



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Metodología para evaluar el consumo de agua y
electricidad en el sector residencial empleando alternativas
actuales**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

Mirella Eli Medina Gomez

Asesor(es):
Mgtr. Ing. Carlos Nicolás Quispe Chanampa

Piura, diciembre de 2020



A mis padres, Teresa y Martín, por su guía y soporte en este camino.
A mis hermanos, por ser mi compañía y confidentes incondicionales desde siempre.





Resumen Analítico-informativo

Metodología para evaluar el consumo de agua y electricidad en el sector residencial empleando alternativas actuales

Autor: Medina Gómez, Mirella Eli

Asesor: Mgtr. Ing. Carlos Nicolás Quispe Chanampa

Tesis.

Ingeniero Industrial y de Sistemas Universidad

de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura,

diciembre de 2020

Palabras claves: Sostenibilidad en edificaciones, metodología de cuantificación del consumo eléctrico y de agua, certificaciones, metodologías de ahorro de consumo.

Introducción: La presente tesis de investigación tiene como objetivos principales el desarrollo de metodologías que permitan estimar el consumo de agua y electricidad en residencias, a partir de los aparatos sanitarios y electrodomésticos con los que se cuente en ellas; y, exponer las posibilidades presentes dentro del mercado peruano, de dispositivos más eficientes respecto al nivel de consumo, así como detallar sus principios de funcionamiento y sus principales características. La implementación de estos permitiría contribuir a un desarrollo sostenible.

Metodología: En primer lugar, se expone el desarrollo de las metodologías de cálculo, a partir de las cuales se estima el consumo de los recursos en residencias, y al mismo tiempo, se introducen en estas, las consideraciones necesarias para realizar la correcta cuantificación del ahorro que se obtendría a través de la implementación de alternativas de gestión y dispositivos de alta eficiencia propuestos. Para lo cual, será necesario realizar un proceso de validación de las mismas, de tal manera, que se asegure una correcta estimación de la utilización de los bienes. Para ello, se procede a realizar los casos de estudios en viviendas seleccionadas, para las cuales, se realiza primero una estimación de su consumo con los dispositivos eléctricos y aparatos sanitarios con los que cuentan. Después, se proceden a ejecutar las mejoras de gestión, estimando el porcentaje de ahorro que se obtendría.

Resultados: Se logró obtener dos metodologías desarrolladas en Excel, que permiten cuantificar el consumo de electricidad y de agua en las edificaciones implementadas. Así mismo, en estas se encuentran contemplados los posibles cambios de dispositivos más eficientes y metodologías modernas, de tal manera que el usuario sea capaz de reconocer la disminución del consumo de los recursos mediante su implementación.

Conclusiones: De las alternativas de gestión más eficientes del consumo de agua en edificaciones, la implementación de una planta de tratamiento de agua es la que obtiene mayor porcentaje de ahorro esperado, hasta un 20%. Empero, esto es directamente proporcional al nivel de inversión necesaria para su instalación. Por ello, se presentan otras alternativas de gestión más económicas, que también reducirán el consumo en un 3 a 5 %, como inodoros de consumo reducido, o instalación de sensores en los grifos. Con respecto a las alternativas de gestión eficientes en el cálculo de consumo eléctrico, el reemplazo de refrigeradoras antiguas por una de mayor valoración de eficiencia energética, es la opción que mayor ahorro estimado obtiene. En promedio se calcula una reducción de 15% respecto al consumo total.

Fecha de elaboración del resumen: 08 de diciembre de 2020

Analytical-Informative Summary

Metodología para evaluar el consumo de agua y electricidad en el sector residencial empleando alternativas actuales

Autor: Medina Gómez, Mirella Eli

Asesor: Mgtr. Ing. Carlos Nicolás Quispe Chanampa

Tesis.

Ingeniero Industrial y de Sistemas

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, diciembre de 2020

Keywords: Sustainability in buildings, electricity and water consumption quantification methodology, certifications, consumption saving methodologies.

Introduction: The present research thesis has as main objectives the development of methodologies that allow estimating the consumption of water and electricity in residences, from the sanitary and electrical appliances that are available in them; and, expose the possibilities present within the Peruvian market, of more efficient devices with respect to the level of consumption, as well as detail their operating principles and their main characteristics. The implementation of these would contribute to sustainable development.

Methodology: In the first place, the development of the calculation methodologies is exposed, from which the consumption of resources in residences is estimated, and at the same time, the necessary considerations are introduced in these, to carry out the correct quantification of the savings that It would be obtained through the implementation of management alternatives and high efficiency devices proposed. For which, it will be necessary to carry out a validation process of the same, in such a way that a correct estimate of the use of the goods is ensured. For this, we proceed to carry out case studies in selected dwellings, for which an estimate of their consumption is carried out with the electrical devices and sanitary appliances they have. Afterwards, the management improvements are carried out, estimating the percentage of savings that would be obtained.

Results: It was possible to obtain two methodologies developed in Excel, which allow to quantify the consumption of electricity and water in the buildings that are implemented. Likewise, in these are contemplated the possible changes of more efficient devices and modern methodologies, in such a way that the user is able to recognize the decrease in the consumption of resources through their implementation.

Conclusions: Of the most efficient management alternatives for water consumption in buildings, the implementation of a water treatment plant is the one that obtains the highest percentage of expected savings, up to 20%. However, this is directly proportional to the level of investment required for its installation. For this reason, other more economical management alternatives are presented, which will also reduce consumption by 3 to 5%, such as low consumption toilets, or installation of sensors in the taps. With regard to efficient management alternatives in calculating electricity consumption, the replacement of old refrigerators with one with a higher energy efficiency rating is the option that obtains the highest estimated savings. On average, a reduction of 15% is calculated with respect to total consumption.

Summary date: December 8th, 2020

Prólogo

En la situación actual, la eficiencia en el consumo de recursos como agua y electricidad es un tema de constante preocupación a nivel internacional. Esto es debido a, que la correcta gestión de ambos, traen consigo múltiples beneficios para el medio ambiente como reducción de emisiones de CO₂, el contrarresto del cambio climático y con ello, la obtención de un planeta sostenible en su desarrollo.

Asimismo, se pudo constatar que, a nivel mundial son las edificaciones, uno de los sectores de mayor impacto dentro de la utilización de estos recursos. Tal es su importancia que, en el mundo, existen diversas certificaciones que se entregan a edificios sostenibles, las cuales, aseguran que se ejerce una correcta gestión de materiales y recursos, además de asegurar el confort de los usuarios.

Empero, en este punto es importante detallar que, es más habitual encontrar mejoras en la gestión de grandes edificaciones, como las de rubro industrial o comercial, sin embargo, se ha comprobado que el sector residencial también tiene un impacto significativo sobre el consumo de recursos detallados anteriormente, sobre todo en esta época. A nivel mundial, el sector residencial consume un 42% de la energía eléctrica, de la misma manera, una cifra semejante se presenta en el Perú. Donde, según el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), de la producción de electricidad el 40% va destinado para abastecer a los hogares, lo cual representa 142 TJ anuales. Por otro lado, la población en el Perú consume el 12% de la demanda total de agua, superando incluso al sector industrial y minero. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en el Perú se desperdicia el 37% del agua anualmente.

Por esta razón, se ve la necesidad de promover la búsqueda de la reducción del consumo, mediante alternativas que mejoren la gestión de estos recursos. Además, teniendo en cuenta que

existen en el mercado, peruano e internacional, nuevas tecnologías y metodologías de fácil acceso, que son posibles de implementar con facilidad, se considera imprescindible dar a conocer los niveles de ahorro e impactos probables dentro de las edificaciones que los implementen

En esta oportunidad, presento esta tesis titulada “METODOLOGÍA PARA EVALUAR EL CONSUMO DE AGUA Y ELECTRICIDAD EN EL SECTOR RESIDENCIAL EMPLEANDO ALTERNATIVAS ACTUALES”, trabajo de investigación que aplica los conceptos tecnológicos en torno a eficiencia, y estándares altos de equipos instalados en viviendas.

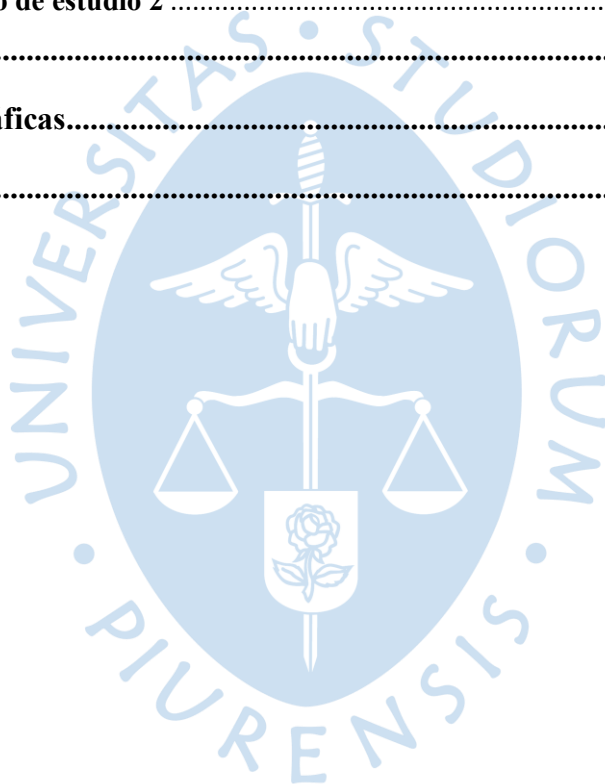


Tabla de contenido

Introducción.....	1
Capítulo 1 Sostenibilidad en edificaciones	3
1.1. Problemas actuales	4
1.1.1. Efecto invernadero	4
1.1.2. Calentamiento global	4
1.2. Desarrollo sostenible	6
1.3. Eco-eficiencia	8
1.4. Edificaciones sostenibles	9
1.4.1. Normativas de gestión ambiental	12
1.4.2. Certificaciones existentes de edificaciones sostenibles	14
1.5. Marco de la investigación	17
1.5.1. Situación hídrica del mundo y del Perú	18
1.5.2. Situación de electricidad del mundo y del Perú	21
Capítulo 2 Cálculo del consumo de agua y electricidad	27
2.1. Metodología para cuantificar el consumo hídrico	27
2.1.1. Método de Hunter	28
2.1.1.1. Alcance del método de Hunter	29
2.1.1.2. Funcionamiento de la metodología	29
2.1.2. Estudio estadístico	39
2.1.2.1. Análisis de regresión	39
2.1.2.2. Pasos del estudio estadístico	40
2.2. Metodología para cuantificar el consumo eléctrico	44
2.2.1. Aparatos eléctricos presentes en edificaciones de tipo residencial.....	45
2.2.2. Cuantificación del tiempo de funcionamiento.....	49
2.2.3. Cuantificación del consumo de energía	51
Capítulo 3 Alternativas para gestión del consumo de agua	53

3.1.	Mejora de dispositivos.....	54
3.1.1.	Uso de sanitarios de alta eficiencia.....	54
3.1.2.	Reemplazo de urinarios convencionales por urinarios secos.....	57
3.1.3.	Dispositivos de grifería moderna	60
3.2.	Metodologías para el reciclaje de agua.....	65
3.2.1.	Planta de recolección de lluvias.....	65
3.2.2.	Planta de tratamiento de aguas grises	67
3.2.3.	Cálculo del ahorro del consumo para metodologías de reciclaje de agua	70
Capítulo 4 Alternativas para gestión del consumo de electricidad.....		75
4.1.	Eficiencia energética en electrodomésticos	76
4.1.1.	Implementación de luminarias LED.....	78
4.1.1.1.	Comparativa entre iluminación convencional y LED	78
4.1.1.2.	Factores a considerar para la implementación de luminarias LED	80
4.1.1.3.	Introducción de luminarias LED en el cálculo	82
4.1.2.	Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos de alta eficiencia	83
4.1.2.1.	Ratios de eficiencia energética.....	84
4.1.2.2.	Implementación de aires acondicionados eficientes en la metodología	85
4.1.3.	Reemplazo de refrigeradoras eficientes.....	87
4.1.3.1.	Tiempo de vida y eficiencia energética en heladeras	87
4.1.3.2.	Cálculo del consumo de refrigeradoras a partir de su eficiencia energética..	89
4.1.4.	Correcta gestión del consumo de termas eléctricas mediante la implementación de sistemas	91
4.1.5.	Implementación de luminarias junto a sensores de movimiento.....	94
4.2.	Uso de energía renovable.....	95
4.2.1.	Implementación de paneles fotovoltaicos	96
4.2.1.1.	Partes de la instalación fotovoltaica.....	98
4.2.1.2.	Implementación de paneles solares en la metodología	100
4.2.2.	Uso de termas solares	103
4.2.2.1.	Tipos de termas solares según principios de funcionamiento.....	105
4.2.2.2.	Implementación de las termas solares en el cálculo	107
Capítulo 5 Validación de las metodologías y cálculo del ahorro estimado en el consumo		109
5.1.	Procedimiento de validación de las metodologías.....	110
5.1.1.	Metodología de consumo de agua	110
5.1.1.1.	Recolección de data para implementación del estudio estadístico	111
5.1.1.2.	Resultado de la aplicación del estudio estadístico.....	112
5.1.1.3.	Definición y comprobación del ajuste del método	115

5.1.2.	Metodología de consumo eléctrico	116
5.1.2.1.	Recolección de data	116
5.1.2.2.	Comprobación de la metodología y resultados del estudio	117
5.1.2.3.	Factor de utilización	119
5.2.	Cálculo del porcentaje de ahorro captado por introducción de alternativas de gestión	124
5.2.1.	Impacto de mejoras de gestión de agua	124
5.2.1.1.	Caso de estudio 1	125
5.2.1.2.	Caso de estudio 2	128
5.2.2.	Impacto de mejoras de gestión de electricidad	131
5.2.2.1.	Caso de estudio 1	132
5.2.2.2.	Caso de estudio 2	137
Conclusiones		143
Referencias bibliográficas.....		147
Apéndices		155





Lista de tablas

Tabla 1. Taxonomía de objetivos de desarrollo sostenible	8
Tabla 2. Reparto de los puntos entre categorías en el método LEED	15
Tabla 3. Proyectos pertenecientes al Fondo Mivivienda.....	17
Tabla 4. Consumo de agua según zonas del planeta	19
Tabla 5. Distribución de la disponibilidad hídrica	20
Tabla 6. Demanda nacional del consumo de agua por sectores	20
Tabla 7. Lista de dispositivos considerados en el método Hunter	31
Tabla 8. Cálculo de unidades de gasto para aparatos en los edificios (uso público).....	32
Tabla 9. Cálculo de unidades de gasto para aparatos en los edificios (uso privado)	33
Tabla 10. Cuantificación de unidades de gasto totales por aparato sanitario.....	34
Tabla 11. Gastos probables para la aplicación del método Hunter	37
Tabla 12. Variables del modelo de predicción	41
Tabla 13. Potencias de aparatos eléctricos de limpieza.....	45
Tabla 14. Potencias de luminarias	45
Tabla 15. Potencias de aparatos eléctricos de cocina.....	46
Tabla 16. Potencias de aparatos eléctricos de ventilación.....	47
Tabla 17. Potencias de aparatos eléctricos de baño.....	47
Tabla 18. Potencias de aparatos eléctricos de diversión	48
Tabla 19. Factores de carga para dispositivos con graduación	50
Tabla 20. Esquema para la cuantificación del consumo eléctrico.....	51
Tabla 21. Introducción de unidades de gasto para grifos con las nuevas tecnologías de ahorro	56
Tabla 22. Precios de inodoros eficientes	57
Tabla 23. Introducción de unidades de gasto para urinarios secos	59

Tabla 24. Precios para urinarios secos	60
Tabla 25. Precios de sensores de grifos.....	62
Tabla 26. Precios de aireadores de grifos.....	63
Tabla 27. Introducción de unidades de gasto para grifos con las nuevas tecnologías de ahorro	64
Tabla 28. Volumen de generación de aguas grises	68
Tabla 29. Cuestionario para la captación de agua de lluvias y recuperación de aguas grises....	71
Tabla 30. Aplicaciones y demanda de agua reciclada en el sector residencial	72
Tabla 31. Comparativa entre luminarias tipo LED y otras presentes en el mercado	79
Tabla 32. Relación entre el color con la temperatura de la luminaria.....	81
Tabla 33. Precios referenciales de bombillas LED en el mercado	82
Tabla 34. Potencia de bombillas de uso frecuente en viviendas	82
Tabla 35. Relación entre valoración de la etiqueta energética y ratios SEER y SCOP	84
Tabla 36. Precios de equipos de aire acondicionado en el mercado	85
Tabla 37. Potencia de refrigeración requerida por área de superficie	86
Tabla 38. Precios de refrigeradoras eficientes en el mercado	89
Tabla 39. Consumo de energía anual de refrigeradoras según etiqueta energética.....	89
Tabla 40. Factores para el impacto de eficiencia energética en el cálculo.....	90
Tabla 41. Estimación de la energía necesaria para calentar agua.....	93
Tabla 42. Precios termas eléctricas eficientes en el mercado.....	93
Tabla 43. Potencial ahorro energético en iluminación con sensores de ocupación	94
Tabla 44. Precios de sensores para luminarias en el mercado.....	95
Tabla 45. Cálculo del ahorro de consumo eléctrico mediante la implementación de paneles solares.....	101
Tabla 46. Precios de Kit solares de conexión a red en el mercado peruano	102
Tabla 47. Precios de paneles solares de conexión a red en el mercado peruano.....	103
Tabla 48. Precios de termas solares en el mercado peruano	107
Tabla 49. Plantilla implementada para el estudio de regresión del método a través de Minitab	111
Tabla 50. P-valor obtenidos del estudio estadístico de regresión.....	112
Tabla 51. Comprobación de la efectividad de la metodología de cálculo para consumo de agua	116

Tabla 52. Comprobación de la efectividad de la metodología de cálculo para consumo de electricidad	117
Tabla 53. Factores de utilización propuestos para dispositivos eléctricos de cocina.....	120
Tabla 54. Factores de utilización propuestos para dispositivos eléctricos de limpieza	121
Tabla 55. Factores de utilización propuestos para dispositivos eléctricos de uso recreativo.	121
Tabla 56. Factores de utilización propuestos para dispositivos eléctricos de ventilación	122
Tabla 57. Factores de utilización propuestos para dispositivos eléctricos de baño	122
Tabla 58. Factores de utilización propuestos para luminarias.....	123
Tabla 59. Recolecta de datos para caso de estudio 1.....	126
Tabla 60. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de una alternativa de gestión	126
Tabla 61. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de dos alternativas de mejora de gestión	127
Tabla 62. Recolecta de datos para caso de estudio 2.....	129
Tabla 63. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de una alternativa de mejora de gestión	130
Tabla 64. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de dos alternativas de mejora de gestión	131
Tabla 65. Recolecta de datos y estimación del consumo eléctrico mensual para caso de estudio 1	132
Tabla 66. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de una alternativa de mejora de gestión	134
Tabla 67. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de dos alternativas de mejora de gestión	135
Tabla 68. Estimación del ahorro obtenido a partir de la implementación de paneles solares	136
Tabla 69. Recolecta de datos y estimación del consumo eléctrico mensual para caso de estudio 2	138
Tabla 70. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de una alternativa de mejora de gestión	140
Tabla 71. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de dos alternativas de mejora de gestión	141

Tabla 72. Estimación del ahorro obtenido a partir de la implementación de paneles solares.

..... 142



Lista de figuras

Figura 1. Emisiones de CO ₂ del sector de edificios	6
Figura 2. Suministro de energía primaria por fuente en el mundo (TPED)	22
Figura 3. Producción de electricidad por fuente en el mundo (TPED)	22
Figura 4. Consumo de electricidad por fuente en el mundo (TPED)	23
Figura 5. Estructura del consumo final de energía por sectores económicos: 2016	24
Figura 6. Estructura del consumo final de energía por fuentes: 2016	24
Figura 7. Matriz energética peruana (TJ): 2016	25
Figura 8. Gráficas para análisis de residuos	42
Figura 9. Esquema de trabajo de inodoros de doble descarga	55
Figura 10. Mecanismo de descarga interrumpible en inodoros	56
Figura 11. Sifón de urinario seco URIMAT	58
Figura 12. Grifo con sensor de presencia	62
Figura 13. Grifo con aireadores de caudal	63
Figura 14. Elementos de captación pluvial	66
Figura 15. Esquema de sistema sin tratamiento de aguas grises	69
Figura 16. Esquema de sistema con tratamiento de aguas grises	69
Figura 17. Elementos referentes a etiqueta energética	77
Figura 18. Consumo energético de luminarias establecido respecto a clases D y E	80
Figura 19. Etiqueta referencial de datos de iluminación de Energy Star	81
Figura 20. Esquema básico de operación de un aire acondicionado	83
Figura 21. Costo asociado a una heladera a lo largo de 10 años	88
Figura 22. Esquema asociado a un SFCR	97
Figura 23. Configuración típica de un sistema fotovoltaico conectado a red	97
Figura 24. Paneles solares según el tipo de célula fotovoltaica	99
Figura 25. Esquema de terma solar con sistema directo pasivo	105

Figura 26. Esquema de terma solar con sistema activo directo	106
Figura 27. Esquema de terma solar con sistema activo indirecto	106
Figura 28. Resumen del modelo brindado por Minitab	113
Figura 29. Gráficas de residuos del Consumo Estimado vs. Consumo Real	114
Figura 30. Gráfica circular del resumen del estudio de consumo eléctrico aplicado a residencias	119



Introducción

En la actualidad, existen ya diversos métodos que se han desarrollado, los cuales, partiendo de la recopilación de información de usuarios, logran estimar el consumo tanto eléctrico como de agua. Sin embargo, estos no contemplan la posibilidad de realizar un cálculo del ahorro que podría generarse a partir de nuevas tecnologías o metodologías instaladas. Para ello, se necesita implementar otras consideraciones, así como conocer a fondo cuales son los dispositivos de agua y electrodomésticos con los que cuenta cada residencia sometida a evaluación.

En primer lugar, se mostrarán conceptos básicos sobre el cambio climático y desarrollo sostenible, además, de cómo las edificaciones sostenibles han ido tomando mayor importancia a nivel internacional y la existencia de certificaciones que las contemplan. Paso seguido, se describirá la situación de consumo hídrico y eléctrico en el Perú, con el fin de dar a conocer el nivel de importancia que ha alcanzado sectores como el residencial. De esta forma, se justifica que implementar cambios en los dispositivos y aparatos que se utilizan en los hogares puede traer reducción en el consumo de estos recursos y un aporte al desarrollo sostenible del mundo.

En el siguiente capítulo, se detallará cual fue el procedimiento utilizado para el desarrollo de los métodos que permitan cuantificar el consumo de agua y electricidad en residencias. Para el de agua, se parte de una metodología ya establecida conocida como el método de Hunter, la cual, basándose en los aparatos sanitarios instalados en una edificación, estima el máximo gasto probable de agua en el que estos dispositivos pueden incurrir. Sin embargo, en este punto, es necesario realizar el ajuste de este consumo máximo encontrado a uno real mediante un estudio estadístico de regresión, para el cual, se ve necesario la inclusión de otra variable de estudio significativa: número de personas que habitan la residencia.

Asimismo, se detalla la metodología utilizada para calcular el consumo eléctrico, para la cual se establece un listado de electrodomésticos y luminarias junto a sus potencias nominales. Paso seguido, para llevar esa potencia nominal a la de consumo real, se realiza un ajuste con ciertas consideraciones especiales por electrodoméstico, tales como superficie o volumen, área de refrigeración, velocidad a la cual se utiliza reflejado en un factor de carga, etc. Finalmente, para el cálculo, se hace uso de los tiempos de uso de los dispositivos brindados por el usuario, de lo contrario, se aplican los factores de utilización propuestos en la metodología, los cuales serán detallados más adelante. Todo ello, con la finalidad de que el consumo sea lo más cercano a lo real posible.

Después, en los siguientes capítulos, se expone cuáles son las alternativas de mejora que se pueden instalar en las residencias para mejorar la gestión de los recursos que se utilizan. Al mismo tiempo, se explicará a detalle el funcionamiento de los métodos y cómo se logran incluir estas mejoras dentro del cálculo del consumo previamente detallado. Para ambos recursos se exponen tanto, dispositivos más eficientes que se pueden implementar, como otras posibilidades de ahorro como reciclaje de agua o la utilización de energías renovables.

Finalmente, se realiza la validación de ambos métodos mediante su aplicación a un grupo de residencias determinadas previamente, y se compara el consumo de agua y electricidad estimado con el real consumido según boletas de luz y agua. Después de haber comprobado el correcto funcionamiento de los métodos desarrollados, a través de la obtención del porcentaje de error esperado mediante la aplicación de estos, se aplican las alternativas de mejora de gestión propuestas para estimar cuál es el porcentaje de ahorro que se puede lograr mediante su implementación.

Capítulo 1

Sostenibilidad en edificaciones

A la luz de la cotidiana preocupación que existe en torno al incremento progresivo de la temperatura media del planeta durante los últimos años, así como las observaciones asociadas a este fenómeno, que se constatan en algunas regiones del planeta más que en otras, es considerable comenzar por definir la terminología referente.

Dentro del marco de la convención de las Naciones Unidas sobre cambio climático (CMNUCC), se define cambio climático como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (Naciones Unidas, 1992).

El clima depende de un gran número de variables que interactúan de manera compleja. En un principio, se entendía al clima como un promedio de alguna variable, hoy se le ve como un estado oscilante mediante la interacción del tiempo, espacio y océanos respecto a los continentes. A pesar de que se entiende las causas astronómicas que hacen variar al clima, existen factores que pueden originar fluctuaciones en el clima que estamos lejos de explicar, grandes y de manera imprecisa. Es por ello que, fue hasta en 1955 un grupo de científicos del panel intergubernamental sobre cambio climático concluyó que “el balance de las evidencias sugiere que hay una influencia humana discernible en el clima global” (Fernandez & Martinez, 2004).

Los impactos de un clima anómalo o extremo en diversos sectores de la actividad humana son los que han llevado a los distintos gobiernos a interesarse en el cambio climático y los distintos métodos de mitigación o aniquilación de este. Pero para determinar acciones a nivel global, regional o local, primero se deben entender su alcance y limitaciones.

1.1. Problemas actuales

A continuación, se procede a exponer los principales problemas dados a partir del desarrollo de la actividad humana, así como todo lo que ello representa para el medio ambiente.

1.1.1. Efecto invernadero

El efecto invernadero es un mecanismo natural mediante el cual la tierra se calienta. Dado que, esta recibe radiaciones que no pueden ser totalmente absorbidas debido a los gases que la componen.

Los gases del efecto invernadero, son aquellos que, debido a su estructura molecular y tiempo de residencia en la atmósfera, antes de transformarse en otro compuesto, tienen la capacidad de atrapar la radiación infrarroja que emite la tierra y transferirla, en forma de calor, al resto de los gases. Aquellos que tienen buena capacidad de absorber la radiación solar son importantes para el calentamiento de la atmósfera y para su balance energético. El efecto neto de este fenómeno conocido como efecto invernadero natural, permite que la tierra tenga una temperatura del orden de 33°C. Sin este efecto, la temperatura promedio de la tierra sería muy baja y no sería posible la vida en el planeta.

De la misma manera, algunos gases emitidos por actividades humanas (Gases de Efecto Invernadero - GEI) como dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, halocarbonos y el ozono troposférico, son buenos absorbentes de la radiación infrarroja. El incremento de estos, a través del tiempo, trae consigo un desbalance energético en la atmósfera de la Tierra conocido como forzamiento radiactivo.

1.1.2. Calentamiento global

El término calentamiento global se entiende como el sobrecalentamiento de la Tierra que provoca un desbalance en el sistema natural del medio ambiente, en la que las actividades

humanas constituyen un aporte importante en el incremento de gases de efecto invernadero (Garduño, 2004).

En su mayoría, la opinión científica afirma que gran parte del calentamiento vivenciado en los últimos 100 años, es atribuible a la actividad humana. Las observaciones adjudican al dióxido de carbono como el principal causante del incremento del calor.

Por otro lado, este término es habitualmente utilizado en dos sentidos distintos: fenómeno que muestra un promedio de aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de océanos; y, además, es una teoría, que basada en proyecciones computacionales, predice un aumento de las temperaturas. Sin embargo, es necesario aclarar que calentamiento global y efecto invernadero no son sinónimos. El efecto invernadero adjudicado a la contaminación, puede ser, la causa del calentamiento global observado.

Las emisiones procedentes de los edificios contribuyen en gran medida a este desbalance energético. Según la Agencia Internacional de Energía, el uso de energía final en los edificios aumentó de 2 820 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) en 2010 a alrededor de 3 060 Mtep en 2018. Como resultado las emisiones de los edificios también aumentaron.

Como se puede observar en la Figura 1, las emisiones de CO₂ del sector de edificios incrementaron en el 2018 por segundo año consecutivo, alcanzando su máximo histórico (9.6 GtCO₂). Así mismo, cuando se consideran las emisiones indirectas de la generación de energía, los edificios fueron responsables del 28% de las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía en 2018.

Esto es atribuible a varios factores, incluido el clima extremo que aumentó la demanda de energía para calefacción y refrigeración, que en conjunto representaron una quinta parte del aumento global total de la demanda final de energía en 2018; el uso generalizado de tecnologías menos eficientes en edificios; así como la falta de políticas efectivas y la inversión insuficiente en edificaciones sostenibles (Dulac, 2019).

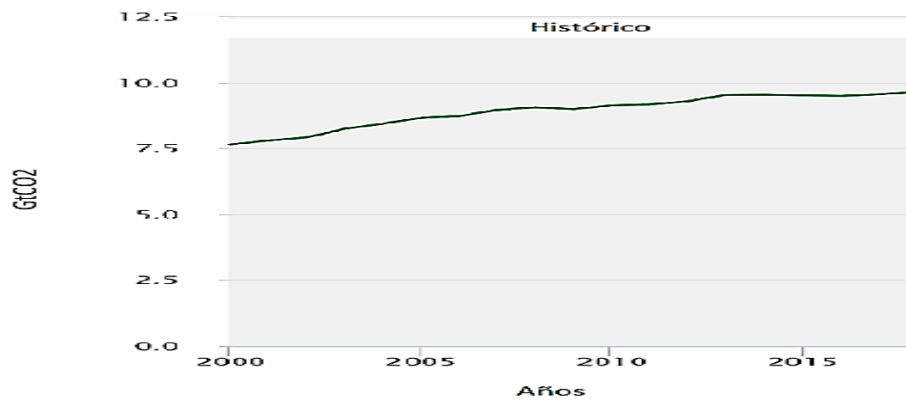


Figura 1. Emisiones de CO2 del sector de edificios

Fuente: Agencia Internacional de Energía (AIE)

1.2. Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible es un término que aparece por primera vez en la publicación del informe de Brundtland (1987). En ese entonces, este ejercía un llamado de atención sobre las consecuencias negativas que el desarrollo económico y la globalización desarrollaban sobre el medio ambiente, tratando a su vez, de encontrar posibles soluciones. En este se establece el concepto de sostenibilidad como la capacidad de hacer sostenible el desarrollo satisfaciendo necesidades del presente sin destruir los recursos necesarios para afrontar el futuro. Esta es explicada en torno a, primero, las necesidades a ser satisfechas a través de una mejor distribución de recursos y oportunidades; y segundo, como limitación al deterioro que causan las actividades humanas (Keeble, 1988).

