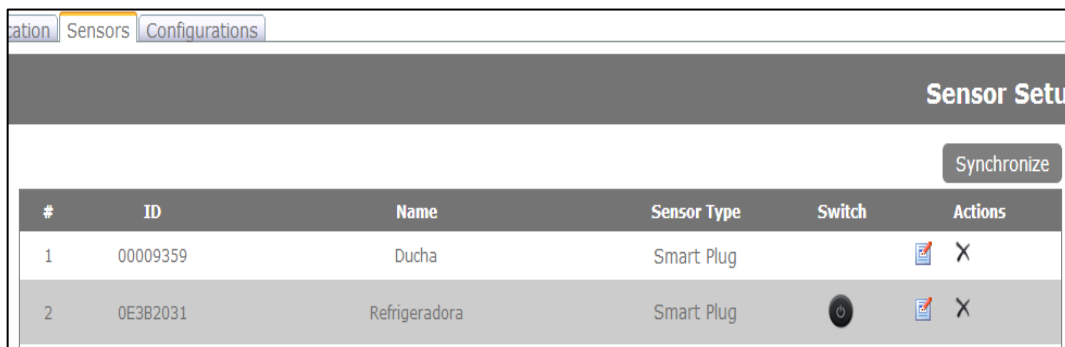
Figura 91. Sincronización del sensor “smart plug”



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Una vez sincronizado el segundo sensor, en la columna de tipo de sensor indicará “smart plug”.

Figura 92. Confirmación del sensor añadido



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Luego se puede editar el nombre del equipo en el cual está instalado el sensor, nombre, unidades de requerimiento de datos y el “budget” es el costo de kWh, así como el registro de datos por día.

Figura 93. Características de un sensor

Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Para configurar el sensor dar clic en la pestaña “configurations”.

Figura 94. Activación de un sensor

#	ID	Name	Sensor Type	Switch	Actions
1	00009359	Ducha	Smart Plug		
2	0E3B2031	Refrigeradora	Smart Plug		

Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

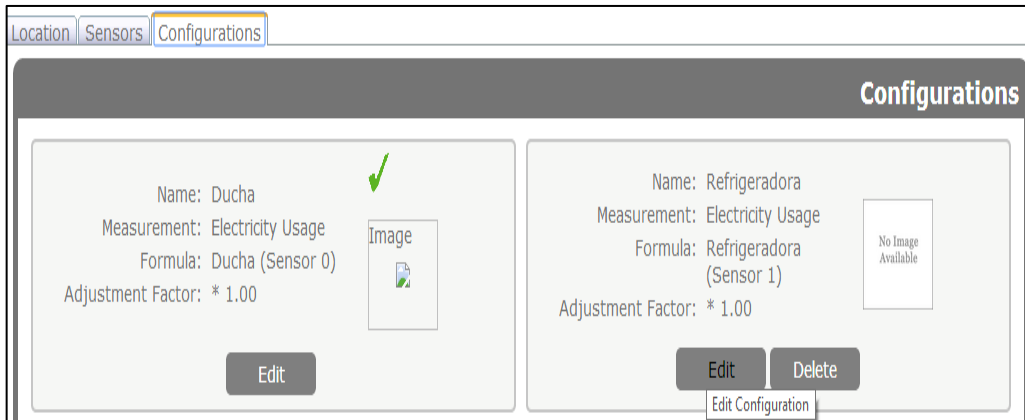
- El siguiente paso es añadir el sensor clic en el icono “add”.

Figura 95. Identificación del sensor “smart plug”

Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Muestra un segundo cuadro para configurar un nuevo sensor.