En el año 2015, la ONU implementó la Agenda de Desarrollo 2030 como un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad. Todo ello con la finalidad de erradicar la pobreza, proteger al ambiente y hacer frente al cambio climático mundial. Para ello, se desarrollaron 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y 169 metas de carácter integrado e indivisible, que poseen alcance mundial y aplicación universal. A continuación, se detallan la lista de objetivos de desarrollo sostenible de la ONU: (ONU, 2015)

1. Poner fin a la pobreza.
2. Poner fin al hambre.
3. Garantizar una vida sana.
4. Garantizar una educación inclusiva.

5. Lograr la igualdad entre los géneros.
6. Garantizar la disponibilidad de agua.
7. Garantizar el acceso a una energía asequible.
8. Promover el crecimiento económico sostenido.
9. Construir infraestructura resiliente.
10. Reducir la desigualdad en y entre los países.
11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos.
12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático.
14. Conservar y utilizar los recursos marinos.
15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres.
16. Promover la paz, justicia e instituciones sólidas.
17. Rehabilitar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

A continuación, en la Tabla 1 se muestra la taxonomía de los objetivos de desarrollo sostenible, con el fin de aclarar ámbitos ambiguos relacionados con estos y resumir las definiciones de sostenibilidad adoptadas.

Caracterizar y medir la sostenibilidad implica tomar decisiones sobre cómo definir y cuantificar lo que se está desarrollando, lo que se está sustentando y para cuánto tiempo. Los objetivos, indicadores de sostenibilidad son derivados de estas elecciones. A su vez, estos indicadores son medidas cualitativas seleccionadas para evaluar el progreso hacia una meta establecida.

La búsqueda de eficiencia energética en edificaciones, sobre todo las de tipo residencial, donde los seres humanos pasan la mayor parte de su vida, logra construir bases para un desarrollo sostenible. Permite el cumplimiento de ciertos objetivos establecidos en párrafos anteriores, tales como, garantizar el acceso a la disponibilidad de agua, el acceso a una energía asequible y adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático. Esto se puede lograr a partir de la eficiencia desde el diseño y construcción de edificaciones, pero también, desde la restauración de estas, con la implementación de nuevas tecnologías, equipamientos más eficientes y utilización de energías renovables. Con la finalidad de obtener edificaciones eco-eficientes y sostenibles con el medio ambiente

Tabla 1. Taxonomía de objetivos de desarrollo sostenible

Lo que debe ser sostenido	Lo que debe ser desarrollado
Naturaleza • Tierra • Biodiversidad • Ecosistemas	Personas • Supervivencia infantil • Expectativa de vida • Educación • Equidad • Igualdad de oportunidades
Apoyo a la vida • Servicios del ecosistema • Recursos • Medio ambiente	Economía • Riquezas • Sectores productivos • Consumos
Comunidad • Culturas • Grupos • Lugares	Sociedad • Instituciones • Capital social • Estados • Regiones

Fuente: "Characterizing and measuring sustainable development" (Kates, 2003).

1.3. Eco-eficiencia

La eco-eficiencia es un concepto que fue ampliamente definido en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, como una propuesta empresarial, por la WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), como la creación de más bienes, servicios y calidad de vida, mientras se reduce progresivamente el uso de recursos, y con ello, los desperdicios y contaminación al medio ambiente (Ehrenfeld, 2005).

Es conveniente aclarar que la eco-eficiencia se mueve en un campo más amplio que el cuidado del medio ambiente o el control de la contaminación, sino también acarrea la sostenibilidad en aspectos diversos. Se puede afirmar que implica principalmente la sinergia entre tres factores social, económico y ambiental.

La Fundación Forum Ambiental de la Agencia Europea del Medio Ambiente ha desarrollado un documento de trabajo donde se expone un análisis para el desarrollo de la eco-eficiencia, que plantea los siguientes principios:

- “Concienciar sobre la necesidad de incorporar criterios de eco-eficiencia en el sistema económico y en la cultura social, con el fin de alcanzar un factor de mejora necesario para asegurar la sostenibilidad y la equidad en el planeta en las próximas décadas.
- Dar a conocer las oportunidades que ofrece la eco-eficiencia para mejorar la posición competitiva de las empresas y el país;
- Destacar qué supone la conciliación de la economía con el medio ambiente, al potenciar la eficiencia en la gestión de recursos de todo tipo en la empresa;
- Debatir la disponibilidad de instrumentos y los mecanismos financieros necesarios para su implantación;
- Identificar las lagunas existentes para avanzar y hacerla viable; y
- Documentar iniciativas y experiencias significativas que se han realizado en este campo destacando sus contribuciones económicas y ambientales.” (Leal, 2005)

Del mismo modo, el Forum plantea que diversas entidades están desarrollando indicadores de eco-eficiencia, de distintos ámbitos y alcance, con la finalidad de cuantificar distintos aspectos en torno a este y poder ejecutar comparativas con respecto a otras entidades.

En el sector residencial, el diseño y la construcción, así como la implementación de tecnologías eco-eficientes pueden generar beneficios económicos, ambientales y sociales. De la misma forma, como resultado de la gestión adecuada de recursos y la concientización del impacto de la construcción en el medioambiente, se logra reducir los niveles de uso de la energía y agua, generando así, menos CO₂ a través de su operación y evitando la producción de gases de efecto invernadero (GEI).

1.4. Edificaciones sostenibles

La edificación sostenible se puede definir como aquella que, teniendo especial respeto y compromiso por el medio ambiente, busca el uso eficiente de energía y agua, así como la utilización de recursos materiales no perjudiciales con el medio ambiente para mitigar sus impactos.

Actualmente existen herramientas, como el análisis del ciclo de vida de la construcción (ACV), que permiten identificar y evaluar el impacto de las actividades productivas y plantear alternativas para buscar mitigar ese impacto. El ACV puede verse como una herramienta para obtener información objetiva o como una manera de afrontar la interacción entre sistemas tecnológicos y medio ambiente, tomando así decisiones correctas para una determinada situación. De esta forma, el ACV puede ayudar a disminuir el impacto ambiental de la construcción, mediante la identificación y el establecimiento de caminos y estrategias tendentes a mejorar el medio ambiente y, de la misma manera, evolucionar hacia un hábitat sostenible (Fullana & Piug, 1997).

Analizar el impacto, que puede generar la construcción de un edificio, es de vital importancia para que este sea sostenible en el tiempo y su posterior renovación sea mínima. A continuación, se presentan un conjunto de estrategias que persiguen incrementar la sostenibilidad y eco-eficiencia de la construcción y las edificaciones (Acosta, 2002):

1. Reducción del consumo de recursos, la cual exige intentar cerrar el ciclo de los materiales a través de un mayor uso de recursos renovables, y de reciclar o, mejor aún, reutilizar todos los desechos; implica asimismo reducir el consumo de materiales y el peso por metro cuadrado de las edificaciones.
2. Eficiencia y racionalidad energética, busca por su parte disminuir el consumo durante todo el ciclo de vida de las construcciones, muy especialmente durante su uso, aspecto que puede estar directamente en manos de los proyectistas aplicando soluciones pasivas de acondicionamiento ambiental.
3. Reducción de la contaminación y toxicidad, impacto que puede ser previsto desde el proyecto, reduciendo o eliminando emisiones desde su origen o, si no queda más remedio, una vez generadas.
4. Construir bien desde el inicio, para una larga vida útil, con calidad y durabilidad, previendo la transformabilidad y progresividad de las edificaciones.
5. Cero desperdicios, es un ideal a alcanzar en la búsqueda de reducir a su mínima expresión los residuos que se generan en el ciclo de vida de la construcción.
6. Producción local y flexible como fórmula para estimular la producción versátil, masiva, a través de múltiples operaciones de pequeña escala que aprovechen los recursos locales con el consecuente ahorro de energía y materiales.

“Los edificios sostenibles pueden alcanzar un ahorro de hasta 15% en el uso de energía durante el proyecto o construcción de la obra. Ya en operaciones, se puede llegar hasta un 40% de ahorro en energía comparado con otro edificio habitual. Y en agua, se puede ahorrar hasta un 35% en operación” (Ruiz, 2017).

Actualmente, existe una gran tendencia en el desarrollo de edificios sostenibles, como medida para contrarrestar el cambio climático. Son muchas las edificaciones que, a nivel mundial, buscan la eficiencia en uso de recursos como energía y agua, utilizan energías renovables, así como tecnologías de última generación. Sin embargo, dentro del sector residencial todavía existen mucho trabajo por realizar. A continuación, se presentan algunos de estos casos:

- Biocasa 82 (Véneto, Italia): primera vivienda en Europa en recibir el prestigioso certificado LEED (Líder en Eficiencia Energética y Diseño Sostenible), sistema mundial que evalúa la sostenibilidad residencial, en su categoría Platinum. Esta cuenta con una instalación fotovoltaica que produce 14 kWp de electricidad y un sistema geotérmico vertical que proporciona calor, agua caliente sanitaria y refrigera las estancias, haciendo que su consumo energético sea inferior a 25 kW/m² al año. Además, se recupera el 100% del agua de lluvia (para uso interno como grifos, WC, lavadora y para riego del jardín) y todas las luces son LED de última generación.
- Slip House (Londres, Reino Unido): esta casa fue desarrollada por Carl Turner en una zona industrial abandonada de Reino Unido, esta dispone de un depósito de recogida de aguas pluviales, paneles solares, ventilación mecánica, triple acristalamiento y un alto nivel de aislamiento; por todo ello el cálculo es que Slip House ahorra una emisión de casi 1.2 toneladas de CO₂ anuales.
- Tighthouse (Nueva York, EE. UU): esta fue la primera casa en obtener un certificado ambiental en la ciudad de Nueva York, en un barrio donde los edificios tienen más de 100 años de antigüedad. Esta casa fue modificada en su diseño para lograr su eficiencia. La tecnología sostenible instalada incluye colectores solares térmicos para las necesidades de agua caliente y paneles solares fotovoltaicos, que reducen los requisitos de electricidad. También, posee un sistema de ventilación de recuperación de calor altamente eficiente (HRV) que siempre funciona para proporcionar aire fresco suficiente.

Conseguir alinearse a las tendencias actuales del sector de edificaciones, tanto en la construcción, así como en la restauración de edificios para que sean eco-eficientes, trae consigo múltiples beneficios para el medio ambiente. El uso eficiente de recursos como energía y agua, la reducción de emisiones de CO₂ y su correcta disposición, son herramientas claves que el día de hoy permiten contrarrestar el cambio climático y obtener un planeta más sostenible en su desarrollo.

1.4.1. Normativas de gestión ambiental

Un sistema de gestión ambiental es un método de trabajo que sigue una organización con la finalidad de definir y mantener un determinado comportamiento medioambiental. Los cuales, tienen como objeto facilitar el cumplimiento de la normativa ambiental y controlar impactos ambientales de las actividades. Para lograrlo, se deberá visualizar a la organización como un todo.

Las normativas de gestión ambiental describen los elementos que se desean implantar en una organización, las interrelaciones que busca que estos establezcan, así como los resultados deseables a lo largo del tiempo. A continuación, se detallarán las diferentes normas de Gestión ambiental existentes en el mundo (Granero & Ferrando, 2009):

- ISO 14001: 2004. Sistemas de Gestión Ambiental y requisitos con orientación para su uso. Esta es una norma a través de la cual las empresas consiguen ser certificadas, por un organismo independiente, por el cumplimiento de requisitos en ella contenidos. En esta se encuentran detalles relativos a buenas prácticas de gestión ambiental aceptadas a escala internacional, así como directrices de cómo las organizaciones deberán diseñar, implementar y dirigir su sistema de gestión.
- Reglamento Europeo de Eco-gestión y Eco-auditoría (EMAS): La función principal de este reglamento es lograr que todas las organizaciones, tanto industriales como no industriales, introduzcan en sus objetivos estratégicos la gestión ambiental. De esta manera, se lograría controlar y reducir los impactos ambientales y difundir la información necesaria al público y otras partes involucradas.
- La norma británica BS 7750: En 1982, el organismo de normalización británico, British Standards Institution, publicó la norma BS 7750 y se convirtió en el primer sistema de administración ambiental certificable. Esta norma fue desarrollada con la intención de que sus requisitos fueran compatibles con la Regulación sobre Eco-Administración y

Auditoría de la Comunidad Europea. La principal base de la Bs 7750 es el requerimiento que aplica sobre las empresas para que estas se vean llamadas a investigar cuales son los efectos ambientales de sus actividades, con el fin de reducirlos. Posteriormente, esta norma serviría como base de desarrollo de otras de carácter nacional e internacional.

- La norma española UNE 77801:94: En 1994, AENOR, el organismo de normalización español, aprobó la norma de gestión ambiental. Esta fue adaptada y traducida de la norma británica BS 7750. Sin embargo, durante su período de vigencia fue reconocida por la comisión europea como contenido equivalente a EMAS.

En Perú, la gestión ambiental se define como un proceso permanente y continuo, que busca administrar los intereses y recursos relacionados con los objetivos de la Política Nacional Ambiental logrando una mejor calidad de vida, el desarrollo de las actividades económicas, el mejoramiento el ambiente urbano y rural, así como la conservación del patrimonio natural del país (SNGA, 2005).

Así mismo, se establece la Norma peruana NTP-ISO 14001-2015 como una adaptación a la norma ISO 14001. En esta norma técnica tiene como fin "proporcionar a las organizaciones un marco de referencia sistemático para proteger el ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, en equilibrio con las sociedades socioeconómicas" (Dirección de Normalización - INACAL, 2015).

Un enfoque sistemático y orientado a la gestión ambiental puede permitirle a la organización obtener resultados a largo plazo mediante:

- a. "Protección del ambiente;
- b. Mitigación del efecto potencial;
- c. Asistencia en el cumplimiento de requisitos legales;
- d. La mejora del desempeño ambiental;
- e. El control o la influencia en la forma en la que la organización diseña;
- f. El logro de beneficios operacionales que pueden ser el resultado de implementar alternativas ambientales respetuosas;
- g. La comunicación de la información ambiental a las partes interesadas" (Dirección de Normalización - INACAL, 2015).

1.4.2. Certificaciones existentes de edificaciones sostenibles

En la actualidad, es un error atribuirle exclusivamente la causa de la contaminación a la industria y al transporte, dado que, una de las principales fuentes de consumo de energía y agua se da en las edificaciones, tanto residenciales como comerciales. Debido a que, son las edificaciones donde pasamos más del 90% de nuestras vidas, es considerable adjudicarles un gran índice porcentual de esta contaminación, ya que consumen una gran medida de recursos naturales (Ramírez, 2002).

Es por ello, que se establece la necesidad prioritaria de realizar certificaciones respecto a edificaciones sostenibles. Estas deben contener los criterios y guías sobre construcción, con la finalidad de evaluar su desempeño, promoviendo prácticas sostenibles en su rubro y agregando valor a proyectos que conlleven a un reconocimiento formal de la organización. Además, de garantizar el confort de los habitantes y generar un menor impacto ambiental.

A continuación, se detallan una serie de certificaciones existentes y representativas en el mundo, que establecen herramientas y guías para el desarrollo de una construcción sostenible:

- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): Es un certificado de amplia aceptación y reconocimiento en todo el mundo que forma parte de los llamados "certificados verdes". El cual, pretende abarcar más allá de factores energéticos, involucrando otros como el confort de los habitantes, los residuos, la calidad del aire y el comportamiento medioambiental. Consta de una metodología de funcionamiento basada en la adquisición de un puntaje en función el cumplimiento de 41 requisitos, ordenados en categorías y créditos con puntuación asociada. (Rey, Velasco, & Rey, 2018). Existen diferentes aplicaciones de la certificación LEED, se detallan a continuación:
 - a. LEED NC, para edificios de nueva construcción.
 - b. LEED EB, para el funcionamiento y mantenimiento de edificios existentes.
 - c. LEED CI, para el uso de interiores comerciales.
 - d. LEED CS, para la envolvente y estructura de los edificios.
 - e. LEED H, de uso en viviendas unifamiliares.
 - f. LEED ND, para nuevos desarrollos urbanos.

A continuación, se presentan en la Tabla 2 el reparto de los puntos de las certificaciones más conocidas de LEED, así como las distintas categorías que se ofrecen en ellas.

Tabla 2. Reparto de los puntos entre categorías en el método LEED

Categoría	LEED-NC	LEED-EB	LEED-CI
Platino	52-69 pts.	64-85 pts.	42-57 pts.
Oro	39-51 pts.	48-63 pts.	32-41 pts.
Plata	33-38 pts.	40-47 pts.	27-31 pts.
Certificado LEED	25-32 pts.	32-39 pts.	21-26 pts.

Fuente: Eficiencia energética de los edificios: certificación energética (Rey, Velasco, & Rey, 2018).

- PassivHaus: también conocidas como casas pasivas fue originada por los profesores Bo Adamson, de la Universidad Sueca de Lund, y Wolfgang Feist, del instituto Alemán de Edificación y Medio Ambiente. Esta certificación es otorgada a edificios cuya demanda energética, para calentar o refrigerar, es tan baja que hace innecesario el uso de un sistema energético tradicional. Para obtenerla se necesita que se cumplan una serie de criterios:
 1. “La demanda de energía para calentar espacios no debe exceder los 15 kWh por metro cuadrado de espacio neto habitable.
 2. La demanda de energía primaria; es decir, la energía total para todos los usos domésticos no debe exceder los 120 kWh por metro cuadrado de construcción al año.
 3. Hermeticidad.
 4. Confort térmico en todas las habitaciones, ya sea en verano o invierno, manteniendo la temperatura en 25°C” (EKPOK, 2015).
- BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology): Se creó en Reino Unido en 1990 y llegó a España en 2010. Es el método de evaluación que certifica la sostenibilidad de los edificios, esta es gestionada por Building Research Establishment, la primera organización orientada a la investigación en el sector de la construcción en el mundo.

Su aplicación se centra en aspectos como la energía, la salud y el bienestar, gestión, transporte, materiales, agua, residuos, contaminación, uso ecológico del suelo, e innovación. El promedio de la evaluación de estos aspectos, otorga una puntuación final que se representa de manera gráfica con hasta 6 estrellas. Según el número de estrellas los proyectos se clasifican en los siguientes grupos: aceptable, aprobado, bien, muy bien, excelente, sobresaliente (Certicalia, 2019).

- CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency): Es un sistema Integral de Evaluación de la Eficiencia Medioambiental de edificios, desarrollado en Japón con el soporte del Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. En sus bases establece que, cuanto mayor sea la calidad ofrecida por la edificación, y menor el impacto sobre el medioambiente, mayor será el valor de BEE (Building Environmental Efficiency) asociado. En función del valor BEE se establecen las siguientes puntuaciones: Clase C (baja puntuación), Clase B-, Clase B+ Clase A, Clase S (excelente).

La certificación más conocida e implementada en Perú es LEED. A fines de 2018, existían 86 proyectos certificados en LEED y 133 proyectos en vías de certificación. De la misma manera, en el mercado peruano se cuenta con tecnología altamente recomendada por esta certificación para su implementación en edificaciones residenciales, la cual, ha ido incrementando su popularidad por la evidencia del ahorro en el consumo de recursos y su eficiencia a través de los años.

Asimismo, a partir del 2016, Perú lanzó el programa denominado Mivivienda Verde, el cual, impulsa y promociona el acceso a viviendas eco-eficientes, que incorporan criterios de sostenibilidad en su diseño y construcción. Todo ello, mediante una serie de incentivos: otorgamiento al bono verde (financiamiento de 3% o 4% de la adquisición del inmueble), bajos intereses (hasta 6.99%) y menos gasto de luz y agua (ahorro de hasta un 30%) (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016). Para ello, las viviendas deben pertenecer a un proyecto certificado, el cual, asegure lo siguiente (Andina Fusión, 2020):

- Hacer uso de luz natural, así como aseguran la implementación de focos Led en las residencias, debido a que estos consumen menos energía.

- Las griferías e inodoros deberán tener implementados dispositivos que aseguren el uso responsable del recurso agua y eviten su desperdicio.
- Implementación de sistema de tratamiento de aguas grises: implica la reutilización de agua de lavamanos y duchas para funciones como regado de jardines, etc.
- Uso de gas natural en termas y calentadores.

A continuación, en la Tabla 3, se exponen algunos de los proyectos que forman parte de este programa, con algunas de sus características referenciales.

Tabla 3. Proyectos pertenecientes al Fondo Mivivienda

Proyecto	Empresa	Ubicación	Área	Precio
Vista Azul	PAZ CENTENARIO S.A.	Av. Costanera N° 25, SAN MIGUEL, LIMA	Desde 40.40m ²	Desde S/184 649.00
Alto Venezuela	IMAGINA GRUPO CONSTRUCTOR	Av. Venezuela N° 5415, SAN MIGUEL, LIMA	Desde 61.00m ²	Desde S/297 000.00
Uptown 2	PORTAL SANTA CLARA (CARAL)	Cl. Puquina N° 100 Sección 1 - 4B Urb. Maranga, SAN MIGUEL, LIMA	Desde 68.78m ²	Desde S/317 376.00

Fuente: Fondo Mivivienda (Fondo Mivivienda, 2020)

1.5. Marco de la investigación

Después de haber definido conceptos de eficiencia y desarrollo de edificaciones sostenibles, así como la importancia que estos han ido tomando a lo largo de los años, a tal punto, que el día de hoy existen certificaciones que premien las buenas tácticas en el diseño, construcción y operación de edificios, es preciso acotar el ámbito de estudio de la presente investigación. Su base se encuentra en la búsqueda de eficiencia en edificaciones, principalmente en el sector residencial, desde el análisis de consumo de agua y electricidad, mediante la implementación de ciertas propuestas que se darán en capítulos siguientes. Ahora, es necesario describir cual es el contexto en el cual se encuentran los presentes recursos, agua

y electricidad, así como su demanda y utilización en distintos sectores, en especial en el residencial.

1.5.1. Situación hídrica del mundo y del Perú

El agua es la base de la vida humana, esto se considera un hecho irrefutable. Sin embargo, el agua es cada vez un bien más escaso, a pesar de ser considerado como recurso que posee un ciclo hidrológico renovable. En la actualidad, el alcance de las actividades humanas, es siempre determinado por la cantidad de agua que disponen. La urbanización, el crecimiento demográfico, el aumento de la producción y el consumo han generado una demanda de agua dulce cada vez mayor.

Es por ello, que se considera un factor de suma importancia, la correcta gestión de este recurso hídrico para una utilización sostenible. De tal manera, que se pueda establecer un control sobre su uso para evitar su escasez en los próximos años, así como la conservación de su calidad, ya que esta se ve constantemente afectada como efecto de diferentes contaminaciones urbanas, agrarias e industriales, que no pueden ser absorbidas de forma natural por el ciclo hidrobiológico (Jimenez Herrero, 1992).

El destino aplicado al agua dulce consumida varía mucho de una región a otra del planeta, incluso dentro de un mismo país. Por regla general, el consumo elevado de agua potable se da en países ricos y, dentro de estos, los consumos urbanos duplican a los consumos rurales. A nivel mundial, se extraen actualmente unos 3.600 km³ de agua dulce para consumo humano, es decir, 1800 litros/hab-día, de los cuales, aproximadamente la mitad no se consume (se evapora, infiltra al suelo o vuelve a algún cauce) y, de la otra mitad, se calcula que el 65% se destina a la agricultura, el 25% a la industria y, solo el 10% a consumo doméstico.

Los ratios de consumo por habitante difieren enormemente entre distintas zonas del planeta, dependiendo principalmente de la disponibilidad del agua y del nivel de desarrollo del país. En la Tabla 4 se aprecia el consumo en diferentes zonas del planeta.

El Perú es un país pluricultural, multilingüe y multiétnico con una gran diversidad en recursos naturales, que ocupa solo el 0.84% de la superficie total del planeta; sin embargo, posee casi el 5% de la dotación de agua dulce superficial del mundo. No obstante, incluso teniendo al Lago Titicaca y al Río Amazonas dentro de su territorio; Perú, junto con Chile, son

unos de los pocos países de Sudamérica listado entre los 50 más pobres en términos de escasez de agua y estrés hídrico a nivel nacional. Este se define como situación en la cual la demanda de agua es más alta que la disponible durante un periodo determinado. El Perú se encuentra en el ranking 43, con un nivel de estrés hídrico de 3.34, clasificando según estándares en un nivel alto de estrés (Luo, Young, & Reig, 2015).

Tabla 4. Consumo de agua según zonas del planeta

Continente	Consumo	
	m ³ /hab.-año	l/hab.-día
América del norte y central	1 874	5 134
Europa	1 290	3 534
Oceanía	887	2 430
Asia	529	1 449
América del sur	485	1 329
África	250	685
Media mundial	657	1 800

Fuente: Anbientum (Anbientum, 2019)

Esto a la vez puede ser adjudicado a dos factores: geológicos y climatológicos; puesto que, la mayoría de los recursos del Perú (97.7%), se encuentran en la cuenca Amazónica, donde hay una menor densidad de la población y la costa solo posee el 1.8% de los recursos hídricos con los cuales debe abastecer al 70 % de la población aproximadamente.

Además, si a esto le sumamos el comportamiento de los consumidores, la falta de concientización entre la población acerca del consumo, el mal manejo de recursos y falta de planificación en estructura por parte del gobierno, entonces, se podría entender la situación actual del Perú, en relación a este recurso.

El Perú tiene una extensión de 1 285 215.60 km², comprendida en tres regiones hidrográficas: Pacífico, Amazonas y Titicaca. A continuación, se muestra en la Tabla 5, la disponibilidad del recurso hídrico, considerando las aguas superficiales y subterráneas:

Tabla 5. Distribución de la disponibilidad hídrica

Región Hidrográfica		Pacífico	Amazonas	Titicaca	Total
Superficie (Km ²)		278 482.44	957 822.52	48 910.64	1 285 215.60
Población	Habitantes	18 620 070	8 680 616	920 078	28 220 764
	Porcentaje (%)	66	31	3	100
Disponibilidad hídrica (Hm ³)	Superficial	35 632	1 719 814	9 877	1 765 323
	Subterránea	2 849	-	-	2 849
	Total	38 481	1 719 814	9 877	1 768 172
	Porcentaje (%)	2.18	97.27	0.56	100

Fuente: Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú- 2009 (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

Asimismo, es necesario analizar la demanda de este recurso según sectores de consumo.

A continuación, según la Tabla 6, el sector poblacional es el segundo de mayor consumo del recurso agua a nivel nacional, después del agrícola, superando al minero e industrial, con una demanda que representa aproximadamente el 12% de la demanda total, guardando similitud con la demanda mundial, que en este sector poblacional representa un 10%.

Tabla 6. Demanda nacional del consumo de agua por sectores

Región hidrográfica	Uso (Hm ³ /año)				
	Poblacional	Agrícola	Minero	Industrial	Total
Pacífico	2 086	14 051	302	1 103	17 542
Amazonas	345	1 946	97	49	2 437
Titicaca	27	61	2	3	93
Total	2 458	16 058	401	1 155	20 072
Porcentaje	12	80	2	6	100

Fuente: Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú- 2009 (Autoridad Nacional del Agua, 2010)

Es por ello, que la correcta gestión y control del agua ejercidos en este sector, podrían traer ahorros significativos y un impacto positivo en la situación hídrica del Perú. Esto representa un gran desafío que se debe asumir.

Ante esta situación es necesario un cambio en las tendencias actuales de consumo según la denominada “nueva cultura del agua”, basada en el ahorro de agua, la optimización de su gestión, el respeto y sensibilización hacia este recurso, su reparto equitativo y la valoración como activo ecológico y social.

La edificación sostenible y eco-eficiente es una alternativa, que de promoverse e implementarse correctamente, podría contribuir a esta búsqueda de ahorro del recurso agua. Las nuevas tecnologías eficientes, energías renovables, y otros medios para la correcta gestión de este recurso, son la base de un desarrollo sostenible y han tomado tanta importancia en las últimas décadas, que se encuentran en la base de la obtención de las principales certificaciones que se otorgan en el sector edificación.

1.5.2. Situación de electricidad del mundo y del Perú

En el mundo actual, la energía juega un papel fundamental. Tanto la industria, los servicios, así como la vida cotidiana giran en torno a un consumo energético. Sin embargo, la energía ha sido un tema de gran preocupación en las últimas décadas, como en la crisis del petróleo en 1973 y la crisis ecológica en 1990. Todo ello, ha llevado al mundo a tomar medidas respecto a su uso y a la diversificación de su generación.

A continuación, se describirá la situación energética actual en el mundo.

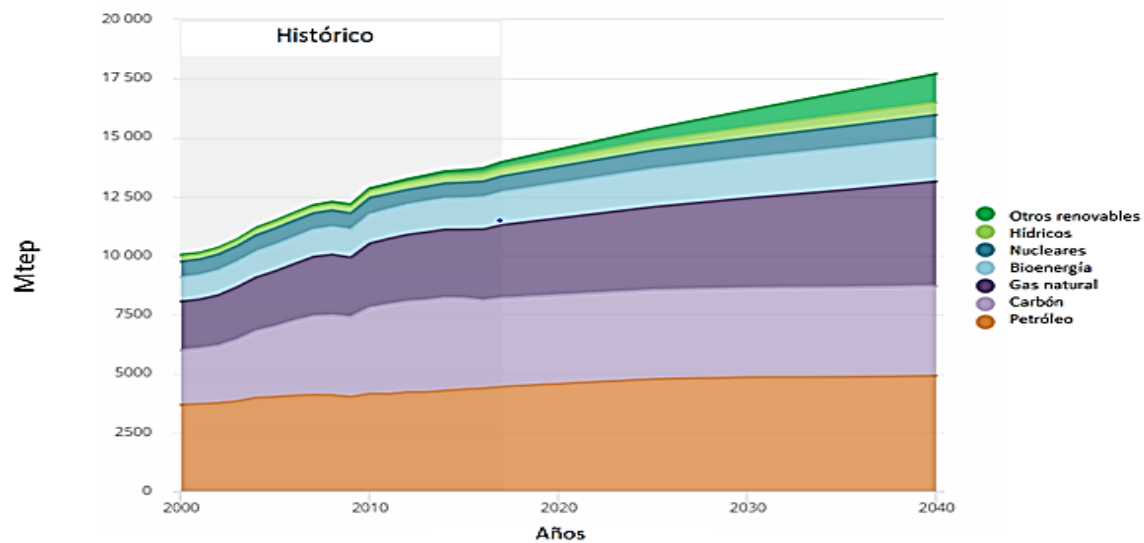


Figura 2. Suministro de energía primaria por fuente en el mundo (TPED)

Fuente: Adaptado de IEA/World Energy Outlook 2018 (IEA/World Energy Outlook, 2019).

Según lo observado en la Figura 2, actualmente las principales fuentes de generación de energía son el petróleo (31.8%) y el carbón (27.1%), y solo un 2.5% se genera a partir de recursos hídricos y 1.8% de energía renovables.

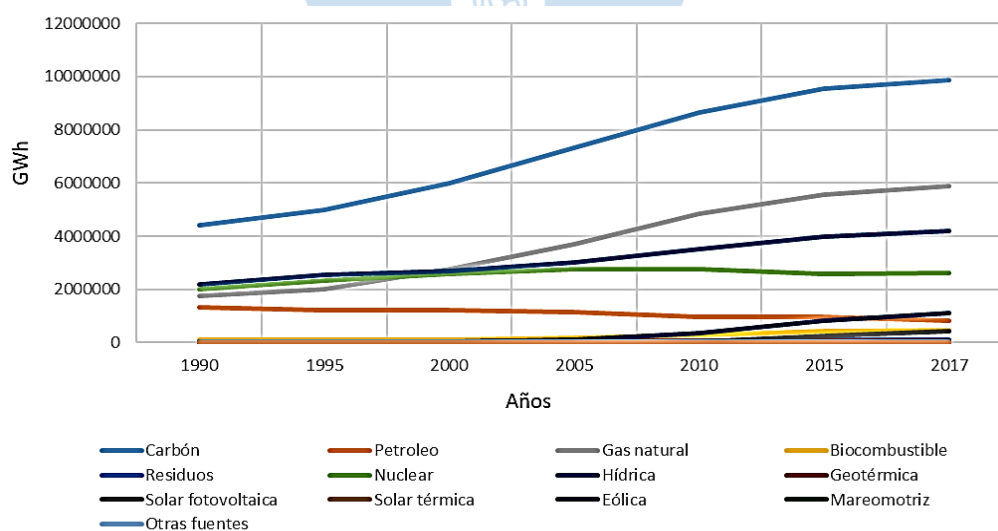


Figura 3. Producción de electricidad por fuente en el mundo (TPED)

Fuente: Adaptado de IEA/World Energy Outlook 2018 (IEA/World Energy Outlook, 2019).

Por otro lado, según la Figura 3, en el año 2017 se tuvo una producción total de 25721078 GWh de electricidad, de las cuales aproximadamente el 38% provino del carbón, el 23% de gas natural y solo un 16% de generación hídrica.

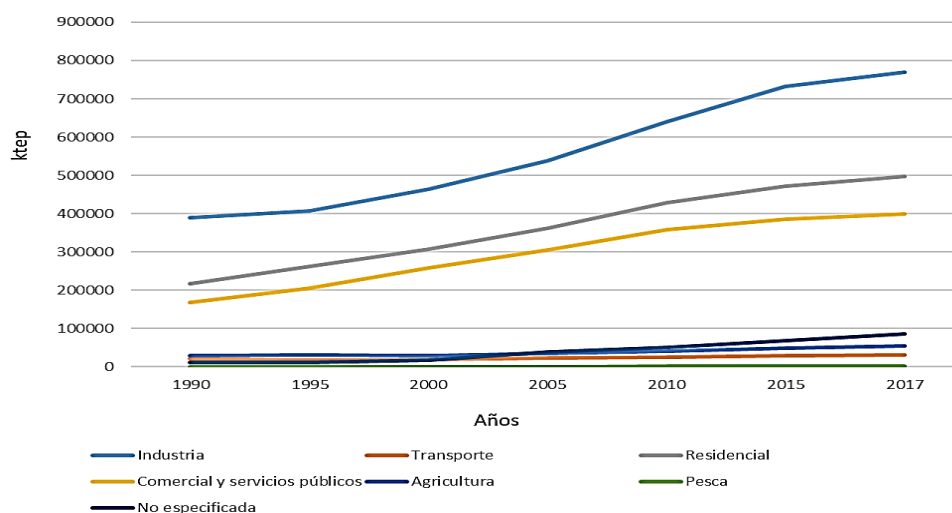


Figura 4. Consumo de electricidad por fuente en el mundo (TPED)

Fuente: Adaptado de IEA/World Energy Outlook 2018 (IEA/World Energy Outlook, 2019).

Asimismo, como se puede observar en la Figura 4, de la electricidad generada en el mundo en el año 2017, un total de 769106 ktep fueron destinados al sector industrial, 496583 ktep al residencial y 398729 ktep al sector comercial y de servicios públicos. Esto representa un consumo de 42%, 27% y 22% respectivamente. De esto se puede concluir que el sector residencial el segundo de mayor consumo de electricidad, después del sector industrial.

En este contexto, es importante analizar el sector energético peruano. Se han cumplido ya 25 años desde la aplicación de la reforma en el Perú para la privatización de empresas distribuidoras, y ello nos conlleva a examinar la situación referente. La metodología utilizada para la elaboración del Balance Nacional de Energía del Perú, se basa en la metodología de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú que se estableció mediante Ley N° 23560.

Las reservas probadas de energía comercial al 31 de diciembre de 2016, fueron aproximadamente 29 393 617 TJ, registrándose un incremento de 7.9% influenciado por el incremento de reservas de gas natural en el año 2016. El incremento se debió principalmente a una mayor producción de gas natural, 7% superior respecto al año anterior. La producción del

petróleo crudo, cuyo posicionamiento en la matriz energética del planeta se encuentra en disminución constante, disminuyó en 30%, influenciado por los bajos precios internacionales de este. Se aprecia un incremento de 1.9% en hidroenergía y 3% en carbón, respectivamente. Así mismo, el consumo de energía eléctrica en el país creció 7.8 % respecto al año anterior (Instituto Nacional de Energía y Minas, 2016)

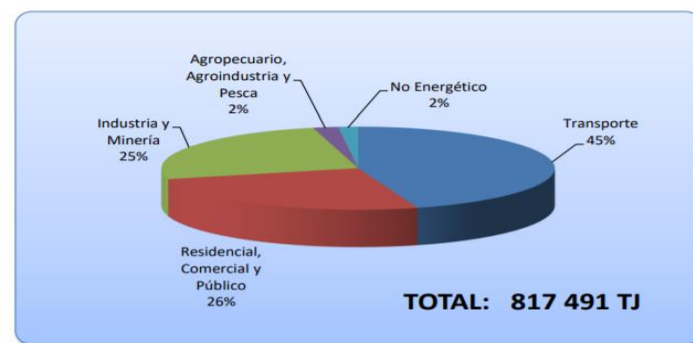


Figura 5. Estructura del consumo final de energía por sectores económicos: 2016

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MINEM), 2016.

Como es posible observar en la Figura 5, el consumo energético en el Perú, para el año 2016, alcanzó un total de 817491 TJ. Si analizamos los sectores de mayor consumo, es posible enfatizar que el sector residencial, comercial y público tiene el segundo mayor, después del sector transporte, con un 26% del consumo total de energía.

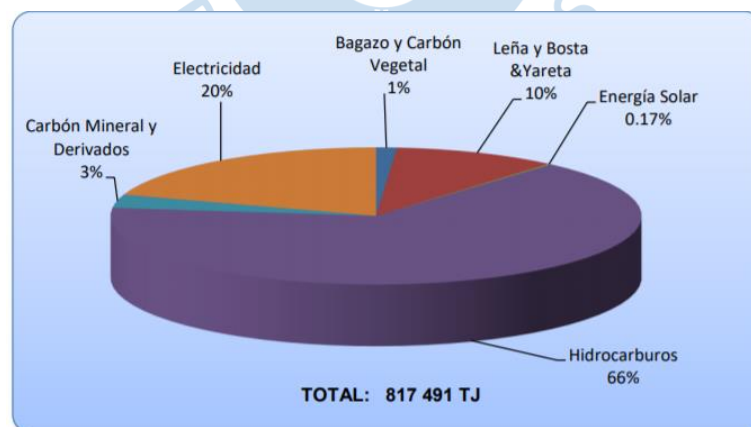


Figura 6. Estructura del consumo final de energía por fuentes: 2016

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MINEM), 2016.

De la misma manera, es importante realizar un análisis en el mismo escenario, teniendo en cuenta el consumo final de energía por fuentes. Como se puede observar en la Figura 6, el 20% de la energía total consumida en el Perú proviene de electricidad. Es por ello, que la intervención en este rubro y la gestión energética resultan determinantes para conseguir un ahorro significativo, sobre todo a través de la generación y consumo eléctrico que ha tenido un auge en la matriz nacional, con un crecimiento de casi 8% en el 2016 respecto al año 2015.

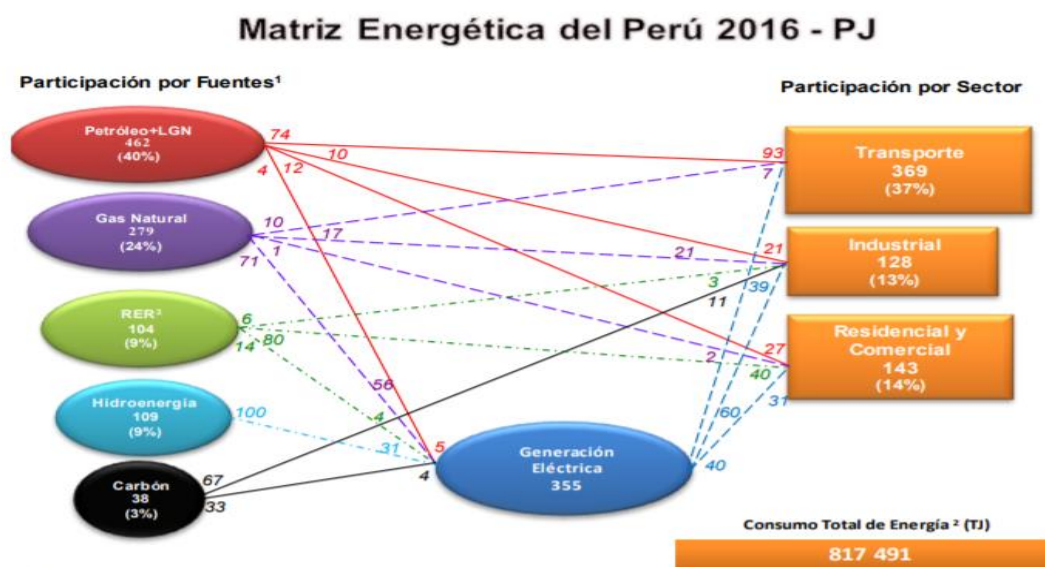


Figura 7. Matriz energética peruana (TJ): 2016

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MINEM), 2016.

De la misma forma, en la Figura 7, se observa que en el Perú se produjeron 355 TJ de energía eléctrica en el 2016. De estos, el 51% provino del gas natural y el 31% de la hidroenergía. Asimismo, un 60% de esta generación eléctrica fue utilizada para abastecer el sector Industrial y un 40% el sector residencial y comercial, lo cual representa 142 TJ.

Por ello, se puede ratificar que, de tener un mejor control y gestión energética en el sector residencial, se podría llegar a un ahorro significativo. Sobre todo, en el consumo de electricidad, teniendo en cuenta que, el sector eléctrico está experimentando su transformación más radical desde su creación hace más de un siglo. La electricidad es el principal combustible de elección en economías que se apoyan en mayor medida en los distintos sectores, servicios y tecnologías digitales (International Energy Agency, 2018).

Es por ello, que concentrar la atención y esfuerzos en sectores importantes, como el residencial podría traer resultados beneficiosos en la reducción de las cifras mostradas. Los edificios, tanto residenciales como de uso público, representan un campo de acción significativo para el análisis y la aplicación de reformas.

Finalmente, nuestro país tiene un gran potencial en el sector energético, gracias a nuestros recursos naturales. Por ello, es de vital importancia buscar la eficiencia y el ahorro en el consumo. Esto es posible mediante el impulso del uso de energías renovables, como la solar o eólica, y la utilización de las nuevas tecnologías que nacen en el mercado mundial, ya que cada vez estas están a una mayor disposición.



Capítulo 2

Cálculo del consumo de agua y electricidad

2.1. Metodología para cuantificar el consumo hídrico

Uno de los objetivos centrales de la presente tesis, es realizar propuestas que permitan una mejor gestión del agua en residencias, como el reemplazo de aparatos y sistemas de reciclaje de agua. Por ello, es de suma importancia poder cuantificar el consumo de este recurso hídrico, antes y después de la implementación. De esta manera, si todo el proceso es evaluado bajo unos mismos estándares de medición, se conocerá el porcentaje de ahorro potencial que las propuestas dadas conllevan.

En la actualidad, existen diversos estudios que permiten cuantificar el consumo promedio del recurso agua que se puede tener en una edificación. Estos se basan en establecer una cantidad de gasto de agua determinado para cada individuo, según sus características como sexo y edad. Sin embargo, a través de ellos no se puede evaluar el objetivo de la tesis, que es cuantificar ahorro a partir del consumo. Por esta razón, se ve la necesidad de llevar a cabo la presente metodología, que defina los parámetros de cuantificación de consumo del recurso hídrico que se utilizarán.

Como punto inicial, se vio necesario hacer uso de un método de cuantificación de consumo hídrico previamente establecido, el método de Hunter. Este es un método basado en la obtención del gasto máximo probable para el diseño de tuberías, el cual se detallará más adelante. La principal razón de su participación en este estudio, es que el método Hunter emplea un término referido como unidades de gasto para cada aparato sanitario. Estas se definen como cantidad probable de agua consumida por un aparato doméstico durante un uso del mismo.

Es en estas unidades de gasto donde se encuentra la posibilidad de cuantificación del consumo hídrico, que nos permitirán realizar la comparación entre el consumo inicial y el consumo después de la aplicación de las propuestas de eficiencia, midiendo el ahorro. De la misma manera, el método de Hunter mide el gasto según la cantidad de dispositivos presentes en la edificación, por lo cual se considera representativo y ajustado a la realidad.

Así mismo, se incurrió en la realización de un estudio estadístico realizado en Minitap, con el objetivo de convertir los gastos máximos probables, obtenidos a partir de la aplicación del método Hunter, en gastos de consumo real. Este estudio se basó en variables como las unidades de gasto previamente establecidas y el número de personas que habitan en cada residencia. De esta manera, se facilitará la cuantificación del consumo en la etapa inicial del proyecto, sin propuestas de mejora de eficiencia de uso del recurso, y en la etapa final del proyecto, con las propuestas ya implementadas.

2.1.1. Método de Hunter

El método de Hunter se realiza a partir de un estudio probabilístico desarrollado por el Dr. Roy B. Hunter y publicado en 1940 por una serie de artículos, cuyo fin fue reunir la información desarrollada por el autor a lo largo de los años. Hunter comenzó su investigación en 1921, enfocándose en plomería dentro de pequeñas viviendas, hasta investigaciones realizadas desde 1937 a 1940.

Su procedimiento se define como el método de gastos probables más utilizado para el cálculo de redes de distribución de agua en edificios. El cual, consiste en asignar factores de carga a los diferentes muebles y aparatos sanitarios a la máxima frecuencia de uso asumida. Para ello, se estima que los muebles son usados de manera intermitente. A la vez, Hunter consideró que el funcionamiento de los principales muebles que integran una instalación sanitaria, puede considerarse como eventos puramente al azar.

Para la realización del método, Hunter definió como unidad de gasto, o también conocida como unidad de mueble, a la cantidad consumida por un lavabo de uso doméstico durante un uso del mismo. Habiendo definido la unidad mueble, determinó su equivalencia para los aparatos sanitarios más usuales y basándose en el cálculo de las probabilidades, obtuvo el tiempo de uso simultaneo de los muebles y de aquí los gastos en función del número de unidades mueble.

Se debe tener en cuenta, que la finalidad de este método se encuentra en el diseño del sistema de distribución de agua de un edificio. El cual se lleva a cabo en dos partes: cálculo del gasto para cada tramo de tubería y la determinación del diámetro de tuberías en dichos tramos.

2.1.1.1. Alcance del método de Hunter

Es preciso acotar en este punto, que el alcance de la aplicación del método Hunter en esta tesis se basa solo en la primera parte de este. La cual consiste en el cálculo de las unidades de gasto basadas según el tipo y cantidad de aparatos sanitarios empleados en una edificación, con la finalidad de cuantificar el consumo y facilitar la determinación del ahorro. Motivo por el cual, no se realizará la determinación del diámetro de tuberías, debido a que esto está fuera del rango de estudio.

Por otro lado, es necesario recalcar que este método considera el uso intermitente de los aparatos sanitarios, es decir, que se interrumpe y prosigue cada cierto tiempo de manera reiterada. Cuanto mayor es el uso de los aparatos, la proporción del uso en simultaneo de los aparatos disminuye.

Además, existe la posibilidad de que el gasto obtenido por este método sobrepase la realidad. Esta probabilidad es mayor cuanto menor es el número de aparatos. Dado que, el desarrollo de este estudio se basa en la cuantificación del consumo en viviendas, donde el número de aparatos tiende a ser menor, se verá necesario realizar un ajuste del método para llevar los gastos excedentes a un consumo más cercano a la realidad. Para ello, se hará uso de un programa de diseño estadístico, conocido como Minitap.

2.1.1.2. Funcionamiento de la metodología

1. Determinar del tipo de edificación

Según este método, existen distintas unidades de gasto según el lugar de estudio sea de uso público o privado (residencias). Es por ello que, como primer paso, se debe definir el tipo de edificación del cual se va a cuantificar el consumo del recurso agua.

2. Establecer la franja horaria de uso de la edificación

En esta etapa, se deberá definir la franja horaria del uso de su edificación. Para esto, se recomienda realizar una diferenciación según el tipo de edificio estudiado:

- Para edificios de uso público, se hace uso de la hora inicial y final, según la utilización de su edificio. En este caso, se divide la semana en tres franjas: de lunes a viernes, sábado y domingo. Puesto que, suelen haber diferencias en su ocupación durante estas franjas.
- Para edificios de uso privado, definidos como residencias, se deberá establecer dentro de qué franja horaria se hace uso de la edificación para establecer la hora inicial y final. Esto puede variar, según las consideraciones de los residentes de la edificación.

3. Cuantificación del número de aparatos sanitarios dentro de la edificación

Según el método Hunter, para estimar el gasto en cada edificación se halla el caudal de diseño de acuerdo al número de aparatos que se tienen instalados. Para ello, es necesario realizar un reconocimiento del lugar al cual se aplicará el estudio, o tener acceso a los planos sanitarios de este, con el fin de cuantificarlos. Los dispositivos que se tienen en cuenta son los establecidos en la Tabla 7.

En esta etapa, se deberá cuantificar el número de dispositivos que se posee en la instalación. Para ello es necesario establecer ciertas diferencias, estableciéndose como; tanque, a aquel dispositivo que cuenta con cisterna para la acumulación de agua, válvula, usa una red de agua a presión superior a la normal, la cual, produce una descarga abundante y de corta duración.

Asimismo, la diferencia entre válvula automática y semiautomática radica en el tipo de conexión que se establece. Pero se distinguen en que, en la primera, si el usuario deja accionado el pulsador, el cilindro realizaría ciclos sucesivamente y no se detendría. En cambio, en una del segundo tipo, si se acciona el pulsador, el cilindro realizará un solo ciclo y se detendrá en su posición inicial.

Tabla 7. Lista de dispositivos considerados en el método Hunter

Lista de dispositivos	Tipo
Inodoro	Con tanque - descarga reducida
Inodoro	Con tanque
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida
Lavatorio	Corriente
Lavadero	-
Ducha	-
Tina	-
Urinario	Con tanque.
Urinario	Con válvula semiautomática y automática
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida
Urinario	Múltiple (por ml)
Aparatos presentes solo en edificios de uso privado	
Bidé	-
Aparatos presentes solo en edificios de uso público	
Lavatorio	Múltiple
Lavadero	Hotel, restaurante
Bebedero	Simple
Bebedero	Múltiple

Fuente: Elaboración propia.

4. Cálculo de las unidades de gasto

El método de Hunter propone unas unidades de gasto adimensionales, definidas para cada aparato sanitario, según sus características de diseño. Para ello, tiene en cuenta el tipo de edificación según su uso. A continuación, se presentan la Tabla 8, que define las unidades de gasto para aparatos en edificaciones de uso público y la Tabla 9, para aparatos en edificaciones de uso privado. Ambas son utilizadas por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), para el cálculo de tuberías en edificios.

Tabla 8. Cálculo de unidades de gasto para aparatos en los edificios (uso público)

Aparato sanitario	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Inodoro	Con tanque - descarga reducida	2.5	2.5	-
Inodoro	Con tanque	5	5	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática.	8	8	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	4	4	-
Lavatorio	Corriente	2	1.5	1.5
Lavatorio	Múltiple	2	1.5	1.5
Lavadero	Hotel restaurante	4	3	3
Lavadero	-	3	2	2
Ducha	-	4	3	3
Tina	-	6	3	3
Urinario	Con tanque	3	3	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática	5	-	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	2.5	2.5	-
Urinario	Múltiple (por ml)	3	3	-
Bebedero	Simple	1	1	-
Bebedero	Múltiple	1	1	-

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2006).

Tabla 9. Cálculo de unidades de gasto para aparatos en los edificios (uso privado)

Aparato sanitario	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Inodoro	Con tanque - descarga reducida	1.5	1.5	-
Inodoro	Con tanque	3	3	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática	6	6	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	3	3	-
Bidé	-	1	0.75	0.75
Lavatorio	Corriente	1	0.75	0.75
Lavadero	-	3	2	2
Ducha	-	2	1.5	1.5
Tina	-	2	1.5	1.5
Urinario	Con tanque	3	3	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática	5	5	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	2.5	2.5	-
Urinario	Múltiple (por ml)	3	3	-

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2006)

Paso seguido, se deberá hacer uso de la Tabla 10, donde se colocará el total de aparatos cuantificados, a los cuales, se les asignará las unidades de gasto establecidas para un aparato

sanitario. Estas se encuentran en las tablas 8 y 9, según la edificación sea de uso público o privado, respectivamente y se extraerán de la columna de unidades de gasto totales. Paso seguido, se deberá multiplicar el total de aparatos por las unidades de gasto para un aparato sanitario, obteniéndose las unidades de gasto total por aparato sanitario, según la siguiente ecuación:

$$UGT \text{ por aparato} = N^{\circ} \text{ aparatos} * UG \text{ por aparato} \quad (1)$$

Donde UGT es unidades de gasto totales y UG, unidades de gasto.

Tabla 10. Cuantificación de unidades de gasto totales por aparato sanitario

Lista de aparatos	Tipo	Tipo Gasto	Total aparatos	Unidades de gasto por 1 aparato	Unidades de gasto total por aparato sanitario
Inodoro	Con tanque - descarga reducida	Tanque			
Inodoro	Con tanque - descarga reducida	Tanque			
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática	Válvula			
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	Válvula			

Fuente: Elaboración propia.

En este punto, se debe realizar la diferenciación del tipo de gasto de cada aparato sanitario. Para lo cual, se define como tipo de gasto tanque a aquel dispositivo que haga uso de un recipiente cerrado de tamaño considerable, que sirva para contener líquidos (en este caso agua); y tipo de gasto válvula, a aquel dispositivo que haga uso de un instrumento de regulación y control del fluido, abriendo y cerrando su paso por el aparato sanitario. Los tipos de gasto de

cada dispositivo, ya se encuentran establecidos en la Tabla 10, para facilitar la aplicación de la presente metodología

Tabla 10. Cuantificación de unidades de gasto totales por aparato sanitario
(continuación)

Lista de aparatos	Tipo	Tipo Gasto	Total aparatos	Unidades de gasto por 1 aparato	Unidades de gasto total por aparato sanitario
Lavatorio	Corriente	Válvula			
Lavadero	-	Válvula			
Ducha	-	Válvula			
Tina	-	Válvula			
Urinario	Con tanque	Tanque			
Urinario	Con válvula semiautomática y automática	Válvula			
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	Válvula			
Urinario	Múltiple (por ml)	Válvula			
APARATOS PRESENTES SOLO EN EDIFICIOS DE USO PRIVADO					
Bidé	-	Válvula			
APARATOS PRESENTES SOLO EN EDIFICIOS DE USO PÚBLICO					
Lavatorio	Múltiple	Válvula			
Lavadero	Hotel/restaurante	Válvula			
Bebedero	Simple	Válvula			
Bebedero	Múltiple	Válvula			

Fuente: Elaboración propia.

5. Cálculo del gasto probable

Tomando como base, lo establecido en el apartado anterior, según el método de Hunter, se deberá realizar la contabilización de las unidades de gasto totales tipo tanque y las unidades de gasto totales tipo válvula. Para ello se sumarán las unidades de gasto totales por aparato sanitario obtenidas en la Tabla 10, teniendo en cuenta el tipo de gasto, tanque y válvula, obteniéndose dos valores, según las ecuaciones 2 y 3.

$$UGT \text{ tanque} = \sum UGT \text{ por aparato } TG \text{ tanque} \quad (2)$$

$$UGT \text{ válvula} = \sum UGT \text{ por aparato de } TG \text{ válvula} \quad (3)$$

Donde “UGT” es unidades de gasto totales y “TG”, tipo de gasto.

A partir de este punto, se recurrirá a la Tabla 11, en la cual se ingresará con las unidades totales de gasto, según el tipo de gasto halladas de la suma. Estas se encuentran definidas en un rango de 3 a 4000 y son diferentes para cada tipo de gasto. Finalmente, se deberá realizar la búsqueda del valor obtenido para extraer el gasto probable. En caso, este no se encuentre explícito en la Tabla 11, se deberá realizar una interpolación entre los dos datos adyacentes, superior e inferior.

De esta forma, se obtendrán dos gastos probables de la Tabla 11, uno de tipo tanque y otro de tipo válvula. Estos se encuentran establecidos en unidades de litros por segundo (l.p.s).

Partiendo de la suma de gasto probable tipo tanque y gasto probable tipo válvula obtenidos de la Tabla 11, se calculará el gasto probable total en l.p.s, según lo observado en la ecuación 4. De manera simultánea, se calcularán las horas totales de uso diario del edificio, restando hora final menos hora inicial, según la ecuación 5.

$$GPT = GP \text{ tanque} + GP \text{ válvula} \quad (4)$$

Dónde “GPT” es gasto probable total y “GP”, gasto probable.

$$HT = Hf - Hi \quad (5)$$

Dónde HT es horas totales; Hf, hora final y Hi, hora inicial de apertura o uso de dispositivos, según lo explicado en la sección 2.1.1.2. Siendo, en el caso de uso público, la hora indicada según el horario del edificio y su variación de acuerdo a los días (lunes – viernes, sábado, domingo). En edificios de uso privado, se puede establecer una franja horaria común para todas las viviendas, como, por ejemplo, de 6am a 12pm.

Tabla 11. Gastos probables para la aplicación del método Hunter

N de unidades	Gasto probable	Gasto probable	N de unidades	Gasto probable	Gasto probable
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
0	0	-	260	2.91	3.79
1	0.04	-	280	3.07	3.94
2	0.08	-	300	3.32	4.12
3	0.12	-	320	3.37	4.24
4	0.16	-	340	3.52	4.35
5	0.23	0.91	380	3.67	4.46
6	0.25	0.94	390	3.83	4.6
7	0.28	0.97	400	3.97	4.72
9	0.32	1.03	420	4.12	4.84
12	0.38	1.12	440	4.27	4.96
14	0.42	1.17	460	4.42	5.08
16	0.46	1.22	480	4.57	5.2
18	0.5	1.27	500	4.71	5.31
20	0.54	1.33	550	5.02	5.57
22	0.58	1.37	600	5.34	5.83
24	0.61	1.42	650	5.85	6.09
28	0.71	1.51	700	5.95	6.35
32	0.79	1.59	750	6.2	6.61
34	0.82	1.63	800	6.6	6.84
36	0.85	1.67	850	6.91	7.11
38	0.88	1.7	900	7.22	7.36
40	0.91	1.74	950	7.53	7.61

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2006)

Tabla 11. Gastos probables para la aplicación del método Hunter (continuación)

N de unidades	Gasto probable	Gasto probable	N de unidades	Gasto probable	Gasto probable
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
42	0.95	1.78	1000	7.84	7.85
44	1	1.82	1100	8.27	8.27
46	1.03	1.84	1200	8.7	8.7
48	1.09	1.92	1300	9.15	9.15
50	1.13	1.97	1400	9.56	9.56
55	1.19	2.04	1500	9.9	9.9
60	1.25	2.11	1700	10.85	10.85
65	1.31	2.17	1900	11.71	11.71
70	1.36	2.23	2000	12.14	12.14
75	1.41	2.29	2100	12.57	12.57
80	1.45	2.35	2200	13	13
85	1.5	2.4	2300	13.42	13.42
90	1.56	2.45	2400	13.86	13.86
95	1.62	2.5	2500	14.29	14.29
100	1.67	2.55	2700	15.12	15.12
110	1.75	2.6	2900	15.97	15.97
120	1.83	2.72	3000	16.2	16.2
130	1.91	2.8	3100	16.51	16.51
140	1.98	2.85	3200	17.23	17.23
150	2.06	2.95	3300	17.85	17.85
160	2.14	3.04	3400	18.07	18.07
180	2.29	3.2	3500	18.4	18.4
200	2.45	3.36	3600	18.91	18.91
210	2.53	3.44	3700	19.23	19.23
220	2.6	3.51	3800	19.75	19.75
230	2.65	3.58	3900	20.17	20.17
240	2.75	3.65	4000	20.5	20.5
250	2.84	3.71			

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2006)

Paso seguido, se deberá encontrar el gasto máximo diario que puede tener la edificación con las condiciones establecidas en m^3 , para lo cual se hace uso de la ecuación 6.

$$GMD = HT * GPT * \frac{3600}{1000} \quad (6)$$

Donde “GMD” es gasto máximo diario.

2.1.2. Estudio estadístico

Un análisis estadístico consiste en la utilización de data muestral que permite cuantificar el conjunto. Para realizarlo, se puede utilizar una diversidad de herramientas. Sin embargo, la presente investigación propone el uso de Minitab, que es un programa de computadora muy potente, versátil y de fácil uso, diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas, ofreciendo las herramientas necesarias para el análisis de datos y mejorar la calidad de procesos. Además, esta combina lo amigable de Microsoft Excel con la capacidad de análisis de datos estadísticos.

Entre sus funciones principales se encuentran:

- Capacidad estadística comprensiva completa.
- Análisis de datos exploratorios.
- Cálculos básicos.
- Regresión lineal y no lineal.
- Análisis de la varianza.

2.1.2.1. Análisis de regresión

En el presente caso, se deberá hacer uso del programa Minitab, con la finalidad de realizar un ajuste del método de Hunter, y llevar el consumo máximo probable del recurso agua a uno que se ajuste más a la realidad. Todo esto, con el objetivo de poder cuantificar consumo.

Para ello, se aplicará un análisis de regresión que genera una ecuación para describir la relación estadística entre uno o más predictores y la variable de respuesta y con ello, predecir nuevas observaciones (Minitab, 2019).

Los resultados de la regresión identifican la dirección, el tamaño y la significancia estadística de la relación entre un predictor y una respuesta. Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones (Minitab, 2019):

- Los signos de los coeficientes indican si la relación es directa o inversamente proporcional.
- Mientras se mantienen constantes otros predictores incluidos en el modelo, los coeficientes representan el cambio medio en la respuesta para una unidad de cambio en el predictor.
- El p-valor de cada coeficiente prueba la hipótesis nula de que el coeficiente es igual a cero (sin efecto). Por lo tanto, los valores p bajos indican que el predictor es una adición significativa al modelo. Para lo cual, se define como p-valor, a la probabilidad de que un valor estadístico calculado sea posible dada una hipótesis nula cierta. Este ayuda a diferenciar los resultados que son producto del azar y los estadísticamente significativos.
- A partir de la ecuación se pueden predecir nuevas observaciones, dados los valores predictores especificados.

En este caso se hará uso de una regresión múltiple, puesto que esta es capaz de examinar las relaciones entre una respuesta continua y dos o más predictores.

Si el número de predictores es grande, antes de ajustar un modelo de regresión con todos los predictores, se deberían utilizar las técnicas de selección de modelo paso a paso o de los mejores subconjuntos para excluir los predictores que no estén asociados con las respuestas.

2.1.2.2. Pasos del estudio estadístico

1. Obtención de la data necesaria

Para poder iniciar con el análisis de regresión se deberá de suministrar al programa data necesaria para su aplicación. Para ello, se verá necesario ejecutar la metodología propuesta de Hunter en distintas edificaciones y recopilar otros datos referentes a ellas. A continuación, en la Tabla 12 se muestran las variables que se utilizarán para encontrar el modelo de predicción que ajuste el resultado de la metodología Hunter a la realidad.