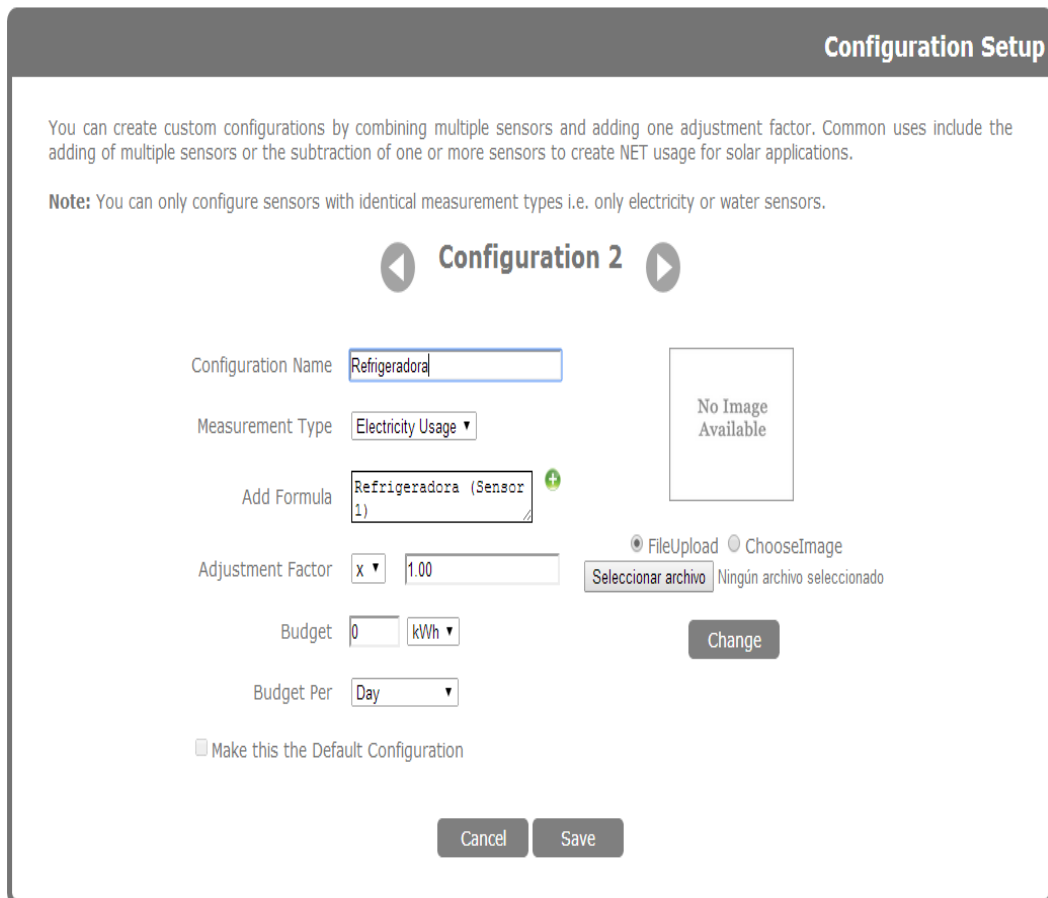
Figura 96. Configuración de un nuevo sensor



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Clic en “edit” para configurar el sensor 1

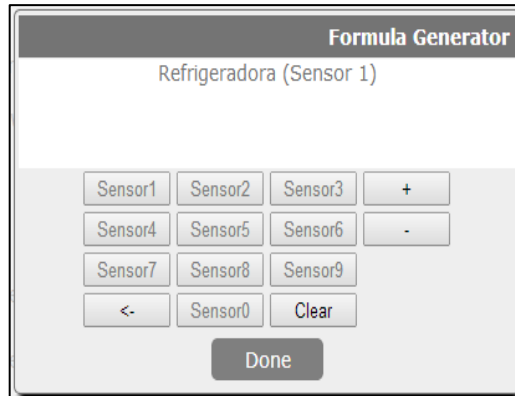
Figura 97. Unidades de medición



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Se llena todos los datos tomando en cuenta que el ítem del factor de ajuste es 1 significa que los datos obtenidos multiplicamos por 1 y no se realiza ninguna alteración, y en fórmula clic en el icono verde “+”.