Tabla 12. Variables del modelo de predicción

Variables predictoras	Variable respuesta
X ₁ : Gasto máximo probable en litros por segundo (l.p.s)	Y: Consumo real mensual (m ³)
X ₂ : Número de personas que habitan en la edificación	

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de la Tabla 12, se realizará una justificación de la intervención de cada una de las variables y de su significancia en el caso de estudio, al mismo tiempo se definirán los pasos para su obtención:

- Gasto máximo probable (l.p.s): Este expresa el consumo máximo probable de agua que puede tener una edificación a partir de la cantidad de aparatos sanitarios instalados, esta se obtiene como resultado de la aplicación del método de Hunter.
- Número de personas que habitan en la edificación: Se vio necesario establecer esta variable, ya que se considera un factor representativo e influyente en el consumo de agua dentro de residencias.
- Consumo real mensual: esta será la variable respuesta, la cual, a través de un modelo estadístico, establecería una relación entre las dos primeras de tal manera que se cuantifique el consumo mensual de la edificación.

Para definir cuántos datos necesito para poder obtener un modelo confiable, puede utilizar las herramientas que ofrece Minitab. Como la gráfica de residuos, la cual ayuda a examinar la bondad del ajuste de la regresión y ANOVA, determinando si se cumple el supuesto método de mínimos cuadrados ordinarios. El cual, minimiza las distancias verticales entre las respuestas observadas en la toma de datos y las respuestas que da el modelo.

Minitab ofrece cuatro gráficas que permiten analizar los residuos, y determinar si a su vez el modelo producirá estimaciones confiables. Estas se detallan a continuación y se visualizan en la Figura 8 (Minitab, 2019):

- Histograma de residuos: permite determinar si son datos asimétricos o existen dentro de la muestra datos atípicos.

- Gráfica de probabilidad normal de residuos: comprueba el supuesto de que los residuos presentan una distribución normal.
- Residuos vs. Ajustes: comprueba el supuesto de que los residuos tienen una varianza constante.
- Residuos vs. Orden de los datos: asegura que los residuos no estén correlacionados entre sí.

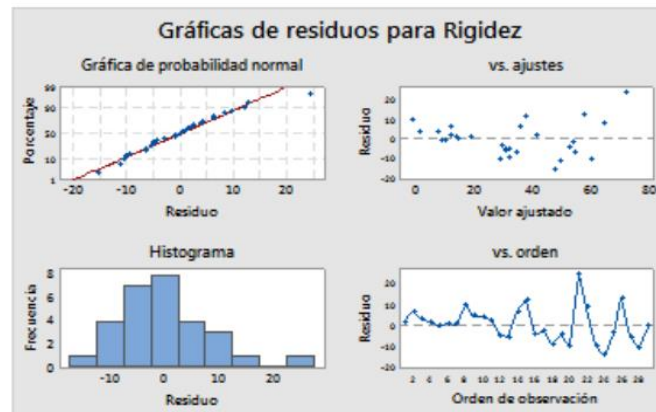


Figura 8. Gráficas para análisis de residuos

Fuente: Soporte de Minitab (Minitab, 2019).

2. Análisis de modelos de regresión:

Como primer paso de esta etapa, se deberá introducir al Minitab la data obtenida para las tres variables, tanto las predictoras como la de respuesta.

Paso seguido, se deberán hacer el análisis de distintos modelos de regresión para poder elegir el que más se ajusta a la data obtenida, y con ello tener el menor porcentaje de error en la predicción de datos futuros. Los modelos a analizar serán los siguientes:

- Modelo de regresión lineal múltiple: este modelo establecerá una ecuación de tipo lineal, para relacionar las variables predictoras con la de respuesta. A partir de los p valor relacionados a cada variable, se podrá decidir si la ecuación establecida es significativa y modela adecuadamente la relación entre las variables. Esto solo ocurre, cuando el p valor

de cada variable predictora (X_1 y X_2) son menores a 0.05. Caso contrario se deberá buscar otro modelo de regresión, que prediga mejor la relación entre variables.

$$Y = a \pm bX_1 \pm cX_2$$

- Modelo de regresión logística ordinal: para su desarrollo se deberá tener en cuenta las variables predictoras X_1 y X_2 , así como la interacción entre ambas $X_1 * X_2$. Para lo cual se establecerá una ecuación de tipo:

$$Y = a \pm bX_1 \pm cX_1 * X_2 \pm dX_2$$

De la misma forma, se deberá evaluar el p valor de cada una de las variables del modelo de regresión para asegurar que sean significativas (p valor < 0.05). De no serlo se irán eliminando una a una, hasta obtener la ecuación de regresión que posea solo variables significativas.

- Modelo de regresión cuadrático: para su desarrollo se deberán tener en consideración las variables X_1^2 , X_2^2 y la interacción $X_1 * X_2$. Para lo cual, se obtendrá una ecuación de tipo:

$$Y = a \pm bX_1^2 \pm cX_1 * X_2 \pm dX_2^2$$

Además, se deberá evaluar también si los p valor del modelo son significativos, de lo contrario se descarta una a una.

- Otro modelo de regresión: por otro lado, se podrá tener en cuenta el modelo de regresión cuyas variables predictoras serían X_1 , X_2 , su interacción $X_1 * X_2$, X_1^2 , X_2^2 .

$$Y = a \pm bX_1 \pm cX_2 \pm dX_1^2 \pm eX_1 * X_2 \pm fX_2^2$$

3. Ingreso de la ecuación de regresión

En este último paso de la metodología, se deberá introducir, en el método de Hunter, el modelo de regresión elegido como el más significativo que predice de mejor manera la relación entre variables, disminuyendo el error. A partir de este, se deberá de encontrar el consumo real

mensual para cada edificación, partiendo de las variables predictoras: número de personas y unidades de gasto.

2.2. Metodología para cuantificar el consumo eléctrico

El segundo objetivo central de la presente investigación, es realizar propuestas que permitan una mejor gestión del consumo eléctrico en residencias, como el reemplazo de aparatos y la utilización de energías renovables. Por ello, es de suma importancia poder cuantificar el consumo de la electricidad, antes de la implementación de las propuestas de mejora y después de estas. De esta manera, podremos conocer la variación en el consumo entre ambas y cuantificar el ahorro potencial que se presentaría en caso de instaurar las mejoras.

La presente metodología se basa en la cuantificación del gasto eléctrico de cada tipo de aparato instalado en una edificación residencial. En la actualidad, existen diversos estudios a partir de los cuales se puede cuantificar el gasto promedio de aparatos eléctricos en edificaciones, los cuales, serán usados como punto de partida para la realización de la presente metodología. Sin embargo, se verá necesario realizar ajustes diversos para que el consumo final reflejado sea lo más cercano posible a la realidad.

Para ello, primero se vio necesario definir la potencia nominal de los aparatos más comunes presentes en edificaciones, según sus tamaños y características básicas, de tal manera que el consumo que se obtenga sea muy cercano al real de cada residencia. En esta etapa, se debió realizar una investigación de las potencias nominales de los artefactos según las marcas presentes en el mercado peruano y trabajar con la potencia encontrada o con un promedio. Asimismo, para ciertos electrodomésticos se verá necesario tener ciertas consideraciones especiales para cuantificar su potencia aproximada, tales como, dimensiones volumétricas o de superficie, áreas de refrigeración, etc.

Como paso siguiente, se deberá realizar un levantamiento de información en cada residencia, de tal manera que se lleguen a conocer cada uno de los artefactos y luminarias de las que hacen uso. De la misma forma, también se necesitará conocer los tiempos promedios de uso diario o semanal de cada uno de ellos. En este punto, también se vio necesario implementar el factor de utilización de electrodomésticos, según la demanda de uso en viviendas unifamiliares, considerada por MINEM.

A partir de la potencia de cada artefacto y su tiempo de uso promedio se encontrará su consumo en kilowatt-hora (kWh), siendo con ello cuantificado su consumo.

2.2.1. Aparatos eléctricos presentes en edificaciones de tipo residencial

A continuación, en las Tablas de 13 a la 18 se detallan las potencias nominales de cada tipo de aparato según el sector en el que se usen.

Tabla 13. Potencias de aparatos eléctricos de limpieza

Lista de artefactos	Tipo	Detalle	Potencia (W)
Aspiradora	-	-	600
Lustradora	-	-	300
Plancha	Eléctrica	-	1000
	A vapor	-	1070
Lavadora	-	A++	350
	-	B	1000
	-	C	1500
	-	D	2850

Fuente: Elaboración propia (Electrocalculator, 2018).

Tabla 14. Potencias de luminarias

Lista de artefactos	Tipo	Detalle	Potencia (W)
Focos	Incandescente		100
	Fluorescente	Tipo tubo	40
		Compacto	15
	Ahorrador	-	20
	Bombilla Led	-	10
	Halógena	-	35

Fuente: Elaboración propia (Osinerg, 2004).

Tabla 15. Potencias de aparatos eléctricos de cocina

Lista de artefactos	Tipo	Detalle	Potencia (W)
Refrigeradora	-	14 pies cúbicos	450
		17 pies cúbicos	500
		21 pies cúbicos	600
Microondas	-	-	1500
Licuada	-	-	350
Batidora	-	-	250
Cafetera	-	-	650
Waflera	-	-	700
Olla arrocera	-	-	500
Parrilla eléctrica	-	-	850
Jarra eléctrica	-	-	1500
Horno eléctrico	-	-	1000
Cocina	Disco sellado	Pequeño	1000
		Mediano	1500
		Grande	1800
	Disco espiral	Pequeño	1200
		Mediano	1800
		Grande	2200
	Vitro cerámica	Pequeño	1200
		Mediano	2200
		Grande	2800
	Plantilla de inducción	4 discos	4500
		2 discos	1800
		1 disco	1500

Fuente: Elaboración propia (CNFL, 2016)

Tabla 16. Potencias de aparatos eléctricos de ventilación

Lista de artefactos	Tipo	Detalle	Potencia (W)
Ventilador	-	Techo, sin lámparas	80
		De pie o torre	50
Aire acondicionado	Área refrigerada (m2)	20	2300
		30	3400
		40	4600
		50	5800
		60	6900

Fuente: Elaboración propia (Negrizo, 2013)

Tabla 17. Potencias de aparatos eléctricos de baño

Lista de artefactos	Tipo	Detalle	Potencia (W)
Secadora de cabello	-	-	1500
Plancha de cabello	-	-	40
Afeitadora	-	-	15
Bomba de agua	Horse Power (HP)	0.5	375
		1	750
		2	1500
		3	2250
		4	3000
		5	3750
Terma eléctrica	Capacidad (L)	50	1200
		80-120	1500
		150	2000
Ducha eléctrica	-	-	4500

Fuente: Elaboración propia (Electrocalculator, 2018).

Tabla 18. Potencias de aparatos eléctricos de diversión

Lista de artefactos	Tipo	Detalle	Potencia (W)
Televisor	-	20 pulgadas (50.8cm)	55
	-	32 pulgadas (81.28cm)	137.5
	-	37 pulgadas (93.98cm)	175
	-	50 pulgadas (127cm)	210.5
	-	70 pulgadas (177.8cm)	310
DVD	-	-	150
Router	-	-	50
Equipo de sonido	-	-	80
Radiograbadora	-	-	30
Impresora	-	-	15
Consolas de videojuegos	NRDC (Sony)	-	112
	Nintendo Wii	-	18
	Play station	-	23
	PS2	-	30
	PS3	-	194
	PS4	-	140
	Xbox	-	70
	Xbox 360	-	185
Computadoras	-	CPU	220
	-	Monitor	50
Laptop	-	1 (1-4 años)	20
	-	2 (4-8 años)	35
	-	3 (mayor a 10 años)	50
Cargador de celular	-	-	5

Fuente: Elaboración propia (Electrocalculator, 2018).

Estas tablas, representan una base de los electrodomésticos más comunes presentes en residencias, con el objetivo de definir el cálculo de consumo (kWh) de cada edificación donde se desee aplicar la presente metodología. Se vio necesario, dividir las en distintos sectores de uso, pues esto facilitará la aplicación del método.

A partir de estas, se verá necesario realizar un reconocimiento de la instalación. Durante esta, se deberá realizar la cuantificación de aparatos eléctricos presentes en las distintas zonas de la edificación. Si se posee algún aparato eléctrico que no se encuentre dentro del listado expuesto con anterioridad, se deberá añadir junto a su potencia potencial y continuar con la aplicación de la metodología.

En este punto, cabe mencionar que el procedimiento seguido para el cálculo del consumo en el que incurren ciertos dispositivos como el aire acondicionado y las luminarias, serán explicados a detalle en el capítulo 4. En estos se aplican otras consideraciones que se deberán tener en cuenta.

2.2.2. Cuantificación del tiempo de funcionamiento

Tal como recalca el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), en una vivienda unifamiliar, no se espera que funcionen todos los equipos eléctricos instalados de manera simultánea, ni tampoco que operen a su corriente nominal (Ministerio de Energía y Minas, 2008). Es por ello que, en esta sección, se podrá visualizar la implementación de factores necesarios para modelar el consumo de los aparatos eléctricos implementados dentro de las viviendas.

Como parte de la metodología, se deberá encuestar a las personas que habiten en la residencia, con el objetivo de obtener el tiempo de uso promedio diario de funcionamiento de los aparatos. Además, se ha decidido proponer de 2 a 4 factores de carga para cada electrodoméstico. Esta graduación representa la escala a la cual los usuarios hacen uso de los electrodomésticos, y se define como la medida entre la potencia que consume un dispositivo o instalación dividido entre la que hubiese consumido si hubiese funcionado a la potencia nominal. Este es relativo y se define a medida que se presente la necesidad, por lo tanto, si el usuario utiliza otros dispositivos que considere tienen graduación que varía el consumo eléctrico podrá añadirlos a la tabla. Estos deberán de ser utilizados en el cálculo del consumo, el cual será explicado más adelante.

Tabla 19. Factores de carga para dispositivos con graduación

Lista de aparatos con graduación	Escala	Factor de carga
Licuadora	Alta	1
	Intermedia	0.75
	Baja	0.6
Batidora	Alta	1
	Intermedia	0.75
	Baja	0.6
Horno eléctrico	Alta	1
	Intermedia	0.75
	Baja	0.6
Plancha de ropa	Muy alta	1
	Alta	0.85
	Intermedia	0.75
	Baja	0.65
	Muy baja	0.55
Lavadora	Alta	0.85
	Intermedia	0.65
	Baja	0.55
Secadora de cabello	Alta	1
	Intermedia	0.75
	Baja	0.6
Plancha de cabello	Muy alta	1
	Alta	0.85
	Intermedia	0.75
	Baja	0.65
	Muy baja	0.55
Terma eléctrica	Alta	1
	Intermedia	0.6
Ventilador	Alta	1
	Intermedia	0.85
	Baja	0.75

Fuente: Elaboración propia.

También se desarrollaran factores de utilización propuestos, estos se definen a partir de un tiempo de uso promedio de electrodomésticos y dispositivos de iluminación dentro de hogares, calculado en base a 24 horas del día, los cuales, serán expuestos en el capítulo 5.

2.2.3. Cuantificación del consumo de energía

A continuación, en la Tabla 20, se observa el esquema de aplicación de la metodología, donde se deberán de completar los datos previamente recogidos.

Tabla 20. Esquema para la cuantificación del consumo eléctrico

Lista de artefactos	Número total de artefactos	Potencia (W)	Factor de carga	Factor de utilización	Tiempo promedio de uso diario (horas)	Energía mensual consumida (kWh)
De cocina						
Limpieza						
De uso recreativo						
De ventilación						
De baño						
Luminarias						

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el cálculo del consumo mensual de energía total, en la última columna, se deberá de aplicar la siguiente fórmula descrita en la siguiente ecuación:

$$EMCT = \sum N^{\circ} \text{ de artefactos} * P * FC * TPUD * N^{\circ} \text{ días del mes} \quad (7)$$

Donde, “EMCT” es la energía mensual consumida total; “P”, potencia; “FC”, factor de carga y “TPUD”, tiempo promedio de uso diario.

De la misma forma, se podrá realizar el mismo cálculo empleando el factor de utilización propuesto por la metodología, aunque en este caso sea menos preciso, reemplazará la necesidad

de establecer un tiempo de uso, en caso el usuario de la metodología no conozca este valor. Esto se ve reflejado en la siguiente ecuación:

$$EMCT = \sum N^{\circ} \text{ de artefactos} * P * FC * FU * N^{\circ} \text{ días del mes} * 24 \quad (8)$$

Donde, “FU” es el factor de utilización.



Capítulo 3

Alternativas para gestión del consumo de agua

Tomando como punto de partida, el desarrollo de la metodología para calcular el consumo de agua potable expuesta en el capítulo 2, se ve necesario añadir a esta, distintas tecnologías y nuevos procedimientos que se utilizan en la actualidad para mejorar la gestión de este recurso. Se elegirán algunas de las muchas posibilidades que se encuentran en el mercado que intentan tener un impacto en el consumo diario de agua potable, tanto en residencias como en edificaciones públicas.

Es por ello, que el presente capítulo tiene establecidos dos objetivos claros: en primer lugar, busca definir un número acotado de opciones seleccionadas, explicar su funcionamiento y el porcentaje de ahorro que pueden brindar respecto a las tecnologías tradicionales. En segundo lugar, se buscará plasmar estas mejoras dentro del método, de tal manera que el usuario, tenga la posibilidad de estimar su consumo en caso contase con estos dispositivos o metodologías instaladas, o estimar su ahorro para tomar la decisión de adquirirlos.

Se ha visto necesario dividir el capítulo en tres partes. En la primera, se definirán tecnologías altamente eficientes y de fácil acceso para los distintos usuarios. Su impacto dentro del cálculo partirá de un estamento ya establecido dentro del método de Hunter para los inodoros eficientes. Este principio consiste en que, según el porcentaje de ahorro estimado dado para tecnologías eficientes, se realiza el descuento de las unidades de gasto establecidas para las convencionales. De esta manera, se logra incluir en la metodología de cálculo otros dispositivos no contemplados anteriormente, tales como, urinarios secos, aireadores de grifos, etc.

Después, se detallarán los beneficios de incluir metodologías que permitan obtener una fuente de agua que sea capaz de reemplazar al agua potable en ciertas funciones puntuales, que excluyan el consumo. Tales como, la recolección de lluvias dentro de las casas o la introducción del reciclaje y tratamiento de aguas grises. Estas son utilizadas por países como Singapur, Países Bajos, Suecia e Israel. En los cuales, a través de la instalación de las tecnologías mencionadas y de realizar una inversión en tratamientos diversos, se ha logrado disminuir en un 30 – 40 % el consumo de agua potable, a partir de agua reciclada.

Ambas tecnologías serán explicadas por separado, pero funcionan bajo el mismo principio. Se denotan como una fuente adicional de agua, no contemplada, que puede traer ahorros significativos en el uso de agua potable y para las cuales, es necesario definir las aplicaciones que tienen y a qué dispositivos instalados en el hogar pueden alimentar. Todo ello, con la finalidad de reducir el consumo y ser capaces de cuantificarlo a través de la metodología implementada a partir del método de Hunter.

3.1. Mejora de dispositivos

3.1.1. Uso de sanitarios de alta eficiencia

En condiciones actuales los inodoros están considerados como la principal fuente de derroche de agua potable. Fuentes señalan que, a partir del uso de inodoros convencionales, los inodoros representan casi el 30% del consumo diario doméstico (Protectora, 2020).

En el contexto detallado en el primer capítulo, donde debido al cambio climático cada vez hay menos agua per cápita, poner freno a este derroche debe ser un objetivo prioritario, no solo de empresas o instituciones, sino también en hogares. A partir de la implementación de inodoros más eficientes, se puede tener un consumo más controlado de este recurso y un ahorro significativo.

Hay dos factores que determinan el rendimiento de un sanitario, su desempeño y su consumo. Ambos son consideraciones importantes para definir si un sanitario es conveniente o no, por lo que es necesario diferenciar estos dos aspectos. El desempeño, se mide por la capacidad de eliminar restos y la cantidad en gramos que es capaz de desalojar, mientras que el

consumo, se define como la cantidad de agua que necesita el sanitario para realizar una descarga eficiente y óptima (The Home Depot, 2019).

Para poder determinar si un aparato sanitario tiene un buen desempeño, debe ser capaz de eliminar cargas entre 350 a 1000 gramos. Este factor asegurará que no se presenten obstrucciones en las descargas (The Home Depot, 2019). Por otro lado, los inodoros cuya tecnología es antigua, tienen un consumo promedio de 12 litros por uso. Ahora los sistemas más eficientes son de 6 litros, lo cual representa un ahorro en el consumo de aproximadamente el 50% (Fundación Aquae, n.d.).

Existen dos opciones accesibles de inodoros altamente eficientes dentro del mercado:

- Doble descarga: está compuesto por un pulsador de dos botones, lo cual permite al usuario elegir entre dos tipos de descargas. La primera para líquidos, se consigue una descarga aproximada de 3 - 4 litros, la segunda para sólidos, se obtiene una descarga de 6 – 9 litros. Esta disposición se puede observar en la Figura 9.

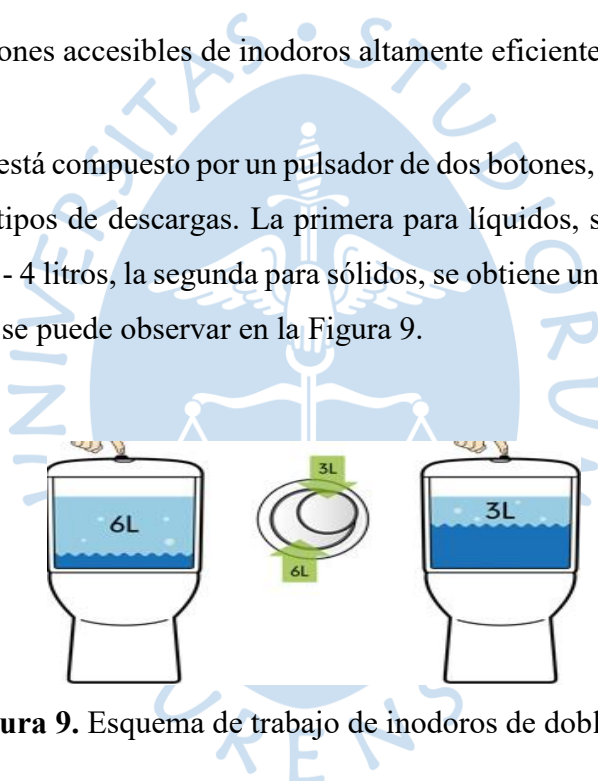


Figura 9. Esquema de trabajo de inodoros de doble descarga

Fuente: Gress (Gress, 2018)

- Descarga interrumpible: en este tipo el usuario tiene el poder de decisión sobre cuánto durará la descarga. Al pulsar el botón por primera vez se inicia la descarga y por segunda vez, se detiene. Tal como se expone a continuación, en la Figura 10.



Figura 10. Mecanismo de descarga interrumpible en inodoros

Fuente: Aguamarket (Aguamarket, 2017)

- Sanitarios ecológicos: en esta clase de inodoros se toman las heces y la orina, las cuales se dirigen a una fosa común o un depósito de concreto. El usuario agregará una mezcla de paja seca, tierra y otros elementos que reduzcan las filtraciones de olor. Después de aproximadamente un año esta mezcla podrá ser utilizada como composta. Este tipo de sanitarios serán excluidos del método que se desarrolla a continuación puesto que son poco comunes.

Tabla 21. Introducción de unidades de gasto para grifos con las nuevas tecnologías de ahorro

Aparato sanitario	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Inodoro	Con tanque - descarga reducida.	1.5	1.5	-
Inodoro	Con tanque.	3	3	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática.	6	6	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida.	3	3	-

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2006)

En la Tabla 21, se exponen las unidades de gasto consideradas dentro del método Hunter para los diversos tipos de inodoros. En este caso, ya se contempla dentro del método de Hunter la implementación de inodoros más eficientes tanto de tipo válvula, como tanque, estos son denominados bajo el término "de descarga reducida".

Como se puede apreciar, se considera que las unidades de gasto para los de descarga reducida disminuye a la mitad con respecto a los convencionales, debido a que estos traen aproximadamente un 50% de ahorro en el consumo. Esta afirmación coincide con las fuentes expuestas con anterioridad. De igual manera, se aplicó el mismo procedimiento, para añadir a la metodología de cálculo, nuevos dispositivos altamente eficientes, los cuales se detallarán en las siguientes secciones.

Dentro del mercado actual, podemos encontrar tanto inodoros eficientes de los tipos descritos con anterioridad, como diversos dispositivos que permiten convertir un sanitario convencional en uno de doble descarga. Estos se exponen en la Tabla 22.

Tabla 22. Precios de inodoros eficientes

Dispositivo	Precio
Sanitario de doble descarga - Italgrif	S/ 339.00
Sanitario de doble descarga - Dacqua	S/ 399.00
Accesorios para sistema dúo de doble descarga - ABS	S/ 49.90
Válvula de descarga dual - Lab	S/ 24.90

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Reemplazo de urinarios convencionales por urinarios secos

La implementación de esta innovadora tecnología contribuye al ahorro de millones de litros de agua potable limpia en el mundo, por lo cual acarrea una gran importancia, especialmente en zonas donde existe escasez de este recurso.

Su funcionamiento se basa en lo siguiente, al llegar la orina a una determinada altura, el urinario la conduce por la canalización sin necesidad de agua a través de una membrana que se encuentra en vertical. En esta se encuentra una piedra de limpieza que evita depósitos e incrustaciones en el interior del sifón del inodoro. Cuando el líquido deja de atravesar la membrana, esta consigue un cierre hermético evitando la salida de olores (Urimat, 2015).

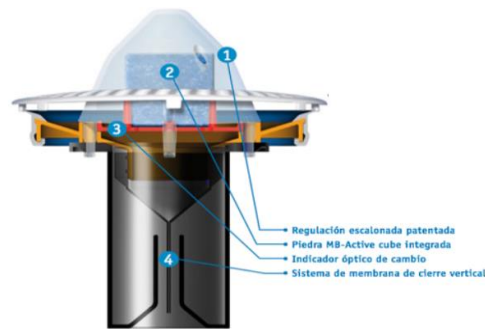


Figura 11. Sifón de urinario seco URIMAT

Fuente: URIMAT (Urimat, 2015)

En la Figura 11, se puede observar las partes de un sifón de urinario seco convencional de la marca URIMAT. Entre ellas se encuentran: la regulación escalonada, que controla la durabilidad de la piedra MB-ActiveCube; la piedra MB-ActiveCube, que impide que se depositen residuos e incrustaciones en el interior del sifón; el indicador óptico de cambio, que indica cuando debe ser cambiado el sifón y el sistema de membrana de cierre vertical, que impide el escape de gases del urinario.

Entre las ventajas que podemos encontrar con estos urinarios, respecto a los urinarios convencionales se encuentran:

- Ahorro en consumo de agua: cada urinario seco permite ahorrar entre 3 a 6 litros de agua por uso y un promedio de un mínimo de 100.000 litros de agua cada año (Urimat, 2015).
- Libre de olores: el sistema descrito con anterioridad impide el escape de malos olores del urinario.
- Resistencia: al ser fabricados de cerámica su vida útil es mucho más larga que los convencionales fabricados de resina.
- No requieren de líquidos agresivos ni detergentes.
- Sistema de diseño y limpieza microbiológicos.

El paso de urinarios secos a convencionales se podrá ver reflejado en la metodología para el cálculo del consumo de agua junto al método de Hunter. Dándole al usuario la opción de incluirlos con el conjunto de dispositivos de consumo de agua. En los cuales, las unidades de gasto que requerirán si se implementan serán consideradas como nulas, debido a que estos no requieren agua para su funcionamiento. Esto se puede observar con más detalle en la Tabla 23, en la cual se muestran las diferentes consideraciones según los tipos de urinarios, añadiendo el aparato sanitario de urinarios secos considerado. Si se cambia de un urinario convencional a uno tipo este, se anularía el consumo.

Tabla 23. Introducción de unidades de gasto para urinarios secos

Aparato sanitario	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Urinario	Con tanque	3	3	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática	5	5	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	2.5	2.5	-
Urinario	Múltiple (por ml)	3	3	-
Urinario	Seco	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se puede ver reflejado dentro de nuestro método la variación del consumo mediante la implementación de este tipo de urinarios. Considerando nulo sus unidades de gasto de agua, se disminuye las unidades de gasto totales del usuario y, por lo tanto, el modelo de regresión estimará un consumo mensual menor. Por lo tanto, el cambio de urinarios convencionales a secos, es una alternativa que debe ser considerada si se busca el ahorro y la eficiencia en el consumo de agua potable.

En la Tabla 24, se exponen diversas marcas de urinarios secos que se encuentran en el mercado y sus precios referenciales.

Tabla 24. Precios para urinarios secos

Dispositivo	Precio
Urinario seco - GOBI	S/ 1 135.00
Urinario seco - URIMAT	S/ 969.65

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Dispositivos de grifería moderna

El desperdicio de agua proveniente de lavamanos o lavaderos es una realidad evidente, es por ello que en el mercado han aparecido nuevas tecnologías que tratan de mitigar y reducir este derroche de agua potable, desarrollando así piezas que se acoplan a los grifos y los hacen adquirir nuevas propiedades de control del flujo.

3.1.3.1. Uso de sensores

En primer lugar, se describirán los grifos electrónicos o grifos con sensores de movimiento. En un inicio, estos grifos fueron pensados para zonas muy concurridas como baños de hospitales u hoteles, sin embargo, actualmente son cada vez más populares en los hogares.

Al ser instalados en la grifería, esta permite detectar las manos debajo del caño y de manera automática deja caer un chorro de agua. Esto garantiza que el grifo permanezca cerrado, siempre que no haya ningún objeto cerca, lo que trae consigo un ahorro considerable en el consumo de este recurso. Ya que, se eliminan las posibles fuentes de desperdicio de agua potable.

Estos tienen cuatro componentes clave que se describirán a continuación:

- **Sensor:** este suele ubicarse en la base de la boca del grifo, se debe aclarar que es un sensor de presencia y no de movimiento, que detecta las manos junto al grifo y deja salir el chorro, cuando estas se retiran lo corta de manera inmediata. La mayoría de los sensores del grifo usan una luz infrarroja junto a unos detectores infrarrojos. Cuando las manos se

acercan a la base de la boca, la luz infrarroja rebota en la piel hacia el detector, el cual envía una señal que deja caer el agua.

- **Válvula solenoide:** un solenoide es un electroimán que suele tirar o empujar según la polaridad eléctrica. Si el sensor envía una señal que indica que las manos están bajo la boca, el solenoide tira para abrir la válvula y el agua puede fluir, luego empuja para cerrar la válvula cuando se indica que las manos ya no están.
- **Fuente de energía:** los grifos requieren de una fuente de energía, que pueden ser baterías o corrientes de bajo voltaje con transformadores. Los de batería, usan válvulas de solenoide que permanecen abiertas hasta que un golpe de energía las cierra y los de transformadores, usan corriente eléctrica continua.
- **Bocas:** las bocas pueden estar hechas a máquina, y son de distintos modelos y acabados. De esto dependerá donde se coloquen (Kirchhoff, Puro Motores, 2017).

Según ha sido comprobado esta tecnología puede ahorrar hasta un 50% del consumo de agua de los grifos, ya que, en diversas oportunidades, el recurso se ve desperdiciado por una incorrecta gestión y por fugas (Securibath, 2019). Esto se verá plasmado en metodología de cálculo de consumo de agua, reduciendo las unidades de gasto en las que incurre el usuario como se observa en la Tabla 27. A continuación, en la Figura 12 se muestra un esquema del funcionamiento de grifos que poseen instalados sensores de movimiento.