Figura 98. Fórmula del nuevo sensor añadido



Fuente: <https://www.enerati.com/Electricity/ElectricityConfig.aspx?param1>

- Este sensor es el número 1 y como ya está reconocido, muestra habilitado la opción “sensor1” entonces clic y “done” para guardar los cambios.
- Luego instalar el sensor en el equipo que se necesite saber el consumo de energía eléctrica, conectando el sensor en un tomacorriente y sobre éste el enchufe del artefacto (ver Figura 100), tomando en cuenta que la distancia máxima que debe existir entre el gateway y el “smart plug” es de 30m, luego de pocos segundos podemos observar los datos de consumo.

Figura 100. Instalación del sensor “smart plug”



Fuente: Autores

Para los 8 sensores “smart plug” que el gateway puede sincronizar se debe realizar los mismos procedimientos anteriormente mencionados.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Del estudio energético realizado se pudo obtener un ahorro en el consumo eléctrico en cada electrodoméstico y equipos presentes en la vivienda modelo del sector residencial monitoreada.

Refrigeradora

En este artefacto se generó un ahorro económico de \$0.45 mensual y \$5.45 anual, también se evitó que 33.19Kg de CO₂ sean emitidos al ambiente anualmente mediante el ahorro de 58.56kWh.

Bomba domiciliaria

En este equipo se obtuvo un ahorro económico de \$0.83 mensual y \$9.91 anual, también se evitó que 60.382Kg de CO₂ sean emitidos al ambiente anualmente mediante el ahorro de 106.51kWh.

Equipo de sonido

En este electrodoméstico se generó un ahorro económico de \$0.27 mensual y \$3.24 anual, también se evitó que 19.75Kg de CO₂ sean emitidos al ambiente anualmente mediante el ahorro de 34.84kWh.

Televisores

Cumpliendo con las propuestas de ahorro de energía dadas a los miembros de la familia se obtuvo un ahorro económico de \$1.24 mensual y \$14.87 anual, también se evitó que 90.68Kg de CO₂ sean emitidos al ambiente anualmente mediante el ahorro de 159.96kWh.

Lavadora electrodoméstica

En cuanto a este artefacto se generó un ahorro económico de \$0.19 mensual y \$2.25 anual, también se evitó que 13.70Kg de CO₂ sean emitidos al ambiente anualmente mediante el ahorro de 24.17kWh.

Iluminación

Con la eliminación de los 7 focos se generó un ahorro económico de \$0.02 por mes y \$0.28 anual, también se evitó que 1.71kg de CO₂ sean emitidos al ambiente anualmente mediante el ahorro de 3.024kWh.

El consumo en stand by de todos los artefactos presentes en la vivienda monitoreada mensualmente es de 12.09 kWh teniendo un costo de \$1.12 mensual y anualmente \$13.49 que se evita tan solo desconectando los electrodomésticos o equipos cuando no están en servicio.

Si todas las 126410 viviendas tipos villa de la ciudad de Riobamba desconectarían totalmente sus artefactos cuando no están siendo utilizados evitaríamos el consumo eléctrico en stand by generando un ahorro mensual de \$141579.20 y anualmente \$1705270.9.

En el mes de febrero tiene un consumo eléctrico de 283 kWh y en marzo 251 kWh en la facturación final de la EERSA teniendo una disminución 32kWh entre los dos meses y analíticamente con las gráficas de control se determinó un ahorro de 32.26kWh mediante lo cual se comprueba que con las recomendaciones dadas el ahorro calculado y el de la factura eléctrica casi coinciden con un error del 1% debido a la precisión de los equipos.

El ahorro generado en la vivienda es de \$3.00 mensual y \$36.00 anual que parece poco, pero si este ahorro se lograría generar en todo el sector residencial tipo villa de la ciudad de Riobamba es decir 126410 viviendas representa \$4550327.68 anual.