El precio de estos grifos puede oscilar entre 300 a 500 soles dependiendo de su acabado y tamaño. Sin embargo, también se pueden encontrar en el mercado sensores de movimiento independientes, para instalarse a grifos junto a sus respectivos adaptadores. En la Tabla 25 se pueden observar unas de las marcas disponibles en el mercado peruano, junto a sus precios referenciales.



Figura 12. Grifo con sensor de presencia

Fuente: Mercado Libre (Exoriam, n.d.)

Tabla 25. Precios de sensores de grifos

Dispositivo	Precio
Grifería con sensor electrónico Exoriam	S/ 390.00
Grifería de lavatorio con sensor automático	S/ 499.99
Dispositivo para grifo sensor infrarrojo ahorro de agua JRIMPORT	S/ 135.00
Sensor inteligente para grifos Zaija	S/ 130.00

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.2. Uso de aireadores

Otra de los dispositivos que se puede añadir a los grifos con la finalidad de ahorrar dentro de su consumo, son los aireadores. Los cuales, consisten en pequeñas piezas que se colocan en los grifos y mezclan agua con aire, disminuyendo así el consumo de este recurso, sin perder la sensación del volumen del caudal. Estos pueden ahorrar hasta un 40% del consumo de agua de los grifos (Cepyme Aragon, 1998). En la Figura 13, se da un ejemplo de un tipo de aireadores que se puede encontrar en el mercado, y se puede observar como su presencia actúa sobre el caudal cambiando su flujo.



Figura 13. Grifo con aireadores de caudal

Fuente: Grifos Online (Grifos Online, 2018)

Este ahorro de consumo será considerado dentro de la metodología desarrollada, puesto que se le dará la opción al usuario de definir la posesión de grifos con las diferentes implementaciones: sensores y aireadores. Según los porcentajes de ahorro definidos para cada uno de los dispositivos mencionados con anterioridad, se establecerán unas nuevas unidades de gasto de los grifos, tanto para lavaderos como para lavatorios, puesto que estas pueden ser implementadas en ambos. A continuación, en la Tabla 26, se exponen diversas marcas de aireadores que se pueden encontrar en nuestro mercado y sus precios referenciales.

Tabla 26. Precios de aireadores de grifos

Dispositivo	Precio
Aireador De Grifo - Waternymph	S/ 211.00
Aireador Ahorrador	S/ 25.50
Aireador dirigible y regulable - Vainsa	S/ 49.90

Fuente: Elaboración propia

Existen otros dispositivos o piezas que pueden ser añadidos a los grifos para regular el consumo y evitar el desperdicio. Por ejemplo, los temporizadores, estas piezas son capaces de regular el tiempo de descarga del flujo de agua y se utiliza generalmente en lugares de alta concurrencia para los casos donde las personas olvidan cerrar el grifo. También, se encuentran los reguladores de caudal que determinan el nivel del flujo de agua a un número limitado.

Ambos, al igual que los dispositivos expuestos anteriormente, son capaces de traer un porcentaje de ahorro considerable dentro del consumo de agua en los lugares donde se implementen. Sin embargo, estos no serán considerados a mayor detalle por ser menos

populares y porque generalmente son utilizados en lugares públicos. Debido a que, su diseño y las características de funcionamiento no son compatibles para los fines buscados en residencias.

3.1.3.3. Cálculo del ahorro del consumo para dispositivos de grifería moderna

El usuario será el encargado de definir el número de lavatorios y lavaderos que posean junto a los nuevos dispositivos y también si así lo requiere, se le dará la opción de incluir cuantos poseen en condiciones normales. Debido a que, cuando se implementa este tipo de cambios en residencias, puede darse que se aplique para cierto número determinado de grifos y otros queden funcionando en condiciones normales.

A continuación, en la Tabla 27, se detallará la inclusión de esta consideración dentro del cálculo y como se ve reflejada las diversas opciones dentro de la metodología. En la cual, se puede ver como un lavatorio o lavadero con sensor hace uso solo del 50% de unidades de gasto de uno convencional. Del mismo modo, un lavatorio o lavadero con aireador incorporado hará uso de solo el 60% de las unidades de gasto de uno convencional. Esto se realiza tomando como base el ahorro que estos dispositivos aportan, según las fuentes expuestas con anterioridad.

De tal manera, si el usuario hace un cambio de una grifería convencional a una con dispositivo eficiente, el cálculo del consumo se verá afectado, disminuyendo así las unidades de gasto en las que se incurre.

Tabla 27. Introducción de unidades de gasto para grifos con las nuevas tecnologías de ahorro

Aparato sanitario	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Lavatorio	Corriente.	1	0.75	0.75
Lavatorio	Con sensor	0.5	0.375	0.375
Lavatorio	Con aireador	0.6	0.45	0.45
Lavadero	-	3	2	2
Lavadero	Con sensor	1.5	1	1
Lavadero	Con aireador	1.8	1.2	1.2

Fuente: Elaboración propia

3.2. Metodologías para el reciclaje de agua

Actualmente, la necesidad de ser más eficientes en cuanto al consumo de agua es una notoria necesidad. Esto se ve reflejado no solo mediante la implementación de dispositivos que hagan este uso más eficiente, sino también mediante metodologías que permitan anular ciertas necesidades. Son diversas las posibilidades, que han sido implementadas en diferentes lugares del mundo, las que permiten sustituir el consumo de agua potable por agua reciclada en aplicaciones puntuales, que excluyen el consumo humano. En esta sección del capítulo se presentará dos de ellas, las cuales son las más comúnmente utilizadas y estas se verán reflejadas dentro de la optimización buscada en el uso del recurso.

3.2.1. Planta de recolección de lluvias

Las propiedades de las aguas de lluvias, físicas y químicas son superiores a las de las aguas subterráneas que se encuentran en los subsuelos, por la cantidad de minerales a los que están expuestas estas últimas. Sin embargo, al caer, la lluvia puede atrapar distintos contaminantes.

Por otro lado, debido los grandes problemas de abastecimiento del recurso agua, que existe en el mundo, se ve el aprovechamiento del agua proveniente de lluvias como una solución en funciones como limpieza, sanitarios, riego. Para poder utilizarlas es necesario que pasen por un sistema de filtración. El uso de aguas pluviales trae ventajas bastante notorias:

- Es un recurso gratuito y fácil de mantener, relativamente limpio.
- Aumenta la disponibilidad del recurso agua para un uso que no implique el consumo de este bien.
- Mitiga inundaciones evitando que se almacene en exceso las aguas pluviales en la infraestructura urbana. Puesto que disminuye la cantidad de agua que ingresa al sistema de drenaje sanitario.
- Evita la contaminación de la naturaleza, al retener las aguas de lluvias, se evita el arrastre de residuos a lagos y ríos (Hidropluviales, 2018).

Tomando como referencia el esquema observado en la Figura 14, se definen los siguientes elementos como necesarios para la captación de agua de lluvia:

- a) Área de captación: lugar donde se reciben el agua de lluvia, generalmente se hace uso de las casas o edificios donde se vaya a realizar la instalación.
- b) Estructura de captación: hace referencia al sistema de alcantarillado donde se vierte el agua de lluvia que cae.
- c) Estructura de conducción: se refiere al conjunto de canaletas y tuberías que conducirán el agua de lluvias desde el área de captación hasta la estructura de almacenamiento.
- d) Sistema de filtración: es recomendable colocar un sistema que permita filtrar residuos sólidos, metales, grasas, que puedan representar contaminantes del agua captada, antes de que sean almacenados.
- e) Sistema de almacenamiento: son tanques que permitirán la concentración del agua captada, deben ser de material resistente e inertes y estar cubiertos para impedir el ingreso de posibles contaminantes.
- f) Vertedor: instrumento a través del cual se descargará el agua pluvial para su uso.

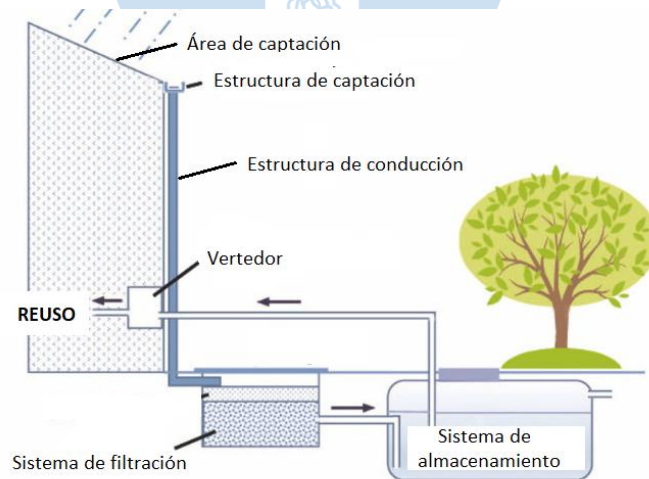


Figura 14. Elementos de captación pluvial

Fuente: Elaboración propia.

Para poder plasmar este ahorro obtenido mediante esta implementación dentro de nuestro cálculo, primero se deberá definir cuáles serán los fines del agua recolectada mediante lluvias. Para el uso en el sector residencial, esta puede ser utilizada para las funciones detalladas en la Tabla 30 junto al cálculo del ahorro de esta implementación, los cuales, se verán en la sección 3.2.3.

3.2.2. Planta de tratamiento de aguas grises

Se definen como aguas grises, a todas aquellas aguas residuales que no poseen desechos fecales en cantidades significativas. Es decir, son las generadas o provenientes de lavaderos, lavatorios, baños, duchas y lavadoras.

Por otro lado, AQUA España define como aguas grises a aquella residual doméstica procedentes de duchas, bañeras y lavamanos, excluyendo específicamente a aquellas fuentes donde el agua puede contaminarse con productos químicos o elevado número de patógenos o restos fecales, como cocinas, bidés, lavadoras, lavavajillas, etc. (Asociación de España de empresas de Tratamiento y Control de Aguas, 2016).

Las aguas grises pueden ser utilizadas en diferentes aplicaciones, sustituyendo al agua de consumo humano, contribuyendo al ahorro de este recurso. Una vez canalizada el agua gris, esta posee diferentes ámbitos de aplicación. Sin embargo, no será posible la utilización de aguas grises recicladas para el consumo humano, puesto que los criterios sanitarios de calidad para esta última son elevados.

Tenemos dos ámbitos de aplicación: las industriales, en las cuales se recomienda que los sistemas para reciclaje de aguas grises sean analizados caso a caso, sin embargo, esto no es tema de la presente tesis y las residenciales, para las cuales, en la Tabla 30 que se expondrá en la sección 3.2.3, se muestran las diferentes aplicaciones de aguas grises en este rubro, con su demanda aproximada. De la misma forma, en la Tabla 28 se muestran los valores orientativos de producción que en términos generales pueden ser considerados para la generación de aguas grises.

Tabla 28. Volumen de generación de aguas grises

Zona de aplicación	Producción estimada
Viviendas	50 - 100 litros/persona/día
Hoteles	50 - 150 litros/persona/día

Fuente: AQUA España (Asociación de España de empresas de Tratamiento y Control de Aguas, 2016)

Para la recuperación de aguas grises se aplican diversos tipos de tratamientos que pueden variar en complejidad, tamaño y coste. Para poder realizar una correcta selección de cual aplicar se deben tener en cuenta varios factores, entre ellos:

- Uso del agua tratada
- Tamaño de la inversión que se desee tener
- Características de las aguas grises a tratar
- Volumen de generación y uso, etc.

Debido al alcance de la presente tesis, donde el uso de aguas grises se quiere disponer solo para el reemplazo del agua potable en inodoros y urinarios, se exponen los siguientes sistemas de tratamientos:

1. Sistemas sin tratamiento

Este es un sistema muy sencillo que consiste en recoger el agua del punto de generación y llevarla directamente al punto de uso. Puede realizarse con ausencia o mínimo almacenaje. Para este se tiene en cuenta el siguiente esquema expresado en la Figura 15. Cabe recalcar que puede verse necesario añadir otros dispositivos, tales como bomba y tanque de almacenamiento, dependiendo del volumen de la generación y el de uso.

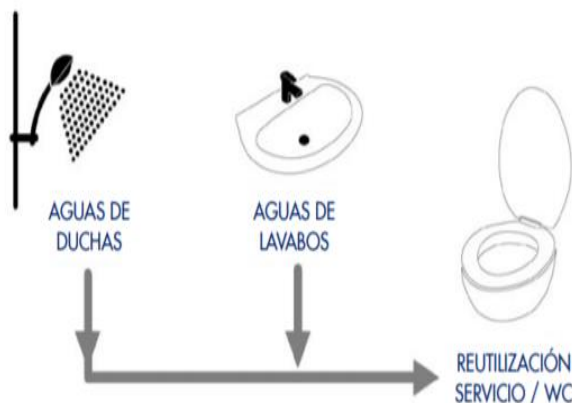


Figura 15. Esquema de sistema sin tratamiento de aguas grises

Fuente: AQUA España (Asociación de España de empresas de Tratamiento y Control de Aguas, 2016)

2. Sistemas con tratamiento

Este sistema está dividido en tres etapas, primero se realiza la captación del agua tratada, seguido del sistema de tratamiento y finalmente el almacenamiento e impulsión del agua tratada. Dentro de esta clasificación consideraremos a los sistemas físicos, cuya finalidad es la separación de aceites y grasas, por medio de la flotación y de sólidos en suspensión, por decantación. Están acompañados de filtros de mallas, anillas, arenas, para la correcta separación de sólidos. Su esquema se puede observar en la Figura 16.

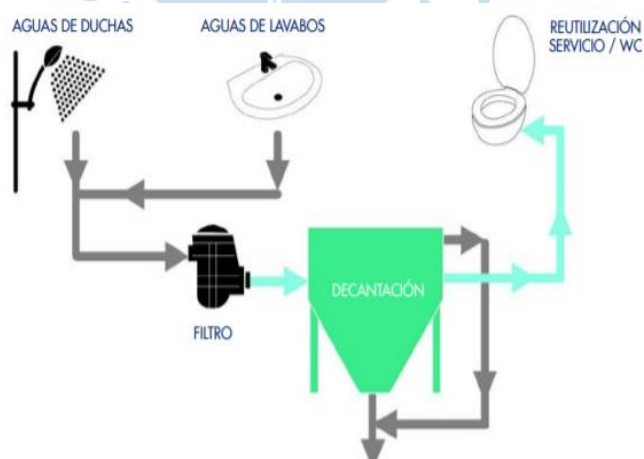


Figura 16. Esquema de sistema con tratamiento de aguas grises

Fuente: AQUA España (Asociación de España de empresas de Tratamiento y Control de Aguas, 2016)

Es necesario recalcar que hoy en día este tipo de sistema es considerado solo como un pre-tratamiento, existen otros cuyo tratamiento implica la eliminación de materia orgánica. Sin embargo, estos no serán expuestos debido a que la aplicación que tiene destinada las aguas grises, es el uso en inodoros e urinarios, además del alto costo de estos sistemas.

A continuación, se expondrán un conjunto de consideraciones a tener en cuenta, al momento de diseñar o implementar una planta de tratamiento de aguas grises para obtener un funcionamiento eficaz:

- Minimizar el volumen del tanque de almacenamiento, para evitar el deterioro del agua tratada. Se recomienda que sea de equivalencia al uso que se requiere en un día.
- Se recomienda incorporar un sistema de desinfección automática (clorinación, ozonización, radiación, etc.) para asegurar la calidad en el punto de uso.
- Debe estar señalizado que la recuperación de esta agua no se encuentra disponible para consumo humano.
- Finalmente, la consideración más importante a tener en cuenta es que el desarrollo de instalaciones de plantas de aguas grises debe tenerse en cuenta en la etapa de diseño o al realizar una reforma de este. Puesto que, si se hace posteriormente incluiría costes muy elevados, ya que, no se contaría con la estructura necesaria para el reciclaje. Pero, de ser consideradas en la fase inicial, su costo adicional sería mínimo y traería ahorros de por vida.

3.2.3. Cálculo del ahorro del consumo para metodologías de reciclaje de agua

Tanto como para el uso de agua proveniente de lluvias, como para el reciclaje de aguas grises, se ve necesario añadir dentro de la metodología del cálculo del consumo dos preguntas que proponen al usuario la utilización de estos procedimientos, cada una de manera independiente. Estas fueron añadidas dentro de la recolecta de datos, considerando los estamentos, expuestos en la Tabla 29, para cada una.

A partir de la información recolectada, tanto para la captación de agua de lluvias y recuperación de aguas grises, se realiza el descuento del consumo estimado por el modelo de regresión.

Para poder realizar la correcta estimación del ahorro en consumo de agua potable que podría provenir de utilizar las metodologías descritas en las secciones anteriores, se deberá definir primero cuales son las posibles aplicaciones que se le puede dar al agua proveniente del reciclaje de agua y la demanda estimada para cada uno de estos. Estas se encuentran expuestas en la Tabla 30, que se presenta a continuación.

Tabla 29. Cuestionario para la captación de agua de lluvias y recuperación de aguas grises

¿Qué dispositivos alimenta usted con esta metodología?			
Lista de aparatos	Tipo	UG	Total de aparatos alimentados mediante agua recuperada
Inodoro	Con tanque - descarga reducida.	1.5	
Inodoro	Con tanque.	3	
Urinario	Con tanque.	2	
¿Realiza usted riego de jardines a partir de esta implementación?			
Metros cuadrados del jardín			
¿Cuántas veces al mes realiza el riego de su jardín?			
¿Realiza usted lavado de automóviles a partir de esta implementación?			
¿Cuántos autos lava mediante esta fuente?			
¿Cuántas veces al mes realiza el lavado de su automóvil?			
¿Realiza usted baldeo de pavimentos a partir de esta implementación?			
Metros cuadrados del pavimento			
¿Cuántas veces al mes baldea los pavimentos?			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Aplicaciones y demanda de agua reciclada en el sector residencial

Aplicación	Demanda estimada
Recarga de cisternas de inodoros	18-45 litros/persona/día
Riego de jardines	2-6 litros/ m ² /día
Baldeo de pavimentos exteriores	2-6 litros/ m ²
Lavado de vehículos	4.5 litros por carro

Fuente: Adaptado de AQUA España (Asociación de España de empresas de Tratamiento y Control de Aguas, 2016)

En primer lugar, se ha considerado solamente que se pueden utilizar aguas de recuperación en aquellos dispositivos que posean tanques para su almacenamiento. Puesto que, facilitará al usuario la instalación de tuberías para su uso. A partir de esta información, se descontará en el método las unidades de gasto de los dispositivos alimentados mediante estos dos procedimientos, ya que no se incurre en consumo de agua potable, sino de agua recuperada. Para calcular las nuevas unidades de gasto tipo tanque, se utiliza la siguiente ecuación:

$$NUG \text{ tanque} = \sum UG \text{ tanque} - \sum (N^{\circ} AAAR * UG) \quad (9)$$

Donde, “NUG tanque” son las nuevas unidades de gasto tipo tanque; “UG tanque”, unidades de gasto tipo tanque calculadas según lo descrito en el capítulo 2; “N° AAR”, número de aparatos alimentados mediante agua recuperada y “UG”, unidades de gasto según el tipo de aparato designado.

A partir de estas nuevas unidades de gasto se continuará con la aplicación del método, según lo descrito en el capítulo 2.

Después, se tiene en consideración el riego de jardines como otra posible aplicación del agua recuperada. Para este punto, se deberá aplicar la siguiente ecuación para calcular cuál es el volumen que se ahorrará en consumo de agua potable, por realizar esta actividad con agua captada de lluvias o por reciclaje de aguas grises. Se considera el consumo promedio, según lo expuesto en la Tabla 30.

$$CARJ = \frac{(4 * m^2 \text{ jardín} * n^{\circ} dm)}{1000} \quad (10)$$

Donde “CARJ” es el consumo de agua recuperada para el riego de jardines (m3): “m2 jardín”, área del jardín que se riega con agua recuperada; “n° dm”, número de días al mes que se riega el jardín.

Acto seguido, se deberá calcular el volumen de agua recuperada que se utiliza para la limpieza de automóviles, para lo cual se hará uso de la demanda descrita en la Tabla 30.

$$CALA = \frac{(4.5 * n^{\circ} autos * n^{\circ} dm)}{1000} \quad (11)$$

Donde, “CALA” es el consumo de agua recuperada para el lavado de automóviles, “n° autos”, número de autos que se lavan mediante esta metodología, “n° dm”, número de días al mes que se lava un automóvil.

Luego, se deberá calcular el volumen que se incurre en el baldeo de pavimentos, para ello se tendrá en consideración un promedio de la demanda expuesta en la Tabla 30. Se hará uso de la siguiente ecuación:

$$CARP = \frac{(4 * m^2 \text{ pavimento} * n^{\circ} dm)}{1000} \quad (12)$$

Donde “CARP” es el consumo de agua recuperada para el baldeo de pavimentos (m3); “m2 pavimento”, área del pavimento que se baldea recuperada; n° dm, número de días al mes que se baldea el pavimento.

Finalmente, se deberá descontar el consumo total de agua recuperada al consumo total estimado de agua potable por el método, encontrando así un nuevo consumo. Para esto se hará uso de las ecuaciones siguientes:

$$CTAR = CARJ + CALA + CARP \quad (13)$$

Donde “CTAR” es el consumo total de agua recuperada.

$$NCTME = CTME - CTR \quad (14)$$

Donde “NCTME” es el nuevo consumo total mensual estimado y “CTME”, consumo total mensual estimado mediante la metodología descrita en el capítulo 2.



Capítulo 4

Alternativas para gestión del consumo de electricidad

Partiendo de lo expuesto en el capítulo 2, junto al desarrollo de una metodología que permite estimar el consumo eléctrico en edificaciones de tipo residencial, se ve necesario complementarla junto a alternativas que representen un ahorro en el consumo de este recurso. Por esta razón, a lo largo del presente capítulo, se expondrán posibilidades para mejorar la gestión de la electricidad en el hogar.

Se tienen dos objetivos definidos, el primero, es exponer al usuario electrodomésticos de mayor consumo dentro de sus edificaciones, y cómo a través de su sustitución se podría obtener un ahorro significativo en el uso de energía. En primer lugar, se expondrá la valoración de la eficiencia energética de los electrodomésticos, a través de su etiqueta energética. Para ello, se han seleccionado ciertos dispositivos que según estudios representan el mayor porcentaje de consumo en el hogar. Según un estudio realizado por la Universidad Nacional de San Martín (Buenos Aires, Argentina), la refrigeradora puede alcanzar el 24% del consumo eléctrico en los hogares; la iluminación, el 13% y la calefacción, hasta un 7%. Juntos se tiene más de la mitad del consumo eléctrico en residencias, por esta razón, se ve la necesidad de implementar una evaluación más profunda, que permita al usuario de la metodología, conocer el impacto en el consumo proveniente de su correcta gestión. Además, se tendrá en cuenta la posible implementación de calentadores eléctricos más eficientes, puesto que una gestión incorrecta de los calentadores puede traer grandes impactos en la factura de luz.

Asimismo, se tendrá en consideración, la posible implementación de energía renovable solar en las edificaciones. Esto ya no suena como una alternativa alejada o remota, puesto que es muy utilizada en distintos países para distintos fines tanto industriales o comerciales, como residenciales. Para lo cual, se evaluará la implementación de paneles solares en residencias, así como, termas solares.

El segundo objetivo del capítulo, es impactar en el cálculo del consumo eléctrico las posibilidades consideradas. De esta forma, se podrá evaluar cómo la correcta gestión de los dispositivos que se encuentran en el hogar y la implementación del uso de energía solar, puede impactar de manera positiva el uso de electricidad en los hogares. A lo largo del presente capítulo, se explica cómo estos se hacen efectivos.

4.1. Eficiencia energética en electrodomésticos

Actualmente, el uso de electrodomésticos en el hogar representa en gran medida el consumo eléctrico y el monto de nuestra factura de luz. Por ello, si se busca establecer una mejor gestión de este recurso se deberá tener en cuenta los factores que hacen estos dispositivos más o menos eficientes, y por ende impacten en mayor o menor medida nuestro consumo de electricidad.

Para el análisis en este punto, se tendrá en cuenta la etiqueta energética de los dispositivos. La cual, se define como una recopilación informativa de datos que viene adherida a los electrodomésticos, que contienen una descripción de características diversas, permitiendo al usuario elegir aquella referente al menor consumo y ahorrar dinero. El etiquetado energético indica en una escala de A a G, el nivel del consumo en aparatos fabricados o disponibles para la venta. Siendo la clase A, la más eficiente desde el punto de vista energético y la G, la de menor eficiencia, según lo establecido por la Directiva Europea de Etiqueta Energética (Tu Europa, 2020).

Además, se cuenta con 3 subclasificaciones energéticas adicionales para aquellos aparatos de tipo A (A+, A++, A+++), sin embargo, estas serán retiradas a partir de 2021, puesto que han causado gran confusión a los usuarios. De este modo, es importante conocer las partes presentes en las etiquetas energéticas, así como saber interpretarlas. En la Figura 17, se detallarán las partes comunes a todas las etiquetas, puesto que, dependiendo del aparato el número de bandas de clases energéticas y pictogramas pueden cambiar.

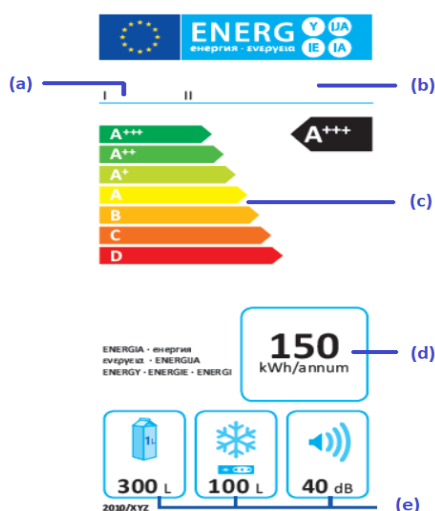


Figura 17. Elementos referentes a etiqueta energética

Fuente: Controlas tu energía (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2017)

A continuación, se describen los elementos referentes a etiquetas energéticas (Uriarte, 2017):

- a) Nombre del aparato
- b) Modelo o marca del proveedor
- c) Clases de eficiencia energética: de A a D, utiliza color verde oscuro hasta rojo
- d) Consumo de energía en kW
- e) Información detallada: puede variar dependiendo del electrodoméstico descrito.

Optar por un tipo de electrodomésticos de una clase de eficiencia energética más alta, supondrá un ahorro importante en el consumo de luz. El ahorro puede suponer al gasto adicional en el que incurrimos por elegir un dispositivo más eficiente y de mejor calidad. De esta manera, se logra reducir el impacto medioambiental, optimizando el consumo de energía en nuestro hogar (Uriarte, 2017).

A continuación, en las siguientes secciones se propondrá la evaluación y sustitución de algunos dispositivos, considerando que a ellos se les puede atribuir la mayor parte del consumo eléctrico dentro de las edificaciones.

4.1.1. Implementación de luminarias LED

LED es una tecnología de iluminación de alta eficiencia energética, cuyo campo de acción ha tomado lugar tanto en industrias como en sectores residenciales, el cual crece cada año. Puesto que, a medida que esta se ha desarrollado en el mercado, sus productos obtienen mayor eficiencia fabril y sus precios se vuelven más accesibles para los usuarios que los requieren.

El uso generalizado de productos LED tiene el potencial de reducir el consumo energético en gran medida. Esto es debido a que, son muy diferentes a otras fuentes de iluminación convencionales, como las luminarias incandescentes o fluorescentes compactas, basando su funcionamiento en diodos emisores de luz. Esta diferenciación radica en lo siguiente (U.S Department of Energy, n.d.):

- Fuente de luz: las luminarias tipo LED emiten unas longitudes de onda muy estrecha, fuertemente coloreadas. Sin embargo, gran parte de los usos de iluminación requiere de luz blanca. Por ello, para conseguirla, se mezclan distintas tonalidades de colores LED verde, rojo y azul.
- Dirección: los productos tipo LED emiten la luz en una dirección específica, mejorando así su rendimiento. En otro tipo de dispositivos, la luz debe dirigirse hacia la dirección deseada, siendo posible que gran medida de esa luz no salga de los dispositivos, lo cual los hace menos eficientes.
- Intensidad luminosa: las luminarias de este tipo no emiten una luz muy intensa, como la de las de tipo incandescente o fluorescente. Para poder conseguirla, se utilizan agrupaciones de LED en mayor o menor cantidad, según el ratio de intensidad luminosa que se desee conseguir.
- Calor: emiten bajo porcentaje de su energía en forma de calor, a diferencia de otro tipo de bombillas que emiten entre el 80% a 90% de su energía como calor.

4.1.1.1. Comparativa entre iluminación convencional y LED

En términos generales, con respecto a luminarias incandescentes, las de tipo LED pueden ahorrar entre un 75% a 80% de energía y durar hasta unas 25 veces más. A continuación, en la

Tabla 31, se expone una comparativa entre una incandescente tradicional con luminarias que proveen la misma energía luminosa, tales como, tradicional, incandescente de ahorro de energía y fluorescentes compactas (CFL) y LED.

Tabla 31. Comparativa entre luminarias tipo LED y otras presentes en el mercado

Tipo de luminarias		Energía ahorrada (%)	Vida del bulbo (h)
Incandescente tradicional (60 W)		-	1 000
Incandescente de ahorro de energía (43 W)		~ 25%	1 000 a 3 000
CFL (15 W)	Tradicional (60 W)	~ 75%	10 000
	Halógeno (43 W)	~ 65%	
LED (12 W)	Tradicional (60 W)	~ 75% - 80%	25 000
	Halógeno (43 W)	~ 72%	

Fuente: Energy.Gov (Departamento de Energía de los Estados Unidos, n.d.)

De esta forma, en la Figura 18, se puede establecer las 7 clases de luminarias respecto al uso doméstico, a partir de la cual podemos establecer la siguiente comparativa: las luminarias Led son siempre tipo A, fluorescentes son clase A y B, halógenas son C y D e incandescentes, siempre E.

Asimismo, existen distintos tipos de luminarias tipo LED, que han ido cobrando mayor campo de acción. Estas se pueden ver utilizadas tanto para la iluminación de zonas industriales y comerciales, debido a su alta eficiencia en el uso de energía y la emisión de luz en una dirección específica, estas luminarias son cada vez más comunes en pasillos, aparcamientos, alumbrado público, etc. (U.S Department of Energy, n.d.).

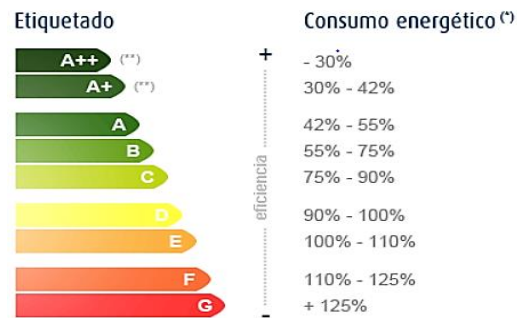


Figura 18. Consumo energético de luminarias establecido respecto a clases D y E

Fuente: Ledbox Blog (Ledbox Blog, 2019)

4.1.1.2. Factores a considerar para la implementación de luminarias LED

Para considerar el reemplazo de luminarias convencionales, a unas más eficientes tipo LED, existen diversos factores que se deberán considerar al momento de su selección (Departamento de energía de los Estados Unidos, 2017):

- Forma: existen distintas formas de bombillas, estas pueden ser estándares de base de tamaño regular o pequeño, Pero también podrán ser de tipo reflectores, velas o en forma de globo. Para poder determinar la que se requiere se recomienda mirar la forma del artefacto en el cual van a ser instalados.
- Brillo: este factor es un elemento importante, que ayudará a determinar la conveniencia de elegir una bombilla u otra. Este se encuentra generalmente en primer lugar dentro de la etiqueta energética y se definirá en función de lúmenes. Se puede afirmar que a un mayor número de lúmenes tenga la bombilla, mayor brillo tendrá la luminaria que se elija. Por lo tanto, si se desea reemplazar una luminaria convencional de 100 W, deberá elegir una bombilla de alrededor de 1,300 lúmenes.
- En caso sea para reemplazar una de 60 W, se deberá elegir una de 800 lúmenes, aproximadamente. A continuación, en la Figura 19, se puede observar una etiqueta de datos de iluminación de la marca Energy Star, con los campos más comunes que se exponen para la determinación de las luminarias que se encuentran a la venta para los usuarios.

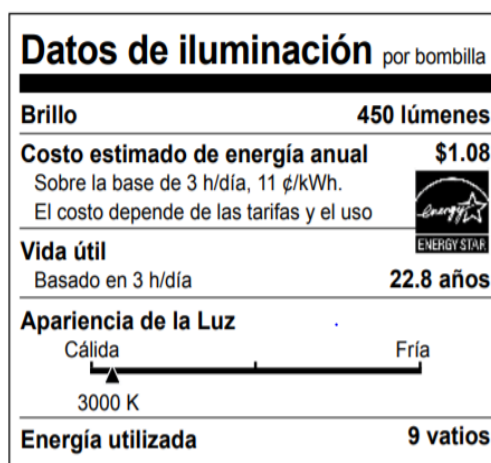


Figura 19. Etiqueta referencial de datos de iluminación de Energy Star

Fuente: Energy.Gov (Departamento de energía de los Estados Unidos, 2017)

- d) Color: la escala presente en la etiqueta de datos de iluminación le dirá si la luz es de color cálido o frío. A continuación, se muestran las equivalencias con temperatura en unidades Kelvin (K) en la Tabla 32.

Tabla 32. Relación entre el color con la temperatura de la luminaria

Característica de la luminaria	Escala de temperatura (K)
Luz blanca, suave y cálida	2700 – 3000 K
Luz más blanca	3500 – 4100 K
Luz blanca más azulada o de día	5000 – 6500 K

Fuente: Energy Gov (Departamento de energía de Estados Unidos, 2017)

A continuación, en la Tabla 33 exponemos los distintos precios referenciales de bombillas LED que son más utilizadas en el mercado peruano.

Tabla 33. Precios referenciales de bombillas LED en el mercado

Bombilla LED	Lumen equivalente (lm)	Precio (S/)
Pack de bombilla LED 12W por 5 unidades - Osram	1000 lm	S/ 34.90
Foco LED 7.7W - Dairu	620 lm	S/ 24.90
Foco LED 12W - Philips	1000 lm	S/ 14.90
Foco 18W - Phelix	1620 lm	S/ 7.00
Fluorescente circular LED 25W - TIMON	1800 lm	S/ 15.00

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3. Introducción de luminarias LED en el cálculo

Dado que, una bombilla de distintos tipos puede presentar un consumo diferente dependiendo de los vatios que posean, y los lúmenes equivalentes de estos, si el usuario decide reemplazar luminarias de cierta intensidad luminosa, deberá adquirir bombillas LED de una potencia equivalente.

Entonces, para poder realizar el cálculo del ahorro equivalente a la sustitución de ciertas luminarias, se pedirá al usuario que ingrese las nuevas cantidades de luminarias de cada tipo con las que contará. Para ello, en la Tabla 34, se fijan las potencias de trabajo de luminarias convencionales dentro del hogar. Esto, se realiza en base de lo establecido por el Departamento de Energía de EE. UU, expuesto en la Tabla 31.

Tabla 34. Potencia de bombillas de uso frecuente en viviendas

Tipo de luminaria	Incandescente	Ahorradora	Fluorescente	Halógena	LED
Potencia (W)	100	20	15	35	10

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos de alta eficiencia

El incremento del uso de los sistemas de aire acondicionado, es uno de los principales retos dentro de los países en vías de desarrollo. Sobre todo partiendo de la consideración que la elección de un aire más o menos eficiente en cuanto a consumo de energía puede impactar en gran medida el monto de nuestra factura de luz.

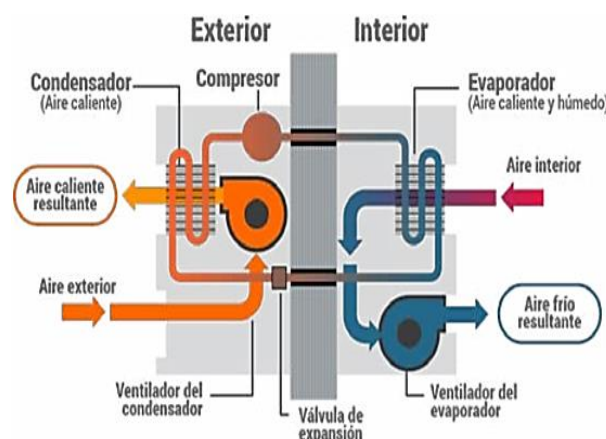


Figura 20. Esquema básico de operación de un aire acondicionado

Fuente: MGM Internacional (MGM Internacional, 2018)

El funcionamiento de un aire acondicionado básico se puede apreciar en la Figura 20. En el cual el sistema aspira el aire del espacio que se desee enfriar, lo pasa por el evaporador y lo impulsa a una menor temperatura. Al mismo tiempo, se produce la situación contraria, a través del condensador se toma el aire del exterior y el calor del refrigerante y lo expulsa a una mayor temperatura.

Actualmente, existen diversos tipos de aires acondicionados en el mercado y para poder definir la idoneidad de la instalación en nuestras casas, se debe tener en cuenta el espacio que se va a climatizar y de qué partes está compuesto el sistema. A continuación, se mencionan los tipos de aires acondicionados que son más populares dentro del mercado (MGM Internacional, 2018):

- a) Aire acondicionado tipo ventana: son los modelos más antiguos y ya casi no son instalados. Son usados para acondicionar espacios confinados dentro de un inmueble, como por ejemplo habitaciones. Son de bajo costo y fácil instalación, sin embargo, su eficiencia es baja.

- b) Aire acondicionado mini Split: son orientados a la climatización de una sola instancia. Para este tipo se requiere una unidad de instalación interna, con el evaporador, filtro de aire, sistema de control y el ventilador; y otra exterior compuesta del compresor y condensador.
- c) Unidades paquete: son aquellos que permiten la refrigeración de viviendas completas, edificios pequeños y medianos. En los cuales, el consumo de energía será menor que el de los expuestos anteriormente, pero también requieren de un mayor costo de inversión en el sistema.

4.1.2.1. Ratios de eficiencia energética

Para poder analizar la eficiencia energética de estos aires acondicionados, el usuario deberá visualizar en la etiqueta del dispositivo, lo relacionado a la valoración otorgada. La cual puede ser desde una A++, siendo más eficiente; a una G, el que más consume. Al mismo tiempo, esto vendrá complementado con los valores de rendimiento estacionales conocido como SEER, por sus cifras en inglés, para equipos de aire frío y SCOP, para equipos de aire caliente.

Tabla 35. Relación entre valoración de la etiqueta energética y ratios SEER y SCOP

Etiqueta	Rendimiento en refrigeración	Rendimiento en calefacción
A+++	$SEER \geq 8.5$	$SCOP \geq 5.10$
A++	$6.10 \leq SEER < 8.5$	$4.60 \leq SCOP < 5.10$
A+	$5.60 \leq SEER < 6.10$	$4.00 \leq SCOP < 4.60$
A	$5.10 \leq SEER < 5.60$	$3.40 \leq SCOP < 4.00$
B	$4.60 \leq SEER < 5.10$	$3.10 \leq SCOP < 3.40$
C	$4.10 \leq SEER < 4.60$	$2.80 \leq SCOP < 3.10$
D	$3.60 \leq SEER < 4.10$	$2.50 \leq SCOP < 2.80$
E	$3.10 \leq SEER < 3.60$	$2.20 \leq SCOP < 2.50$
F	$2.60 \leq SEER < 3.10$	$1.90 \leq SCOP < 2.20$
G	$SEER < 2.60$	$SCOP < 1.90$

Fuente: INESEM (Rodríguez, 2016)

Este ratio expresa la relación entre la potencia de enfriamiento del equipo y la potencia eléctrica que consume. En la Tabla 35, se visualiza la relación entre la valoración de la etiqueta energética y las ratios SEER y SCOP.

Asimismo, a continuación, en la Tabla 36, se expondrán algunos precios de aires acondicionados de alta eficiencia presentes en el mercado peruano, junto a sus características más destacables.

Tabla 36. Precios de equipos de aire acondicionado en el mercado

Electrodoméstico	Valoración energética	Área de refrigeración (m ²)	Precio
Aire acondicionado Split Pared Inverter - Lennox	A+++	16	S/ 1 679.00
Aire acondicionado Split Pared – Eacon	A+++	25	S/ 1 319.00
Aire acondicionado Split pared - York	A+++	30	S/ 2 259.00
Aire acondicionado Split - Lennox	A	280	S/ 1 490.00

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2. Implementación de aires acondicionados eficientes en la metodología

Para poder impactar el consumo de aires acondicionados dentro de la metodología se considera las frigorías que necesitaría un aparato de aire acondicionado para absorber el calor de un recinto. Se define frigorías como la unidad de potencia que se usará para medir la absorción térmica. Para poder calcularlas realizando un correcto dimensionamiento, se pueden tener en cuenta distintos factores, tales como, zona climática, orientación de la edificación, aislamiento, número de ventanas o puertas, etc, para lo cual, se deberá consultar a un profesional (Arnabat, 2008)

Sin embargo, como cálculo orientativo se recomienda considerar 100 frigorías por m² de superficie a refrigerar. También, se recomienda que, si el recinto tiene una gran carga térmica

por el color oscuro de las paredes, o zona de ubicación calurosa, se pueden incrementar la base de frigorías necesarias a 130-140. En este contexto, para el alcance de nuestra investigación se tendrá en cuenta la base de 100 frigorías establecida inicialmente.

A continuación, en la Tabla 37, se muestra la relación entre superficie a refrigerar y la potencia de refrigeración requerida para que un equipo AA pueda realizar un correcto funcionamiento, teniendo en cuenta que, una frigoría equivale 1.163 W.

Tabla 37. Potencia de refrigeración requerida por área de superficie

Superficie a refrigerar (m ²)	Frigorías	Potencia de refrigeración (kW)
20	2 000	2.3
30	3 000	3.4
40	4 000	4.6
50	5 000	5.8
60	6 000	6.9

Fuente: Elaboración propia (Arnabat, 2008)

Para poder calcular la potencia eléctrica que el dispositivo instalado requerirá para su funcionamiento, se hará uso de su etiqueta energética, según lo establecido en la Tabla 35. Para ello, se requerirá al usuario la valoración del nuevo aire acondicionado adquirido y haciendo uso del SEER promedio equivalente, se encontrará la potencia eléctrica de funcionamiento para el equipo. Por ejemplo, si el usuario adquiere un nuevo equipo AA para una habitación de 20 m² y es de tipo A++, por el área de superficie, este deberá poseer una potencia de refrigeración de aproximadamente 2.3 kW y según la valoración de su etiqueta energética le corresponde un SEER equivalente de 7.3. Para estos se calcula la nueva potencia eléctrica consumida, con la ecuación que se expone a continuación:

$$PEAA = \frac{PDR}{SEER} \quad (15)$$

Donde “PEAA” es la potencia eléctrica de equipo de aire acondicionado; “PDR”, potencia de refrigeración.

Por este motivo, para poder impactar el ahorro obtenido dentro del método se verá necesario que el usuario efectúe los cambios que desea realizar, indicando la nueva valoración energética que tendrá el aire acondicionado que adquirirá, para así encontrar el posible ahorro en el consumo, a partir de los supuestos descritos anteriormente.

4.1.3. Reemplazo de refrigeradoras eficientes

El refrigerador es uno de los dispositivos que consume mayor porcentaje energético en el hogar, según el gerente de Sociedad eléctrica del Sur Oeste Seal (2017), Leonidas Zavala, el refrigerador representa un 25% de la factura de electricidad. Es por esta razón, que se detalla la necesidad de adquirir refrigeradoras para el hogar que posean una valoración más alta de eficiencia energética.

Antes de definir el análisis del equipo dentro del cálculo, es importante aclarar el principio de su funcionamiento. Este dispositivo logra conservar los alimentos en un estado correcto, a través de una disminución de la temperatura de trabajo. Es por ello, que se hace uso de un refrigerante que al pasar de estado líquido a gaseoso, logra dar la temperatura deseada para el correcto almacenamiento de alimentos (Danfoss, 2019).

4.1.3.1. Tiempo de vida y eficiencia energética en heladeras

Un hecho notable en las heladeras es que su consumo puede presentar una gran dispersión, esto es debido a que, la norma que modela su consumo, denominada como IRAM 2404, lo hace bajo condiciones ideales: puertas cerradas, a 25C, con la heladera cargada y después de que se alcanzó el equilibrio térmico. Desde luego, en condiciones normales de funcionamiento, se tendrán picos que excedan estas cantidades nominales y otros que se encuentren por debajo (INTI Energía y USAM, 2019).

En cuanto al tiempo de vida de estos dispositivos y el efectivo de uso, se ven reflejados claramente en el consumo de energía eléctrica que estos necesitan para funcionar, lo cual los hace más o menos eficientes. A continuación, en la Figura 20, se presentan los resultados de energía realizados en Argentina del coste de una refrigeradora a lo largo de 10 años. En esta, se puede observar en azul, el coste asociado al equipo; en rojo, el asociado al mantenimiento y verde, al consumo de energía.

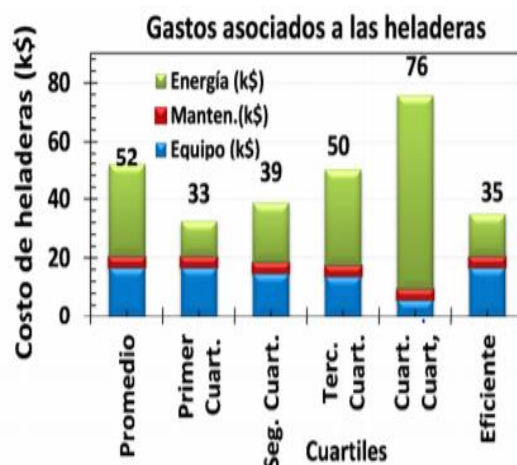


Figura 21. Costo asociado a una heladera a lo largo de 10 años

Fuente: INTI - Energía y USAM (INTI Energía y USAM, 2019)

De esta figura podemos resumir lo siguiente, las neveras de mayor costo, apreciadas en el primer cuartil, es decir de una clase A, incurrirán en un menor uso de electricidad a lo largo de 10 años. En cambio, las más baratas, las del último cuartil, que según el estudio son de alrededor de 15 años de antigüedad, generan un gasto 2.3 veces mayor a lo largo de su vida.

Asimismo, se abstraen dos recomendaciones, en primer lugar, no adquirir equipos usados ni con una etiqueta inferior a la A y segundo, realizar el recambio de la refrigeradora cuando se vea pertinente. De lo contrario, se pueden llegar a contraer altos costos de consumo de electricidad, considerando que esta se encuentra funcionando las 24 horas del día en nuestro hogar.

A continuación, en la Tabla 38 se exponen precios de refrigeradoras eficientes que se encuentran en el mercado peruano, junto a sus características de eficiencia energética y tamaño, para que se pueda establecer una comparativa.

Tabla 38. Precios de refrigeradoras eficientes en el mercado

Electrodoméstico	Valoración energética	Potencia (W)	Capacidad (L)	Precio
Refrigeradora Samsung	A	300	438	S/ 2 299.00
Refrigeradora Indurama	A	340	350	S/ 1 599.00
Refrigeradora Electrolux	B	347	450	S/ 999.00
Refrigeradora Electrolux	B	281	250	S/ 729.00

Fuente: Elaboración propia (SODIMAC, 2019)

4.1.3.2. Cálculo del consumo de refrigeradoras a partir de su eficiencia energética

Partiendo de un estudio realizado por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), se muestra en la siguiente tabla el consumo de energía anual aproximado para una heladera con congelador de 14 pies cúbicos en promedio. En base al cual, se realiza el cálculo del consumo mensual aproximado, a través de un promedio entre el mínimo y máximo medido, el cual se expone en la Tabla 39.

Tabla 39. Consumo de energía anual de refrigeradoras según etiqueta energética

Valoración energética	Índice de eficiencia energética (%)		Consumo de energía medido (kWh/Año)		Consumo mensual promedio (kWh/mes)
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	
A	55	30	411	224	26.46
B	75	55	560	411	40.46
C	90	75	672	560	51.33
D	100	90	747	672	59.13
E	110	100	822	747	65.38
F	125	110	934	822	73.17
G	150	125	1121	934	85.63

Fuente: Adaptado de Programa Casa Segura (International Copper Association Latin America, 2012)

Asimismo, en relación con lo establecido en el capítulo II, a una refrigeradora de estas características le corresponde un consumo promedio de 450 W, según bibliografía. En este punto, se ve necesario establecer un factor que nos permita modelar el consumo real de cualquier tipo de refrigeradora con la cual se cuente en residencias, puesto que, se conoce que este dispositivo, a pesar de estar funcionando 24 horas del día, no hace uso de su potencia nominal en todo momento, sino que esto varía en función de las cargas que se realicen y los ciclos de refrigeración, todo ello explicado en secciones anterior.

A este se le denomina factor de corrección, el cual se calculó a partir de los datos establecidos: índice de eficiencia energética, el consumo mensual promedio y la potencia nominal de la refrigeradora antes expuesta. El resultado obtenido del cálculo del factor se encuentra expuesto en la Tabla 40, este se utilizará para impactar el cálculo de la utilización de refrigeradoras, en función de su valoración energética.

Tabla 40. Factores para el impacto de eficiencia energética en el cálculo

Valoración energética	Índice de eficiencia energética (%)	Factor de corrección (%)
A	42.5	19
B	65	19
C	82.5	19
D	95	19
E	105	19
F	117.5	19
G	137.5	19

Fuente: Elaboración propia

De esta forma, se puede afirmar que, de las 24 horas diarias de funcionamiento de la refrigeradora, esta solo utiliza un 19% de su potencia nominal. A partir, de este factor de corrección y el índice de eficiencia, se aplica la siguiente ecuación para modelar el consumo eléctrico del electrodoméstico.

$$CER = PN * IEEP * FCo * Tf * N^{\circ}d \quad (16)$$

Donde “CER” es el consumo eléctrico de la refrigeradora; “IEEP”, índice de eficiencia energética promedio y “FCo”, factor de corrección, expuestos ambos en la Tabla 40.

Finalmente, el consumo eléctrico del dispositivo estará en función de su valoración energética. Si este posee una mejor graduación, su consumo será menor, de lo contrario, si su valoración corresponde a una calificación más baja, esto se verá reflejado en un incremento de la energía utilizada en su funcionamiento.

4.1.4. Correcta gestión del consumo de termas eléctricas mediante la implementación de sistemas

Las termas eléctricas funcionan a través de una resistencia, que se calienta a altas temperaturas. De tal manera, que cuando el agua pasa por la resistencia, esta le otorga calor y aumenta su temperatura. Este control está establecido por un diafragma que controla el paso de energía a la resistencia. En modelos más antiguos esto solo es regulado por la presión de agua que entra en contacto con la resistencia. Pero, en modelos más eficientes esta regulación se encuentra ligada a otros factores adicionales como temperatura, tiempo, etc.

Al igual que otros dispositivos eléctricos, si la terma eléctrica se tiene encendida de manera continua su consumo eléctrico se verá disparado y con ello nuestras facturas de luz, teniendo en consideración que sus potencias instaladas son bastante altas. De lo contrario, si se implementa una correcta gestión de este electrodoméstico, mediante unos factores determinados se puede llegar a obtener un ahorro considerable. Estos se definen a continuación (Tesy Administrator, 2018):

- Sistema con termostato:

Se define como termostato a un componente del dispositivo eléctrico que será capaz de abrir o cerrar el sistema teniendo en cuenta la temperatura a la cual se deberá llegar. Ajustar la temperatura a la que el termo calienta el agua, puede acarrear un ahorro significativo a partir de la disminución de unos grados. Por ello se recomienda disminuir la temperatura de trabajo de los 60°C habituales a una temperatura de trabajo promedio de 45°C, la cual garantiza poseer agua caliente y mantener el consumo eléctrico del termo en un mínimo posible. Esto se puede

lograr, mediante la implementación de un sistema moderno que incluya esta posibilidad para el usuario.

- Sistema con timer eléctrico:

Un timer eléctrico es un pequeño dispositivo que permite regular la franja horaria en la cual queremos que se encuentre en funcionamiento el dispositivo eléctrico. Esto le permite al usuario, ajustar según sus necesidades, cuál es el tiempo óptimo que precisa tener la terma funcionando diariamente. En este caso, se pueden adquirir termas modernas que poseen este sistema instalado. O de lo contrario, también es posible adquirir estos temporizadores de manera independiente e instalarlo junto a la terma con la que contemos en el hogar.

Para poder impactar ambas metodologías en el cálculo se tendrá en cuenta lo siguiente:

Para la cuantificación que se obtiene del ahorro mediante la implementación de una terma eléctrica con un sistema de termostato instalado, se tendrá en consideración la siguiente ecuación (Construmática, 2019):

$$DE = Q * N * (T^{\circ}ac - T^{\circ}af) * 1.16 * 10^{-3} \quad (17)$$

Donde, “DE” es la demanda de energía (kW.mes); “Q”, es el caudal de agua que deseamos calentar (L/día); “N”, número de días al mes; “T°ac”, temperatura de agua caliente y “T°af”, temperatura de agua fría (K).

A partir de esta ecuación, podemos determinar que, al reducir la temperatura de salida de manera considerable, de 60°C de trabajo de la terma a unos 45°C mediante un termostato, no solo se asegura obtener agua lo suficientemente caliente, sino también un ahorro de energía comprometida en el proceso. Si se supone un volumen fijo por día de agua a calentar y una temperatura de agua fría de 15°C y realizamos el cálculo, se obtienen los resultados, para un día de consumo, expuestos en la Tabla 41.

Tabla 41. Estimación de la energía necesaria para calentar agua

Temperatura de agua caliente(°C)	Volumen de agua a calentar (L)	Energía necesaria (kW.mes)
60	50	78.3
	100	156.6
	150	234.9
45	50	52.2
	100	104.4
	150	156.6

Fuente: Elaboración propia

De esto, podemos deducir que el porcentaje de ahorro atribuible a un cambio en la temperatura es de un 30% aproximadamente. Esto se verá reflejado en la metodología, mediante el factor de carga implementado en el capítulo II, este afectará a la potencia nominal del equipo en función de los parámetros de funcionamiento. En este caso el factor determinante será la temperatura final del agua caliente.

Por otro lado, para la implementación de una terma eléctrica con timer dentro de la metodología, solo será necesario preguntar al usuario la franja horaria de trabajo instalada para su terma. Esto, será considerado como tiempo de funcionamiento del equipo, para efectos de cálculo. En la Tabla 42, se muestran los precios del mercado.

Tabla 42. Precios termas eléctricas eficientes en el mercado

Electrodoméstico	Sistema de control	Potencia (W)	Capacidad (L)	Precio
Terma eléctrica Sole	Timer incorporado	1200	50	S/ 999.00
Terma eléctrica Sole Millenium	Termostato - Timer	1200	50	S/ 1 009.00
Terma eléctrica Sole Millenium	Termostato - Timer	1500	110	S/ 1 499.00

Fuente: Elaboración propia (SODIMAC, 2019)

4.1.5. Implementación de luminarias junto a sensores de movimiento

La iluminación puede ser controlada a partir de la implementación de sensores que la activen cuando alguien está dentro del perímetro escaneado, estos son denominados sensores de ocupación y/o presencia. Cuando este ya no pueda ser detectado, las luces se apagarán de manera inmediata. Existen dos tipos de sensores de ocupación:

- a) Sensores infrarrojos: reaccionan frente a los cambios de calor, creados por ejemplo ante una persona en movimiento. Para ello, se verá necesario que tenga un acceso sin obstáculos frente a los lugares que se desea monitorear, de lo contrario, disminuirá su eficacia.
- b) Sensores ultrasónicos: transmiten sonido por encima del rango auditivo humano y determinan cuánto demoran estas ondas de sonido en regresar. Cualquier movimiento representará una ruptura de la transmisión de las ondas y con ello se activará la iluminación.

Dentro del hogar, es más recomendable la instalación de sensores, según estudios, en las siguientes zonas: el baño, 41%; dormitorios, 34% y en la entrada, 25% (Barcelona Led, 2018). En la Tabla 43, se pueden observar los porcentajes estimados de ahorro respectivos a distintas partes de la edificación, que se pueden obtener según se instalen los sensores de movimiento.

Tabla 43. Potencial ahorro energético en iluminación con sensores de ocupación

Aplicación	Potencial ahorro energético (%)
Baños	30-75
Pasillos	30-40
Oficinas privadas	25-50

Fuente: Elaboración propia (U.S Department of Energy, n.d.).

Para poder impactar la utilización de sensores en el cálculo de consumo eléctrico, se considerará un valor promedio de los porcentajes establecidos según la zona del hogar donde se implementen. Es común que, dentro de edificaciones residenciales, se instalen sensores en pasillos, patios y entradas del hogar, esto para evitar que las luces se queden encendidas cuando

nadie se encuentra utilizándolas. A ello, le correspondería un ahorro del 35% del consumo promedio mensual de la luminaria instalada en pasillos. Asimismo, si se instalan en baños se considerará un ahorro de consumo de 50%.

En la actualidad, esta posibilidad ya no suena muy lejana, debido a que, existen maneras muy factibles de instalar esta clase de sensores, por ejemplo, se ha desarrollado una implementación entre LED y el uso de sensores. Asimismo, existen en el mercado bombillas que traen sensores adheridos, lo cual facilita su uso al usuario. En la Tabla 44, se expone una recopilación del precio de sensores junto a sus respectivas luminarias de tipos diversos.

Tabla 44. Precios de sensores para luminarias en el mercado

Electrodoméstico	Sistema de control	Lugar de instalación	Precio
Sensor de movimiento luminarias	180°	Pared	S/ 25.00
Sensor de movimiento para focos rosca	360°	Techo	S/ 26.00
Foco LED 12W con sensor incorporado - Opalux	360°	Techo	S/ 35.00

Fuente: Elaboración propia (SODIMAC, 2019)

4.2. Uso de energía renovable

Las energías renovables han constituido una parte importante de la producción de energía desde tiempos remotos. De esta manera, energías como la solar, eólica e hidráulica han incrementado su porcentaje de utilización en los últimos años. Esto puede ser atribuido a distintos factores, pero el principal motivo de su uso es que son ecológicas, no contaminantes. Permitiendo así, el desarrollo sostenible por la generación de energía eléctrica a distintas escalas.

La energía fotovoltaica, basa su funcionamiento en la captación de energía solar y la conversión de esta en energía eléctrica mediante la utilización de paneles solares. Todo ello, mediante el uso de materiales semiconductores que posean un efecto fotoeléctrico. Este tipo de

energía permite un sin número de aplicaciones, ya que, puede suministrar energía a viviendas, faros, repetidores de telecomunicaciones, sistemas de riego, etc. (Perpiñán Lamigueiro, 2012).

De la misma manera, la energía solar térmica, es muy utilizada en residencias para generar calor, el cual puede aprovecharse para cocinar alimentos o calentar agua para consumo doméstico, tal como, calefacción, agua sanitaria, etc. Para ello, se pueden implementar dispositivos que permitan la captación de esta energía.

Por esta razón, después de realizar la correcta evaluación del uso de energía en el hogar, y la consideración de todos los electrodomésticos que se encuentran instalados en ella, así como, maximizar su eficiencia energética, la posibilidad de implementar un sistema fotovoltaico, tanto como para generar electricidad o calor, no debería quedar fuera del rango de análisis.

4.2.1. Implementación de paneles fotovoltaicos

En la actualidad, existen dos tipos de sistemas fotovoltaicos. Los primeros en desarrollarse fueron llamados Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFA), los cuales siguen siendo utilizados para alimentar zonas rurales y de difícil acceso y luego, se encuentran los Sistemas Fotovoltaicos Conectado a la Red (SFCCR), cuya función principal es producir energía en las condiciones necesarias para que esta pueda ser inyectada a la red convencional.

Estos han ido tomando mayor importancia a lo largo de los años y son los implementados en edificaciones. La diferencia fundamental entre uno y el otro, es que en el último caso no se hace uso del subsistema de acumulación entre la batería y la carga (Cornejo Lalupú, 2017).

Dentro de un sistema de generación eléctrica por uso de energía solar existen diversos dispositivos que se deberán de dimensionar y definir en función de la cantidad de energía que se desee producir y las condiciones del lugar en donde se realice. Su esquema se puede visualizar en la siguiente figura.

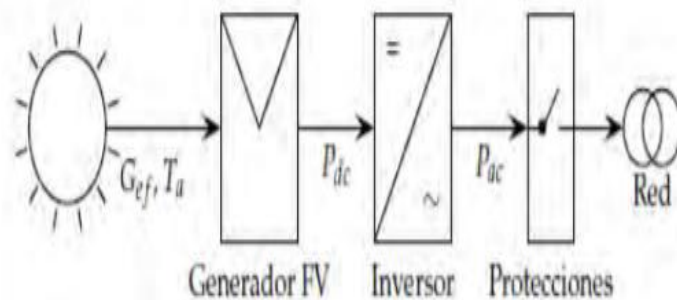


Figura 22. Esquema asociado a un SFCR

Fuente: Energía solar fotovoltaica (Perpiñán Lamigueiro, 2012)

La mayoría de los sistemas fotovoltaicos instalados en todo tipo de edificaciones se montan sobre los tejados y o cubiertas. Estos pueden ser de pequeño a mediano tamaño, dependiendo de cuánta generación de energía deseemos tener en nuestros hogares, suele oscilar entre 5kW a 200kW. El dimensionamiento de este sistema no es objeto de estudio de la presente tesis, por lo que no se entrará en detalle.

Por otro lado, se exponen a continuación, en las siguientes secciones, las partes de este sistema, partiendo de la configuración observada en la Figura 23. La cual, corresponde a el sistema fotovoltaico más común empleado en edificaciones, pudiendo este generar la electricidad, total o parcial, necesaria para alimentar cargas en el inmueble. Asimismo, en las siguientes secciones, se expondrán las partes de este sistema.

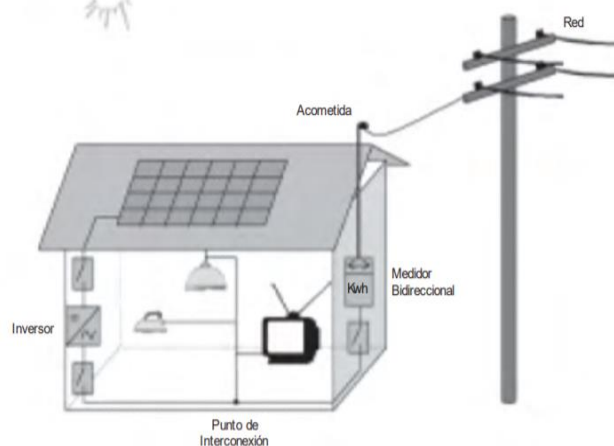


Figura 23. Configuración típica de un sistema fotovoltaico conectado a red

Fuente: Boletín IIE (Gonzales, Jimenez, & Lagunas, 2003)

4.2.1.1. Partes de la instalación fotovoltaica

a) Paneles solares

Los paneles solares o módulos fotovoltaicos son los elementos encargados de captar la energía procedente del sol en forma de radiación y convertirla, a través del efecto fotovoltaico, en energía eléctrica.