En la actualidad es muy importante contribuir con el medio ambiente es decir mediante el ahorro generado en una vivienda que es de 387.06 kWh anual se evita que 219.42 kg CO₂ sean emitidos al medio ambiente.

7.2 Recomendaciones

Aplicar con exactitud los consejos de ahorro de energía dados, para poder eliminar los puntos altos de consumo eléctrico en cada vivienda monitorizada en la ejecución del análisis.

Tener en cuenta que el ahorro generado es pequeño pero no insignificante si no el comienzo de generar un gran ahorro económico y crear una cultura de eficiencia energética en todo el sector residencial.

Poner en marcha un proyecto de control de consumos eléctricos finales en todas las viviendas del sector residencial, dirigida y financiada por alguna entidad del estado que esté interesada en el proyecto.

Seguir difundiendo las experiencias obtenidas en el estudio realizado para que también otras familias puedan generar un ahorro tanto en energía eléctrica como económicamente.

Mantener el ahorro generado durante todos los meses siguientes en base a las recomendaciones dadas convirtiéndolas en hábitos generales para todos los miembros de la familia.

Tomar en cuenta que por cada kWh ahorrado contribuimos con el medio ambiente reduciendo las emisiones de CO₂.

Aprovechar la página web creada para el grupo de investigación ACEE, como un medio para publicar artículos que ayuden a mejorar la eficiencia energética y asesorar a la sociedad en cuanto a eficiencia energética.

Revisar que los equipos utilizados para el monitoreo de los consumos eléctricos en el modelo de vivienda tengan conexión continua a internet ya que si existe una interrupción en la conexión entonces los sensores dejan de tomar datos y deben ser sincronizados nuevamente.

BIBLIOGRAFÍA

- BERRÚ, José y GUAMÁN, Angel. 2009.** *Eficiencia energética en iluminación para interiores TESIS.* Loja : Universidad Particular de Loja, 2009.
- CENTROSUR. 2008.** *Proyecto de eficiencia energética en el sector residencial del cantón Cuenca.* 2008.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA. 2007.** *Guía de iluminación eficiente en el hogar.* 2007.
- CONALEC. 2010.** *Boletín estadístico del sector eléctrico ecuatoriano.* 2010.
- INEC. 2010.** Fascículo provincial Chimborazo. Quito : Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010.
- INEN 035. 2008.** Eficiencia energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico. Quito : Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2008.
- INEN 036. 2008.** Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 036; Eficiencia energética en lámparas fluorescentes compactas. Quito : Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2008.
- INEN 077. 2013.** Eficiencia energética de lavadoras electrodomésticas de ropa. Quito : Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013.
- INEN 2495. 2012.** Eficiencia energética en acondicionadores de aire sin ductos. Quito : Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012.
- INEN 2517. 2008.** Uso eficiente de energía en bombas centrífugas de agua potable de uso residencial. Quito : Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2008.
- INEN 2567. 2010.** Eficiencia energética en cocinas de inducción de uso doméstico. Quito : Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010.
- OLADE. 2009.** *Informe de estadísticas energéticas.* 2009.
- PRAT, Bartés, y otros. 1998.** *Control y mejora de la calidad.* España : Ediciones UPC, 1998. 8483012227.
- SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO. 2011.** *Factor de emisión de CO2.* 2011.
- TYLER, Hicks. 1998.** *Manual de cálculos para las ingenierías.* McGRAW-HILL : México, 1998. 970-10-1701-3.
- UNE-EN 12464-1. 2003.** Iluminación para lugares de trabajo. Madrid : AENOR, 2003.
- VEGA, Isaac. 2008.** *Guía para el ahorro energético en el hogar.* 2008.
- WOLFGANG, Lutz. 2010.** *III Seminario de Latinoamérica y del Caribe de eficiencia energética.* Panamá : s.n., 2010.