Este efecto se produce a través de la generación de una fuerza electromotriz en la unión de dos elementos semiconductores, los cuales generan una diferencia de potencial. Esta a su vez, genera un flujo de electrones, originando así una diferencia de potencial en la célula. Luego, la célula es capaz de entregar corriente eléctrica a un circuito externo mediante contactos establecidos. Asimismo, sin duda alguna la célula fotovoltaica es la parte más importante de los paneles. De ella dependerá la calidad y el rendimiento de un panel a lo largo de su vida (Alonso Lorenzo, 2015).

En la Figura 24 se exponen los tres tipos de células fotovoltaicas presentes en el mercado, estos se describen a continuación:

- Células fotovoltaicas monocristalinas: la mayor parte de células solares que se tienen en el mercado están conformadas por silicio monocristalino. Siendo las más comercializadas y utilizadas para la energía solar, debido a que, su rendimiento es más alto a la de los otros tipos, alcanzando esta, cifras de hasta un 20%. Están fabricadas con silicio de alta pureza, por lo que, su precio en el mercado es el más elevado de todos los tipos.
- Células fotovoltaicas policristalinas: parten de un proceso de producción de menor coste, con una menor cantidad de silicio implementada. Lo cual, produce que estas tengan una menor tolerancia ante el calor y se reduzca su rendimiento respecto a las monocristalinas, alcanzando cifras de hasta 15%.
- Células de silicio amorfo: su fabricación es mucho más simple y por lo cual son más baratas. Sin embargo, esto reduce su tiempo de vida, por lo que, se degradan más rápidamente y su eficiencia está por debajo del 10%.



Figura 24. Paneles solares según el tipo de célula fotovoltaica

Fuente: ER solar (Chacón Santana, 2019)

De este modo, un panel fotovoltaico está conformado por el arreglo de varias células del mismo tipo, estas pueden ser unidas en serie y/o en paralelo. De tal manera, que el arreglo brinde la tensión y posterior corriente que se desea alcanzar.

b) Inversor

La corriente que se genera a partir del arreglo de los paneles solares, es de tipo continua. El inversor fotovoltaico es aquel dispositivo que se encarga de convertir esta corriente generada a corriente alterna, según las características establecidas para la red: tensión de 220V y frecuencia de 60 Hz. Las partes fundamentales de un inversor son las siguientes (Cornejo Lalupú, 2017):

- Control general: está conformado por todos los elementos de control general, parte del sistema de protecciones y el sistema de generación de ondas.
- Control de red: sincroniza la forma de onda generada a la red, realizando ajustes a la tensión, fase, sincronismo, etc.
- Protecciones: estas respetan a posibles fallos en la red, variación de tensiones, frecuencia fuera de los límites establecidos, etc.
- Microprocesadores: estos son dispositivos que permitirán el monitoreo de datos tanto de parámetros internos del sistema, tales como, tensión, corriente y frecuencia, como externos, radiación, temperatura del ambiente, etc.

c) Bloque de control

El bloque de control ha cobrado mayor importancia en los últimos años, pues es a través de este que se puede ejecutar las órdenes necesarias para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, así como, recoger los datos de la instalación de potencia, radiación, temperatura, corriente, etc. Existen dos tipos:

- Bloques de control manuales: este tipo es usado en instalaciones donde el volumen de generación eléctrica es pequeño. El control lo lleva a cabo el usuario del sistema mediante conmutadores o interruptores.
- Bloques de control computarizados: sistemas informáticos que se encuentran captando constantemente información del sistema.

d) Bloque de cableado

Este está conformado por todos los cables de la instalación que funcionan como conductores eléctricos, los cuales deberán de cumplir unas características mínimas establecidas para evitar pérdidas al sistema. Estos serán de cobre, y su sección dependerá de qué parte del sistema compongan, si es CC o CA.

e) Bloque de carga

Este bloque hace referencia a todo equipo que va a ser alimentado por la generación de electricidad del sistema. Es decir, en este caso de estudio puntual, son todos los dispositivos y electrodomésticos instalados en la vivienda que alimentará la energía renovable.

Para poder establecer un sistema eficiente, se debe de gestionar la carga correctamente, cuantificarla y optimizarla. De esta manera se asegura que el sistema funcione dentro de los parámetros esperados y se minimizan las pérdidas.

4.2.1.2. Implementación de paneles solares en la metodología

Para poder llevar a cabo la cuantificación de la generación de electricidad que tengan los paneles solares y su instalación en nuestro hogar, se introducirán a la toma de datos del cálculo

ciertas consideraciones que darán al usuario la posibilidad de realizar un descuento en su consumo a partir de la implementación de esta metodología.

Para realizar el cálculo se parte de los estamentos establecidos dentro de la Tabla 45. Se debe tener en consideración que, para simplificaciones de cálculo, se consideran 3 horas efectivas de sol en invierno y 7 horas efectivas de sol en verano. Por lo cual se considera un promedio de 5 horas efectivas de sol.

Tabla 45. Cálculo del ahorro de consumo eléctrico mediante la implementación de paneles solares

Pregunta	Respuesta
Número de paneles instalados	
Potencia nominal del panel (W)	

Fuente: Elaboración propia

Partiendo de esta información se realiza el cálculo de la potencia que entregan los paneles a la edificación, para su posterior descuento en el método. Para lo cual, se aplica la siguiente ecuación:

$$EMSPS = n \text{ paneles} * PN * HES * 30 \quad (18)$$

Donde “EMSPS” es la energía mensual suministrada por paneles solares; “PN”, potencia nominal de cada panel brindada por el usuario y “HES”, horas efectivas de sol días, lo cual se asume como 5 para efectos de cálculo. Este monto obtenido, será descontado del consumo de electricidad obtenido anteriormente.

Para edificaciones de tipo residenciales, la generación de paneles puede ser establecida a través de dos maneras. Se puede incurrir en la compra de un kit de paneles que trae consigo todo lo necesario para la instalación, o se pueden adquirir cada una de las partes de la instalación de manera independiente.

Por este motivo, en las tablas 46 y 47 se expondrán precios de kits solares y paneles solares independientes de distintas características, respectivamente.

Tabla 46. Precios de Kit solares de conexión a red en el mercado peruano

Nombre del Kit	Componentes	Descripción	Tipo de instalación	Precio
Kit Solar Conectado Red 700VA 4000Whdia SolaX	3 paneles solar 270W de conexión a red Era Solar	De silicio policristalino	Instalaciones donde sus consumos se generan en horas diurnas	S/ 5 208.81
	1 inversor de conexión a red SolaX	Inversor de conexión monofásico		
	Estructura de cubierta metálica o tejas	Estructura de posicionamiento fácil para estructuras planas o con inclinación		
	10 metros de cable rojo y 10 metros de cable negro	Doble aislamiento de goma libre de halógenos		
	2 conectores Multicontact	-		
Kit Interconexión Red Huawei 2000W 9900Whdia	6 paneles solar 270W de conexión a red Era Solar	De silicio policristalino, es el más usado en instalaciones de viviendas	Instalaciones donde sus consumos se generan en horas diurnas	S/ 11 658.49
	1x Inversor de interconexión Huawei	Sirve para tener un autoconsumo que nos permitirá ahorrar en la factura energética		

Fuente: Elaboración propia (AutoSolar Energía del Perú, 2018)

Tabla 46. Precios de Kit solares de conexión a red en el mercado peruano
(continuación)

Nombre del Kit	Componentes	Descripción	Tipo de instalación	Precio
Kit Interconexión Red Huawei 2000W 9900Whdia	1 varímetro	Medidor de energía	Instalaciones donde sus consumos se generan en horas diurnas	S/ 11 658.49
	Estructura de cubierta metálica o tejas	Estructura de posicionamiento fácil para estructuras planas o con inclinación		
	20 metros de cable rojo y 20 metros de cable negro	-		

Fuente: Elaboración propia (AutoSolar Energía del Perú, 2018)

Tabla 47. Precios de paneles solares de conexión a red en el mercado peruano

Aplicación	Descripción	Tipo de instalaciones	Precio
Panel solar - TAI Energy	80W a 12 V- Policristalino	Pequeñas instalaciones	S/ 305.03
Panel solar – Red Solar	165W a 12V - Monocristalinos	Viviendas, casas de campo y chalets	S/ 859.71
Panel solar – Talesun	270W a voltaje variable - Policristalino	Bajo cualquier condición	S/ 821.09
Panel solar - Amerisolar	270W a voltaje variable - Policristalino	Bajo cualquier condición	S/ 862.06

Fuente: Elaboración propia (AutoSolar Energía del Perú, 2018)

4.2.2. Uso de termas solares

Teniendo en cuenta las ventajas del uso de energía solar, es necesario considerar las termas solares dentro de las disposiciones de mejora de gestión eléctrica en el hogar. Puesto que, a través de este dispositivo, solo se utiliza la energía solar para calentar agua, una vez conseguida el agua caliente, esta se almacena en estas condiciones por un periodo largo de tiempo. De esta forma, se podrá utilizar en cualquier momento del día, no solo cuando se tengan horas efectivas de sol.

Las termas solares, funcionan a través de dispositivos denominados como colectores o captadores solares, estos están diseñados para captar la energía del sol y aprovecharla para calentar agua o calentar espacios. No deben ser confundidos con los paneles fotovoltaicos, puesto que su función es totalmente diferente, puesto que, estos últimos son empleados para producir electricidad.

Existen diversos tipos de colectores solares, entre ellos tenemos: colectores planos, de tubos al vacío y plásticos, los últimos son utilizados específicamente para la climatización de piscinas. Para el calentamiento de agua, el tipo de colector a utilizar depende de la temperatura final que se desea alcanzar. Para la mayoría de los casos, se emplea colectores planos, los cuales logran una temperatura de hasta 60 °C, sin embargo, si se desean temperaturas más altas, se deben implementar colectores de tubos de vacío (OCU, 2018).

Asimismo, existen diversos principios de funcionamiento de termas solares para calentar agua. Entre ellos, se pueden destacar los 4 principales, a partir de los cuales el usuario puede adaptarlos a sus requerimientos (Delta Volt SAC, 2020)

- Principio pasivo: este se caracteriza por no necesitar implementar bomba, puesto que a través del principio de termofisión, el agua caliente de menor densidad sube por si misma al tanque. Para ello, se necesita que el tanque sea colocado arriba del colector solar.
- Principio activo: se implementa la utilización de bomba para la movilización del agua caliente, es por ello, que es posible colocar el tanque en cualquier lugar. Además, hace uso de un controlador que apaga la bomba cuando la temperatura del colector es más baja.
- Principio directo: al ingresar el agua al sistema, esta es calentada sin necesidad de incorporar otro intermedio.

- Principio indirecto: hace uso de un líquido anticongelante, por lo cual, se necesitará implementar un intercambiador de calor, generalmente dentro del tanque.

4.2.2.1. Tipos de termas solares según principios de funcionamiento

A partir de la combinación de los principios expuestos y la implementación de colectores planos o tubos al vacío, se pueden definir tres tipos de termas solares, que son posibles de utilizar. La selección de uno u otro depende mucho de las condiciones de vida y preferencias del usuario, estos se exponen a continuación (Delta Volt SAC, 2020):

- Sistema directo pasivo "Termofisión": este tipo de termas solares, se encuentran en el mercado hace muchos años. Pueden ser incorporados tanto con colectores planos como con tubos al vacío. Pero, estos últimos necesitarían un controlador de presión pues no aguantan una presión elevada. Su esquema se describe en la Figura 25.

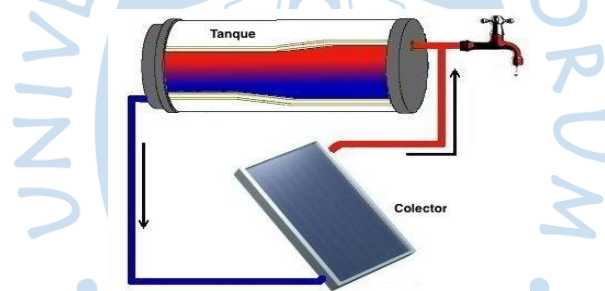


Figura 25. Esquema de terma solar con sistema directo pasivo

Fuente: Delta Volt (Delta Volt SAC, 2020)

- Sistema activo directo: elimina la necesidad de colocar el tanque por encima del colector mediante la utilización de una bomba, además se requiere la implementación de un controlador que apague la circulación cuando no haya producción de energía en los paneles. Esto eleva la complejidad del equipo y el coste. A continuación, en la Figura 26, se muestra su esquema de trabajo.

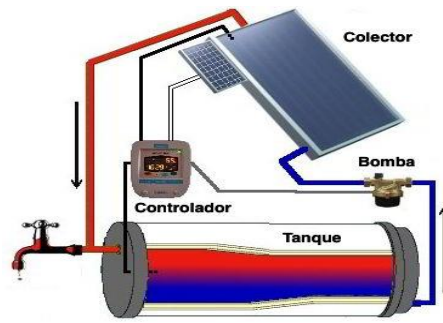


Figura 26. Esquema de termas solar con sistema activo directo

Fuente: Delta Volt (Delta Volt SAC, 2020)

- c) Sistema activo indirecto: se usa en zonas donde se tienen temperaturas muy bajas, es por ello, que incurre en el uso de líquidos anticongelantes dentro del intercambiador de calor. Requiere de mayor atención, sin embargo, es bastante rentable. En la Figura 27, se puede visualizar su esquema de trabajo.

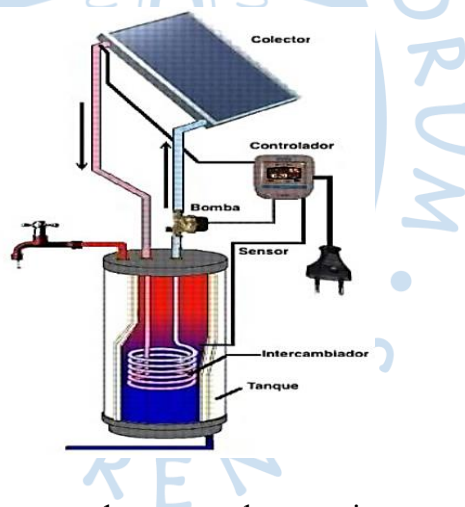


Figura 27. Esquema de termas solar con sistema activo indirecto

Fuente: Delta Volt (Delta Volt SAC, 2020)

En el mercado peruano, las termas solares directo pasivo, son las que tienen mayor porcentaje de utilización y dominan en el Perú, por sus condiciones de funcionamiento y rentabilidad para el usuario. Es por ello, que en la Tabla 48, se exponen termas solares de este tipo y sus precios referenciales en el mercado.

Tabla 48. Precios de termas solares en el mercado peruano

Aplicación	Capacidad (L)	Precio
Terma solar – Magnum Termoinox	90	S/ 2 190.00
Terma solar – Magnum Termoinox	150	S/ 2 750.00
Terma solar - Sole	80	S/ 2 570.00
Terma solar - Sole	110	S/ 2 870.00

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2. Implementación de las termas solares en el cálculo

Para poder implementar la instalación de termas solares dentro del cálculo, solo se deberá tener en cuenta dos consideraciones, que se detallan a continuación:

- Los gastos de electricidad de estas termas pueden ascender a S/ 1.00 al mes, por lo cual se consideran despreciables dentro de la metodología de cálculo
- Junto con su implementación se hace nulo el consumo de otro tipo de termas o duchas eléctricas previamente instaladas en la edificación, puesto que se consideran un reemplazo inmediato de estos dispositivos.



Capítulo 5

Validación de las metodologías y cálculo del ahorro estimado en el consumo

En el presente capítulo se tienen dos objetivos fijados: en primer lugar, se expondrá a detalle, el desarrollo de las metodologías y el resultado final obtenido mediante la modelación de las mismas para la implementación de dispositivos eficientes y metodologías de gestión, expuestos en los capítulos 3 y 4. Para ello, se exhibirá el proceso seguido para la validación de las mismas.

En el caso de la metodología de consumo de agua, se detallará, cuál fue el resultado de la implementación de dispositivos eficientes en el método de Hunter, mediante sus unidades de gasto. Además, se contará a detalle el proceso seguido para su ajuste en Minitab, mediante la aplicación de la metodología a un conjunto diverso de edificaciones residenciales, todas con diferentes características en infraestructura y residentes. De la misma manera, se presentará cuál es el porcentaje de error probable estimado, que se puede obtener a partir de la aplicación del estudio estadístico a una nueva muestra, no utilizada en la modelación de regresión.

Para la metodología de consumo eléctrico, se expondrá a detalle el resultado de la modelación de los equipos eléctricos que pueden estar presentes en la edificación, tanto eficientes como no eficientes. Para ello, se realizará la aplicación del método a un conjunto de residencias. A partir de las cuales, se obtendrá un porcentaje de error probable esperado, mediante la diferenciación de lo que otorga el método y lo observado en sus recibos de luz. En este punto, es importante exponer la implementación de factores de utilización de los dispositivos eléctricos, a partir de la validación del método. Los cuales, reflejan cuál es el tiempo de uso promedio de electrodomésticos en el hogar.

El segundo objetivo del presente capítulo es la estimación del ahorro que se obtendría mediante la implementación de las alternativas de gestión expuestas en capítulos anteriores. Estos serán calculados mediante cambios efectuados a las metodologías de cálculo.

5.1. Procedimiento de validación de las metodologías

Tanto para el método desarrollado para el cálculo de consumo de agua, como el de electricidad, se vio necesario realizar un proceso de validación, a través del cual, se asegure que los resultados futuros que se obtengan a partir de su aplicación en viviendas de características diversas, sean significativos. Es decir, presenten un porcentaje de error aceptable y que asemejen al consumo real.

El proceso aplicado a los métodos es diferente, puesto que, su desarrollo también lo fue. Se ejecutará la aplicación de ambos en una muestra de viviendas establecidas de la región de Piura, para las cuales, se realizará una comparativa entre los resultados obtenidos a partir de las metodologías y los valores reales de consumo observados en boletas de luz y agua, brindadas por las familias encuestadas.

5.1.1. Metodología de consumo de agua

En la presente sección, se expone cuál fue el procedimiento realizado a partir de un estudio estadístico para la obtención de una ecuación de regresión, que permita modelar los consumos máximos probables, obtenidos a través del método de Hunter para la obtención de unos consumos que se ajusten en mayor medida a las realidades de las residencias en las cuales se aplique el método.

Asimismo, a partir del proceso de implementación de alternativas para obtener una mejora en la gestión del consumo de agua dentro de residencias, establecidas en el capítulo 3, se ve necesario verificar la correcta estimación de consumos efectuadas por la metodología. De esta manera, se podrá calcular de manera efectiva los ahorros estimados a través del uso de dispositivos más eficientes o sistemas de gestión del recurso agua en el hogar.

5.1.1.1. Recolección de data para implementación del estudio estadístico

Para el procedimiento de validación de la metodología de cálculo de uso de agua, se vio necesario la toma de una muestra de información de edificaciones de distintas características y tamaños, considerando que fuesen viviendas unifamiliares.

Tabla 49. Plantilla implementada para el estudio de regresión del método a través de Minitab

Pregunta		Respuesta
¿Cuántas personas habitan en la vivienda?		
¿Cuál es su consumo de agua promedio (m3)?		
¿Cuántos dispositivos del siguiente tipo posee en su vivienda?		
Inodoro	Con tanque - descarga reducida.	
Inodoro	Con tanque.	
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática.	
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida.	
Lavatorio	Corriente.	
Lavatorio	Con sensor	
Lavatorio	Con aireador	
Lavadero	-	
Lavadero	Con sensor	
Lavadero	Con aireador	
Ducha	-	
Tina	-	
Urinario	Con tanque.	
Urinario	Con válvula semiautomática y automática.	
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida.	
Urinario	Múltiple (por ml).	
Urinario	Seco	

Fuente: Elaboración propia

En este punto, se consideró pertinente la realización de una encuesta a un grupo de 50 familias piuranas. En la cual se realizaron las siguientes preguntas, necesarias tanto para la aplicación del método de Hunter, como para la conversión del consumo máximo esperado a un consumo real a través de su modelación en Minitab, las cuales, se exponen en la Tabla 49.

Una vez recolectada la información, se procedió a realizar el cálculo de las unidades de gasto de cada una de las edificaciones encuestadas a partir de la aplicación del método de Hunter. Además, en este punto es importante recalcar que, los datos de la encuesta serán mostrados en el apéndice A, los cuales se detallarán más adelante.

5.1.1.2. Resultado de la aplicación del estudio estadístico

Como primer paso, se vio necesario modelar las variables obtenidas según lo expuesto en la sección 2.1.2.2, a partir de las cuales se fue realizando un estudio de cuán significativas eran para la estimación del consumo de agua en las residencias. Como resultado de este estudio se obtuvo la siguiente ecuación para la modelación del consumo:

$$CME = -39 + 3.768 * N^{\circ}p + 45.4 * U.G - 11.44 * U.G^2 \quad (19)$$

Donde, “CME” es el consumo mensual estimado por el modelo; “N°p”, es el número de personas que habitan en la vivienda y “U.G”, son las Unidades de gasto calculadas a partir del método de Hunter.

Para este se establecen los siguientes valores de p-valor, todos los cuales están por debajo de 0.05, con lo cual nos aseguramos de que las variables utilizadas sean significativas en el desarrollo del modelo. Estos datos fueron extraídos del estudio estadístico arrojado por Minitab, los cuales se resumen en la Tabla 50.

Tabla 50. P-valor obtenidos del estudio estadístico de regresión

Términos	Coeficientes	P-Valor
Constante	-39.0	0.010
N°p	3.768	0.000
U.G	4.54	0.012
U.G ²	11.44	0.025

Fuente: Elaboración propia

Además, como información referente al funcionamiento del modelo en su totalidad, se obtuvo lo siguiente:

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
4.43052	70.75%	68.88%	65.63%

Figura 28. Resumen del modelo brindado por Minitab

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 28, podemos observar, el resumen del modelo dado por Minitab, a partir de la aplicación del estudio estadístico. El S, calcula la desviación estándar entre los valores de los datos ingresados y los valores estimados por el programa, se mide en unidades de la variable respuesta. Mientras menor sea el valor, mejor se ajusta el modelo a la data obtenida (Minitab, 2019). Por lo tanto, tenemos una desviación estándar de 4.4.

Asimismo, es de utilidad analizar de manera paralela el R^2 , este se define como el porcentaje de la variación de la variable respuesta, se calcula como 1 menos la relación entre la variación no explicada por el modelo y la variación total del modelo. Este se define en un rango de 0% a 100%, mientras mayor sea el valor tendremos un mejor modelo. De esto podemos exponer, que nuestro modelo explica un 70.75% de la variación del modelo.

Sin embargo, para una interpretación más completa, debemos considerar los siguientes puntos (Minitab, 2019):

- El R^2 será mayor a medida que se agreguen predictores al modelo, actualmente nuestro modelo trabaja con la información brindada por dos variables. Podrían incrementarse de verse necesario.
- Muestras pequeñas no podrán ser analizadas por el R^2 , se recomienda tomar muestras mayores a 40 datos para que este parámetro sea significativo, es por ello, que se trabaja con un tamaño de muestra de 50.

- Este trabajo de manera paralela con las gráficas de residuos vs. Ajustes. Su análisis se realizará a continuación.

El R^2 ajustado no será evaluado, puesto que, este es significativo para comparar modelos con diferente número de predictores. Por lo cual, no realizaremos su interpretación. Por otro lado, a través de la Figura 29, se realizará el análisis de las Gráficas de Residuos que complementan el estudio, y permiten tener una visión más global del modelo de regresión establecido.

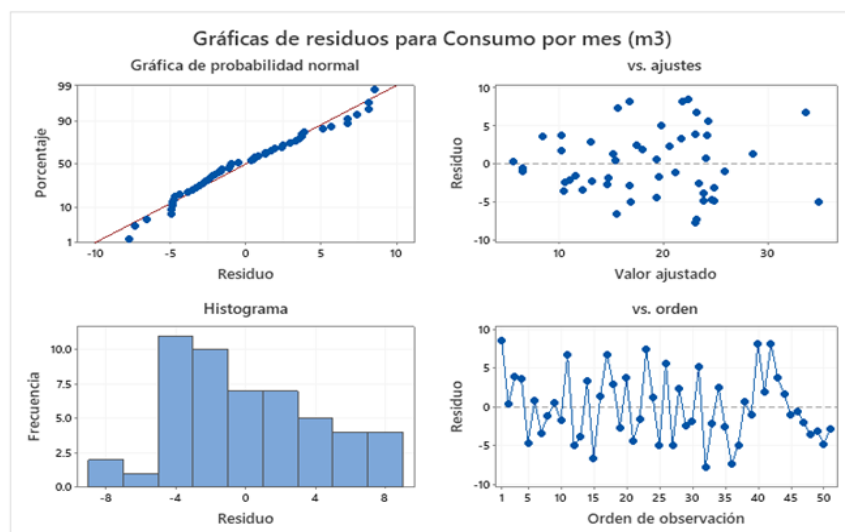


Figura 29. Gráficas de residuos del Consumo Estimado vs. Consumo Real

Fuente: Elaboración propia

Del histograma, podemos guiarnos para establecer si existen valores atípicos. Sin embargo, por el tamaño de la muestra es mejor establecer la guía base a partir de la gráfica de probabilidad normal, de la cual, se puede observar que, los valores siguen una línea recta, pero hay algunos que se alejan de esta, por lo que puede haber valores atípicos introducidos en el programa. Sin embargo, si se puede observar una buena predicción del modelo en términos generales, ya que, los valores se encuentran bastante ajustados.

En la gráfica de Residuos vs. Ajustes, lo ideal es que los puntos se ubiquen de manera aleatoria sin seguir ningún patrón establecido a ambos lados de la línea punteada que indica el cero. En este caso, se puede identificar que la gráfica no sigue ningún patrón.

De la gráfica de Residuos vs. Orden, se determina que esta no presenta ninguna tendencia, por lo que, se afirma que los residuos cercanos no están correlacionados y por lo tanto son independientes.

Los datos obtenidos a partir de la realización de la encuesta y la aplicación del método de cálculo, que se utilizan para definir la ecuación de regresión, se exponen en el apéndice A.

5.1.1.3. Definición y comprobación del ajuste del método

A partir del estudio estadístico realizado y la obtención de la ecuación regresión, que permite modelar el consumo máximo probable obtenido en método de Hunter a valores de consumo ajustados a los reales, se deberá realizar la introducción de esta dentro de la metodología de cálculo. De tal manera que, el resultado que arroje sea un valor real, a partir del cual, podamos calcular ahorro a través de la implementación de las mejoras.

De esta manera, a partir de las unidades de gasto calculadas por Hunter y los datos brindados por el usuario, el modelo de regresión calcula el consumo mensual esperado para una edificación con esas condiciones de funcionamiento.

Para poder llevar a cabo una correcta validación del método, se ve necesario en este punto realizar una nueva recolecta de data, no utilizada para la obtención del modelo de regresión. Así, mediante la introducción de esta a la metodología, se puede verificar la correcta estimación del consumo arrojado por el método. Para lo cual, se ve necesario incluir en el presente capítulo, la información brindada por el usuario, así como las unidades de gasto calculadas a través de Hunter, a partir de las cuales se obtienen la estimación del consumo, esto se encuentra expuesto en el apéndice A.

El resumen de la validación se muestra en la Tabla 51, en la cual se puede observar el consumo estimado, calculado a partir de la implementación de la metodología de cálculo, así como el consumo real, dado a partir de la lectura del recibo de agua del usuario de la residencia entrevistada. Además, del porcentaje de error, calculado a partir de la variación entre la estimación y la lectura.

En conclusión, de esta validación podemos observar que se tienen en promedio un 12% de porcentaje de error esperado a través de la aplicación del método. Este número es aceptable,

para la finalidad de la aplicación de la metodología, la cual se basa en cuantificar ahorro, esto se verá expuesto en la sección 5.2.

Tabla 51. Comprobación de la efectividad de la metodología de cálculo para consumo de agua

Familia	Consumo estimado (m ³)	Consumo real (m ³)	Error (%)
1	24.78	21.00	18.00
2	16.60	16.00	3.75
3	13.57	15.00	9.53
4	29.09	28.00	3.89
5	24.78	30.00	17.40
6	21.08	18.00	17.10
7	32.01	40.00	19.98
8	20.90	21.00	0.48
9	28.30	37.00	23.51
10	18.03	20.00	9.85

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Metodología de consumo eléctrico

A partir de la implementación de las consideraciones explicadas en el Capítulo 4, necesarias para la inclusión de dispositivos eficientes y otras posibilidades que mejoran la gestión del consumo eléctrico en edificaciones, es necesario establecer un procedimiento que nos permita comprobar el buen funcionamiento, así como el alcance del método.

Es por ello, que en esta sección se detallará el proceso seguido para la evaluación del método, además del porcentaje de error esperado a partir de la aplicación de este.

5.1.2.1. Recolección de data

Para identificar las dificultades de la metodología de consumo eléctrico se toman en total un conjunto de 10 residencias, a las cuales se les aplicará la encuesta y el estudio respectivo, descrito en los capítulos anteriores. Estas fueron elegidas, teniendo en consideración que sean casas unifamiliares de diversas características, tales como, tamaño, ubicación, modalidad de vivienda, etc. Todo ello, con la finalidad de que el método sea adaptado para su aplicación en

residencias de distintas alternativas. Esta información se encuentra resumida dentro del apéndice B.

En base a la cual, se mostrarán tablas con los resultados de la aplicación del método a las familias encuestadas, de tal forma que, se pueda contrastar el cálculo de consumo estimado por el método, con los recibos de luz de los usuarios. Esta metodología servirá para poder certificar el correcto funcionamiento y su posterior aplicación para estimar ahorros a través de la implementación de mejoras de gestión y otras metodologías.

5.1.2.2. Comprobación de la metodología y resultados del estudio

A continuación, en la Tabla 52, se muestran los resultados de la aplicación de la encuesta a 10 familias de la región Piura, lo cual se observa como consumo estimado mensual. Asimismo, se establece la comparativa con la lectura de consumo derivado de sus recibos eléctricos, denominada consumo real mensual. En base a la última, se obtiene un porcentaje de error estimado.

Tabla 52. Comprobación de la efectividad de la metodología de cálculo para consumo de electricidad

Familia	Consumo estimado mensual (kWh)	Consumo real mensual (kWh)	Error (%)
1	304.41	316.00	3.67
2	300.03	297.00	1.02
3	198.51	209.00	5.02
4	270.37	261.00	3.59
5	299.12	347.00	13.79
6	371.71	398.17	6.65
7	158.37	149.5	5.93
8	141.69	124.00	14.26
9	319.48	362.00	11.75
10	253.23	207.50	22.04

Fuente: Elaboración propia

A partir de la encuesta realizada, se obtuvo un porcentaje promedio de error de 8.77%. A través de un análisis, se puede afirmar que se obtienen valores más cercanos al real en medida las residencias posean un mayor consumo, cercano a 300 kWh mensual. Obteniendo así, una variación mayor, cuando estas son menos significativas y sus consumos están por debajo de la media. Sin embargo, esto en algunos casos también puede deberse a la precisión con la cual los usuarios de la metodología brindan la información sobre el uso de los dispositivos eléctricos en su edificación.

En la Figura 30, se puede observar el resumen del estudio aplicado a las residencias encuestadas. De este resumen, se puede afirmar que cerca del 28% del consumo eléctrico es atribuible a los dispositivos de la cocina, esto representa en gran parte el consumo de la refrigeradora, por lo cual, la adquisición de este dispositivo con mayor eficiencia resulta lógico, debido al gran impacto que tiene en el consumo total.

Asimismo, aproximadamente un 14% del consumo en estas residencias es atribuible a las zonas de lavado – ducha, esto es representado, casi en su totalidad, por la terna o ducha eléctrica. Por lo cual, no solo se debe de buscar dispositivos eficientes en cuanto a su rendimiento energético, sino también que deben considerarse implementaciones que faciliten una mejor gestión de este dispositivo, tales como temporizadores o termostatos, detallados en el capítulo 4.

Por otro lado, el sector de la residencia que posee un mayor impacto en el consumo estimado mensual es el denominado como diversión. Esto es debido a dos factores, en primer lugar, a que el número de dispositivos instalados dentro del hogar de los usuarios entrevistados, pertenecientes a esta clasificación es mayor que los demás grupos. Además, el tiempo de uso asignado por los usuarios de la metodología a estos fue bastante elevado, ya que, aparatos como televisores, computadoras y laptops presentan un uso recurrente para los usuarios.

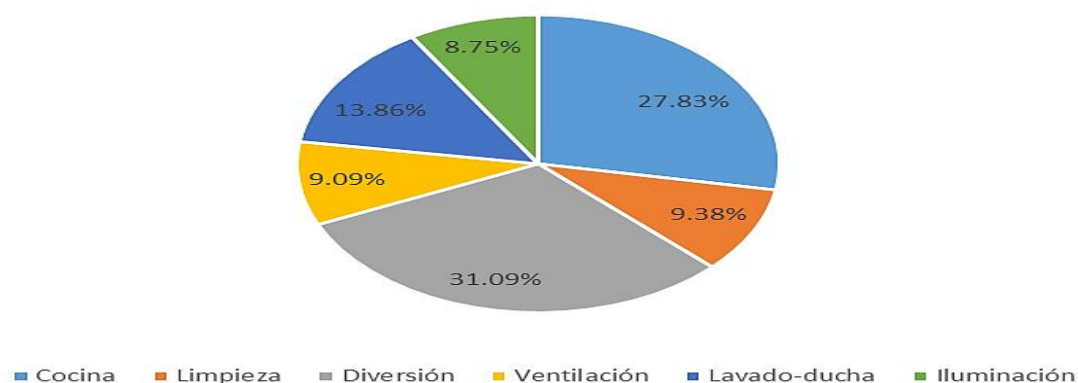


Figura 30. Gráfica circular del resumen del estudio de consumo eléctrico aplicado a residencias

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, los aires acondicionados en la región de estudio, pueden impactar en gran medida los montos de los recibos de luz de los hogares a final de mes por el tiempo de utilización y más importante la eficiencia que estos detallan. En este caso, junto a los ventiladores, representan casi un 10% del consumo eléctrico, esto es debido a que, no todas las viviendas encuestadas contaban con esta implementación. Sin embargo, de las viviendas que si poseían aires acondicionados se puede detallar que su consumo representa alrededor de un 18% del consumo total. Por lo cual, una correcta gestión de los tiempos de uso de los equipos de frío, así como realizar una inversión para su mantenimiento o recambio por tiempo de uso, resulta significativo si se busca tener ahorros en el corto plazo.

Los porcentajes obtenidos mediante la aplicación del método, son representativos para hogares promedio de la ciudad de Piura. Además, las cifras alcanzadas se asemejan a estudios realizados previamente de residencias y su consumo de electricidad.

5.1.2.3. Factor de utilización

Según lo mencionado en el capítulo II, en este punto se vio necesario establecer factores de utilización para los electrodomésticos utilizados en el hogar. Este factor, se define como el tiempo promedio de uso de electrodomésticos y dispositivos de iluminación dentro de hogares, calculado en base a 24 horas del día. Será expuesto con la finalidad de que, si el usuario de la metodología desconoce el tiempo exacto de utilización del dispositivo en su hogar, el método le propone porcentajes de uso basados en fuentes que se hayan podido recolectar, sobre los dispositivos. En gran medida, la estimación de la utilización de electrodomésticos, se basó en

información brindada por el Ministerio de Energía y Minas, a través de su encuesta nacional de energía a hogares (2005), entre otras fuentes detalladas más adelante. De la misma manera, también es posible realizar cálculos del factor de utilización haciendo uso de la información recolectada en el procedimiento de verificación del método.

En las tablas 53 a 58, se exponen el resumen de los factores de utilización de los dispositivos eléctricos, tanto los calculados a partir de bibliografía, como estimados a partir de la recolecta de datos. Estos serán implementados dentro de la metodología, con la finalidad de que, si el usuario desconoce o tiene duda del tiempo de uso de su dispositivo, el método asuma para el cálculo el factor de utilización calculado a partir de la bibliografía. Para los dispositivos en los cuales no se pudo encontrar un factor por bibliografía, se asumirá el calculado a través de los datos de la encuesta.

Tabla 53. Factores de utilización propuestos para dispositivos eléctricos de cocina

Dispositivo eléctrico	Número promedio de horas de uso por día	Factor de utilización calculado a partir de bibliografía (%)	Factor de utilización calculado a partir de datos de la encuesta (%)
Refrigeradora	24.00 ^a	100.00	100.00
Microondas	0.33 ^b	1.38	0.72
Licuada	0.5 ^c	2.08	0.69
Batidora	0.033 ^d	0.14	0.08
Cafetera	0.33 ^e	1.38	0.35
Waflera	0.10 ^f	0.42	0.46
Olla arrocera	0.50 ^g	2.08	1.46
Parrilla eléctrica	1 ^h	4.17	-
Jarra eléctrica	-	-	0.71
Horno eléctrico	1 ^j	4.17	-
Cocina eléctrica	2.00 ^k	8.33	-

^a Según Enlight (Enlight , 2020)

^{b, c, d, e, g, h, j} Según Empresa Pública de Medellín (Empresa Pública de Medellín, 2012)

^{f, k} Según (Osinerg, 2004)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Factores de utilización propuestos para dispositivos eléctricos de limpieza

Dispositivo eléctrico	Número promedio de horas de uso por día	Factor de utilización calculado a partir de bibliografía (%)	Factor de utilización calculado a partir de datos de la encuesta (%)
Aspiradora	1.00 ^a	4.17	1.34
Lustradora	1.00 ^b	4.17	-
Plancha	0.43 ^c	1.79	1.11
Lavadora	0.85 ^d	3.54	3.35

^{a, b} Según Empresa Pública de Medellín (Empresa Pública de Medellín, 2012)

^{c, d} Según Enlight (Enlight , 2020)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55. Factores de utilización propuestos para dispositivos eléctricos de uso recreativo

Dispositivo eléctrico	Número promedio de horas de uso por día	Factor de utilización calculado a partir de bibliografía (%)	Factor de utilización calculado a partir de datos de la encuesta (%)
Televisor	6.87 ^a	28.63	11.65
DVD	0.13 ^b	0.55	-
Router	-	-	100
Equipo de sonido	2.00 ^c	8.33	6.70
Radiograbadora	2.83 ^d	11.79	-
Impresora	-	-	0.30
Consola de videojuegos	4.00 ^e	16.67	1.17
Computadora	2.00 ^f	8.33	41.67
Laptop	2.00 ^g	8.33	10.42
Cargador de celular	-	-	33.33

^{a, d} Según "Encuesta nacional de energía a hogares en el ámbito rural" (Meier, Tuntivate, Barnes, Susan, & Farchy , 2010)

^{b, c, e, f, g} Según Empresa Pública de Medellín (Empresa Pública de Medellín, 2012)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56. Factores de utilización propuestos para dispositivos eléctricos de ventilación

Dispositivo eléctrico	Número promedio de horas de uso por día	Factor de utilización calculado a partir de bibliografía (%)	Factor de utilización calculado a partir de datos de la encuesta (%)
Ventilador	8.00	33.33	23.96
Aire acondicionado	8.00	33.33	22.22

Fuente: Elaboración propia (Enlight , 2020).

Tabla 57. Factores de utilización propuestos para dispositivos eléctricos de baño

Dispositivo eléctrico	Número promedio de horas de uso por día	Factor de utilización calculado a partir de bibliografía (%)	Factor de utilización calculado a partir de datos de la encuesta (%)
Secadora de cabello	0.13 ^a	0.54	0.13
Plancha de cabello	0.13 ^b	0.54	0.21
Afeitadora	0.13 ^c	0.20	-
Bomba de agua	0.33 ^d	1.38	0.69
Terma eléctrica	-	-	2.86
Ducha eléctrica	0.23 ^f	0.97	-

^{a,b,c,f} Según Empresa Pública de Medellín (Empresa Pública de Medellín, 2012)

^d Según "Tabla de Consumos de energía eléctrica" (Garcia Garcia, 2015)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Factores de utilización propuestos para luminarias

Dispositivo eléctrico	Número promedio de horas de uso por día	Factor de utilización calculado a partir de bibliografía (%)	Factor de utilización calculado a partir de datos de la encuesta (%)
Incandescente	4.00	16.67	-
Fluorescente tubo	4.00	16.67	-
Fluorescente compacto	4.00	16.67	-
Ahorrador	4.00	16.67	12.15
Bombilla LED	4.00	16.67	-
Halógena	4.00	16.67	-

Fuente: Elaboración propia. (Empresa Pública de Medellín, 2012).

En este punto, es necesario recalcar que los tiempos promedios de uso expuestos anteriormente son en base al uso diario. Asimismo, los factores de utilización estimados a partir de bibliografía, también fueron calculados con el mismo criterio correspondiente, a partir de la siguiente ecuación:

$$FU = \frac{TPUM * 100}{720} \quad (20)$$

Donde, “FU” es el factor de utilización calculado y “TPUM”, es tiempo promedio de uso mensual de dispositivos, propuesto a partir de lo encontrado en estudios previos realizado a residencias.

De esta manera, se asegura que, a pesar de no conocer los tiempos de funcionamiento exactos de los dispositivos en el hogar, el usuario de la metodología tenga un respaldo que le permita calcular un consumo estimado de electricidad dentro de su residencia, partiendo de los dispositivos instalados en su hogar. Estos factores, son de uso referencial y estimados bajo supuestos dados para el funcionamiento de la mayoría de residencias. Por lo cual, siempre será más exacto calcular el consumo a partir de los tiempos de uso pertenecientes a cada caso de estudio. Además, en este punto cabe recalcar que, las introducciones de estos factores en el

cálculo también se verán afectados por otras consideraciones implementadas en la metodología, tales como, factores de carga y uso de alternativas de mayor eficiencia energética.

5.2. Cálculo del porcentaje de ahorro captado por introducción de alternativas de gestión

En este punto, se cuentan con dos metodologías previamente validadas, con una estimación de un porcentaje de error menor a 15% para ambas. Por lo cual, en la presente sección se procede a realizar la implementación de alternativas de gestión eficientes en los métodos de cálculo, tanto para el consumo de agua, como para el de electricidad. Para ello, se emplea la información recolectada a partir del procedimiento de validación, en la cual, se tomarán residencias con consumos significativos, así, partiendo de sus condiciones de funcionamiento, dispositivos eléctricos y aparatos sanitarios instalados, se hacen efectivas dentro del cálculo las alternativas de gestión propuestas en capítulos 3 y 4.

A partir de las cuales, se procede a realizar la cuantificación del ahorro estimado de manera individual o en combinación de diferentes opciones de mejora. Para estas, se expone el detalle de los cambios en los consumos dentro de las residencias.

5.2.1. Impacto de mejoras de gestión de agua

En esta sección se realizarán las implementaciones correspondientes a la mejora en la gestión de consumo de agua dentro de viviendas, para lo cual se elegirá dos casos de estudio de los expuestos de la validación. El procedimiento a seguir será en primer lugar, dar a conocer la situación inicial de las residencias, así como su consumo estimado con los aparatos sanitarios que cuentan actualmente, a partir de los cuales se ejecutan los cambios de manera independiente, obteniendo así, porcentajes de ahorro estimados para el consumo.

Antes de realizar la introducción de los dos casos de estudio se ve necesario detallar ciertas consideraciones, las cuales se deberán tener en cuenta, al momento de aplicar la metodología de cálculo dentro de las residencias:

- En primer lugar, se considera que una planta de tratamiento de aguas grises y una de reciclaje de agua de lluvia, pueden representar los mismos porcentajes de ahorro a partir de su implementación, pues los fines del agua producida a partir de ellas son los mismos.

- Sin embargo, se debe tener en cuenta otros factores para determinar la selección entre las dos alternativas expuestas, tales como los factores climáticos. Teniendo en cuenta que, en la región Piura, donde se realiza el estudio, solo presenta lluvias en época de verano, se considera para los cálculos la instalación de plantas de tratamiento de aguas grises.
- Asimismo, la estimación de la producción de aguas grises dentro de las viviendas depende solo del número de personas que habiten las residencias, este factor se considera constante para efectos de cálculo. Según lo expuesto en el capítulo III, se puede considerar, un volumen de generación promedio de 75 L por persona al día.
- Finalmente, no se considera, para efectos de cálculo, la implementación de una planta de tratamiento de aguas grises junto a inodoros de descarga reducida de tipo tanque, ya que, una de los fines establecidos para la primera, es alimentar a los inodoros a partir del agua tratada.

5.2.1.1. Caso de estudio 1

Para el primer caso de estudio se expone, en la Tabla 59, la información recolectada para la aplicación de método, a través de la ejecución de la encuesta de consumo de agua, a partir de la cual se realiza la primera estimación del consumo. En este caso de estudio, la familia encuestada no realiza baldeo de pavimentos, pero si riego de jardines y lavado de automóviles como actividades frecuentes, lo cual, es considerado en el cálculo.

Paso seguido, se proceden a aplicar los cambios correspondientes para cada una de las alternativas de mejora de gestión expuestas anteriormente, para las cuales se obtienen nuevas unidades de gasto totales y con ello, una nueva estimación de consumo, así como la medida del ahorro porcentual obtenido.

Esto se expone en la Tabla 60, cabe recalcar que las estimaciones de ahorro porcentuales indicadas, corresponden a la aplicación de solo una mejora propuesta en la gestión del recurso y se calculan en base al consumo estimado inicialmente.

Tabla 59. Recolección de datos para caso de estudio 1

Pregunta		Respuesta
Tipo de edificación		Privada
Número de personas que habitan en la residencia		4
Lista de aparatos sanitarios	Tipo	Cantidad
Inodoro	Con tanque	3
Lavatorio	Corriente	2
Lavadero	-	2
Duchas	-	2
Jardín (m ²)		8
Frecuencia de riego		4 veces al mes
Automóviles		1
Frecuencia de lavado		2 veces al mes
Cálculo de unidades de gasto totales (l.p.s)		1.44
Consumo mensual estimado por la metodología (m ³)		17.72
Consumo real mensual (m ³)		19.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de una alternativa de gestión

Modificaciones	Unidades de gasto totales (l.p.s)	Consumo estimado (m ³)	Porcentaje de ahorro obtenido (%)
Implementación de inodoros de tanque de consumo reducido	1.315	15.99	9.8
Implementación de sensores en grifos	1.320	16.02	9.6
Implementación de aireadores en grifos	1.344	16.42	7.3
Implementación de planta de tratamiento de aguas grises	1.12	12.43	29.9
Reciclaje de agua de lluvias	1.12	12.43	29.9

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, en la Tabla 61, se exponen los ahorros estimados por la aplicación de dos combinaciones de alternativas de gestión para la residencia expuesta. Cabe resaltar, que para este caso de estudio la implementación de una planta de tratamiento de aguas grises o de reciclaje de agua, significaría para la residencia las mismas cantidades de ahorro estimados, por lo que, solo se considera la primera para efectos de cálculo.

Tabla 61. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de dos alternativas de mejora de gestión

Modificaciones	Unidades de gasto totales (l.p.s)	Consumo estimado (m ³)	Porcentaje de ahorro obtenido (%)
Implementación de inodoros de tanque de consumo reducido - Implementación de sensores en grifos	1.195	13.99	21.0
Implementación de inodoros de tanque de consumo reducido - Implementación de aireadores en grifos	1.219	14.42	18.6
Implementación de sensores en grifos - Implementación de planta de tratamiento de aguas grises	1.000	9.89	44.2
Implementación de aireadores en grifos - Implementación de planta de tratamiento de aguas grises	1.024	10.43	41.1

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, que para el caso de estudio expuesto lo más conveniente implicaría la implementación de una planta de tratamiento de aguas grises, lo que conllevaría a un ahorro aproximado de casi el 30% del consumo de agua en la residencia. Esto es debido a que, según

lo expuesto en capítulos anteriores, el reciclaje de esta agua podría ser utilizado para la alimentación de inodoros de tipo tanque, así como el lavado de automóviles y el riego de jardines, lo cual, reduce de manera significativa el consumo. Para lo cual, se debería realizar una inversión de aproximadamente S/ 3,000.00 si se considera que no se realiza ningún tratamiento previo al agua reutilizada, por los fines asignados.

Sin embargo, en este punto es importante considerar que el impacto de la aplicación de esta alternativa es proporcional a la inversión necesaria para su implementación. Por lo cual, también se deben considerar otras como el cambio de inodoros más eficientes y la implementación de dispositivos en grifos con el fin de reducir el consumo de agua. Si bien es cierto estos traen menor porcentaje de ahorro, la inversión necesaria para su adquisición y uso será menor.

Finalmente, si se considera posible la implementación de dos alternativas de mejora, el máximo ahorro estimado se podría obtener mediante la combinación de la instalación de una planta de tratamiento de aguas grises y sensores en los grifos, lo cual representa un ahorro de casi el 44% del consumo. Asimismo, la implementación de inodoros de consumo reducido y sensores en grifos, representa un ahorro esperado de alrededor de un 20%.

En este punto, es necesario detallar que se ha considerado la implementación de sensores y aireadores en todos los grifos de la residencia, por lo que, estos porcentajes pueden estar sujetos a cambio, dependiendo de a cuántos grifos se vea necesario la incorporación de estos dispositivos.

5.2.1.2. Caso de estudio 2

El segundo caso de estudio fue elegido dentro de las residencias entrevistadas para la validación del método, todo ello, en consideración de que la instalación posea distintas características de funcionamiento para evaluar su efectividad.

En la Tabla 62, se expone la situación inicial de la vivienda, los dispositivos implementados en la residencia, así como las características particulares de funcionamiento de esta. Al igual que el caso de estudio anterior, esta residencia no realiza baldeo de pavimentos, por lo cual esto se excluye del cálculo.

A partir de la información recolectada mediante la encuesta, se proceden a aplicar los cambios pertinentes dentro del método de estimación de consumo de agua, de manera independiente, con la finalidad, de observar los porcentajes de ahorro esperados a través de su aplicación.

Tabla 62. Recolecta de datos para caso de estudio 2

Pregunta		Respuesta
Tipo de edificación		Privada
Número de personas que habitan en la residencia		6
Lista de aparatos sanitarios	Tipo	Cantidad
Inodoro	Con tanque	5
Lavatorio	Corriente	5
Lavadero	-	3
Duchas	-	4
Jardín (m ²)		12
Frecuencia de riego		5 veces al mes
Automóviles		2
Frecuencia de lavado		3 veces al mes
Cálculo de unidades de gasto totales (l.p.s)		1.81
Consumo estimado por la metodología (m ³)		28.30
Consumo real mensual (m ³)		32.00

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 63, se observan las nuevas unidades de gasto calculadas a partir de la implementación eficiente de dispositivos, así como, la nueva estimación de consumo y el porcentaje de ahorro esperado. En este punto, es necesario considerar que las implementaciones de dispositivos eficientes serán efectuadas en la totalidad de los grifos.

Finalmente, en la Tabla 64, se muestran las modificaciones obtenidas a partir de la implementación de dos alternativas de mejora de gestión, junto a los porcentajes estimados de ahorro. Nuevamente, en este punto se considera para efectos de cálculo solo una alternativa entre la planta de tratamiento de aguas grises y el reciclaje de agua de lluvias, para lo cual, se selecciona la primera.

Tabla 63. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de una alternativa de mejora de gestión

Modificaciones	Unidades de gasto totales (l.p.s)	Consumo estimado (m ³)	Porcentaje de ahorro obtenido (%)
Implementación de inodoros de tanque de consumo reducido	1.66	27.44	3.04
Implementación de sensores en grifos	1.635	27.26	3.67
Implementación de aireadores en grifos	1.67	27.52	2.76
Implementación de planta de tratamiento de aguas grises	1.37	24.07	14.95
Reciclaje de agua de lluvias	1.37	24.07	14.95

Fuente: Elaboración propia.

Como conclusión, para las condiciones del caso de estudio expuesto, si se considera la aplicación de solo una alternativa de mejora de gestión de agua, se recomienda la implementación de una planta de tratamiento de aguas grises. La cual, representaría casi un 15% de ahorro del consumo total estimado por la metodología de cálculo, pero al mismo tiempo un volumen de inversión alto.

De lo contrario, si no es posible realizar la implementación detallada anteriormente, se recomienda la inclusión de dos alternativas de ahorro dentro de la residencia: inodoros de tanque de consumo reducido y sensores en los grifos. Esto representaría un ahorro de aproximadamente 9%, calculado sobre el consumo inicial.

Tabla 64. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de dos alternativas de mejora de gestión

Modificaciones	Unidades de gasto totales (l.p.s)	Consumo estimado (m ³)	Porcentaje de ahorro obtenido (%)
Implementación de inodoros de tanque de consumo reducido - Implementación de sensores en grifos	1.485	25.79	8.87
Implementación de inodoros de tanque de consumo reducido - Implementación de aireadores en grifos	1.52	26.18	7.49
Implementación de sensores en grifos - Implementación de planta de tratamiento de aguas grises	1.195	21.26	24.88
Implementación de aireadores en grifos - Implementación de planta de tratamiento de aguas grises	1.23	21.87	22.72

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Impacto de mejoras de gestión de electricidad

En esta sección, se realiza la selección de dos viviendas evaluadas mediante el método de estimación de consumo energético. Así, a partir de la información brindada por el usuario, se realiza un análisis de los puntos potenciales donde se puede obtener ahorro a través de la implementación de alternativas de gestión más eficientes. Para ello, se considerarán dos residencias cuyas diferencias en consumo eléctrico, sean significativas.

En primer lugar, se dará a conocer los consumos actuales de la residencia, así como los dispositivos eléctricos que tienen instalados en el hogar. Después, según lo expuesto en el

capítulo 4, se seleccionarán las alternativas de ahorro más convenientes para la edificación y se harán efectivos los cambios para poder observar los ahorros que se obtendrían, de manera individual y conjunta, si se considera la implementación de más de una mejora.

5.2.2.1. Caso de estudio 1

A continuación, se hace la introducción del primer caso de estudio seleccionado. La información que se expone en la Tabla 65, pertenece a una de las residencias utilizadas para la validación del método, un departamento unifamiliar de 3 personas de la región de Piura, para el cual, se resumen los dispositivos eléctricos y electrodomésticos instalados, así como sus condiciones de uso y el consumo estimado que representan.

Tabla 65. Recolección de datos y estimación del consumo eléctrico mensual para caso de estudio 1

Zona	Artefactos	Cantidad	Datos	Consumo estimado (Wh)
Cocina	Refrigeradora	1	Tamaño: 17 pies cúbicos Tipo: C (10 años)	57 037.04
	Microondas	1	-	535.71
	Licuadora	1	Graduación: intermedia	1 903.13
	Batidora	1	Graduación: intermedia	129.46
	Waflera	1	-	966.67
	Olla arrocera	1	-	6 041.67
Subtotal - Cocina				66 613.67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65. Recolecta de datos y estimación del consumo eléctrico mensual para caso de estudio 1 (continuación)

Zona	Artefactos	Cantidad	Datos	Consumo estimado (Wh)
Limpieza	Plancha	1	Tipo: eléctrica Graduación: intermedia	6 214.29
	Lavadora	1	Tiempo de vida: mayor a 5 años Graduación: intermedia	10 906.07
Subtotal - Limpieza				17 120.36
Diversión	Televisor	1	Tamaño: 32 pulgadas	1 708.93
		1	Tamaño: 50 pulgadas	9 156.75
	Router	1	-	13 920.00
	Equipo de sonido	1	-	497.14
	Laptop	1	Mayor de 5 años	290.00
	Cargador de celular	3	-	2 685.00
Subtotal - Diversión				28 257.82
Lavado - ducha	Terma eléctrica	1	Capacidad: 50 L Graduación: intermedia	18 900.00
Subtotal - Lavado - ducha				18,900.00
Dispositivos de iluminación	Focos	5	Tipo: ahorrador	10 800.00
Subtotal – Dispositivos de iluminación				10 800.00
Consumo total mensual estimado				141 691.85
Consumo total mensual real				124 000.00

Fuente: Elaboración propia

Si se realiza un análisis a los consumos de la residencia, resulta notorio que es la cocina la cual representa un mayor porcentaje, aproximadamente un 47% del consumo mensual. Esto puede adjudicarse a la refrigeradora que posee una clasificación C, ya que, por información brindada por los usuarios del método esta tiene una antigüedad de alrededor de 10 años de vida.

Asimismo, se puede observar que los dispositivos correspondientes a lavado – ducha, la cual está representada por la terma eléctrica, representan únicamente 13% del consumo de la residencia. Esto se debe a que, según la información que se brindó, esta se utiliza en una temperatura intermedia, ya que posee instalado un termostato, que limita la temperatura final del agua caliente. Además, de una gestión eficiente del tiempo de uso que es controlado por los usuarios, limitándola solo a media hora diaria. Por lo cual, aplicar mejoras en la gestión de la terma eléctrica, ya no se verá considerado como alternativa de gestión.

A continuación, en la Tabla 66, se exponen las posibles alternativas, que se podrían aplicar a la vivienda con la finalidad de buscar un ahorro o disminución en el consumo eléctrico. De esta forma, se puede visualizar los nuevos consumos que representarían cada alternativa si se aplica de manera independiente, así como el porcentaje de ahorro calculado sobre el consumo total estimado inicialmente, expuesto en la Tabla 65.

Tabla 66. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de una alternativa de mejora de gestión

Modificaciones	Nuevo consumo mensual estimado (Wh)	Porcentaje de ahorro obtenido (%)
Reemplazo de refrigeradora eficiente (Valoración energética: A)	29 398.15	19.51
Implementación de luminarias LED	4 200.00	4.66
Implementación de sensores de movimiento junto a luminarias	6 930.00	2.73
Reemplazo de terma eléctrica por terma solar	0.00	14.38

Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma, si se considera la opción de implementar dos alternativas de mejora de manera simultánea dentro de la vivienda, se obtendrán porcentajes de ahorro más elevados. Las combinaciones de alternativas a considerar que podrían generar un impacto más significativo en el consumo de energía, así como los porcentajes de ahorro estimados, se exponen en la Tabla 67.

Tabla 67. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de dos alternativas de mejora de gestión

Modificaciones	Nuevo consumo mensual estimado (Wh)	Porcentaje de ahorro obtenido (%)
Reemplazo de refrigeradora eficiente (Valoración energética: A) – Implementación de luminarias LED	33 598.15	23.71
Implementación de luminarias LED junto a sensores de movimiento	2 685.00	5.73
Implementación de luminarias LED - Reemplazo de terma eléctrica por terma solar	4 200.00	18.00

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, debe considerarse la implementación de paneles solares, teniendo en cuenta la vivienda unifamiliar de estas características con un consumo anual que no sobrepasa los 2,000 kWh, se podría abastecer la electricidad con 3 paneles solares de 320 W cada uno, considerando además, la compensación por excedentes (Ojeda, 2020). Esta información se puede corroborar con la aplicación de la ecuación 18 del capítulo 4, considerando 5 horas solar efectivas.

Empero, si se desea compensar el consumo de manera parcial, podrían instalarse menor número de paneles, siendo el porcentaje de ahorro menor. La producción de energía para estas

consideraciones se expone en la Tabla 68. Los porcentajes de ahorro se calculan sobre el total de consumo inicial estimado por el método.

Tabla 68. Estimación del ahorro obtenido a partir de la implementación de paneles solares

Modificaciones	Producción de energía mensual (Wh)	Porcentaje de ahorro obtenido (%)
Implementación de 3 paneles solares – 320 W	144 000.00	100.00
Implementación de 2 paneles solares – 320 W	96 000.00	67.75
Implementación de 1 panel solar – 320 W	48 000.00	33.88

Fuente: Elaboración propia.

Del estudio, podemos concluir que la alternativa de mayor impacto y de mayor urgencia de implementación, que requiere la vivienda, es el reemplazo del equipo de refrigeración de alimentos con el que se cuenta. Debido al tiempo de uso que tiene este equipo, mayor a 10 años, su consumo se eleva potencialmente, por lo cual, la adquisición de uno de una valoración energética más alta, tipo A, representaría un ahorro cerca del 20%, para el consumo total de la residencia.

Igualmente, se observa que mediante el método se logra modelar el consumo de las refrigeradoras considerando sus tiempos de vida y valoraciones energéticas, para lo cual observamos el consumo de una valorada como tipo C, a un tipo A, se reduce de 57 kWh mensual a 33.6 kWh. Lo cual, se ratifica en fuentes que indican que las refrigeradoras más antiguas llegan a utilizar aproximadamente un 42% adicional al consumo de las más eficientes (Novedades de Quintana Roo, 2015).

Otra de las posibles implementaciones, que representaría un impacto significativo en el consumo, de aproximadamente un 14% de ahorro, sería la adquisición de una terma solar, como reemplazo de la terma eléctrica convencional. Esto es muy aplicado en distintas ciudades del Perú, puesto que las horas efectivas solares son altas, por lo cual, tienen un buen rendimiento.

Asimismo, si se tiene pensado la implementación de dos alternativas de gestión de manera simultánea, se puede observar que el reemplazo de refrigeradora eficiente (Valoración energética: A) junto a la implementación de luminarias LED, alcanzaría hasta un 24% de ahorro del consumo.

5.2.2.2. Caso de estudio 2

De la misma manera, para la evaluación del segundo caso de estudio de la metodología de cuantificación de consumo de electricidad, se seleccionó una de las residencias unifamiliares, más representativas en cuanto a nivel de consumo y número de dispositivos instalados, examinadas mediante este método. En la cual, habitan un total de 5 personas y cuyo consumo se muestra superior a la media de las viviendas encuestadas.

Para ello, en la Tabla 69, se realiza un resumen de la información recolectada a partir de la entrevista realizada a los residentes de la vivienda, donde se expone un listado de los dispositivos eléctricos que están implementados en cada zona de la vivienda, así como, sus condiciones de uso, a través de las cuales se estima el consumo eléctrico en el cual se incurre para su uso.

Al realizar el análisis a esta residencia, se puede observar que, debido a la cantidad de dispositivos instalados en el hogar y el tiempo de uso de cada uno, el consumo se encuentra bastante diversificado entre las distintas zonas en las que se divide la edificación. De las cuales, la más representativa corresponde a la zona de diversión, que representa aproximadamente un tercio del consumo total del hogar.

En segundo lugar, otra área que abarca un gran porcentaje del consumo es la ventilación, puesto que, 3 de las habitaciones principales tienen instalados aires acondicionados, que a pesar de una clase A, su funcionamiento abarca un 25% del uso de electricidad, debido a que el tiempo de uso que se les da es en promedio 6 horas al día. Al ser bastante representativo el porcentaje de consumo, se evaluará la implementación de aires acondicionados con un SEER más eficiente y, por ende, una valoración más alta. Puesto que, tal y como ha sido expuesto en el capítulo previo, para estos dispositivos existen en el mercado valoraciones más altas, como la A+++, A++ y A+.

Tabla 69. Recolecta de datos y estimación del consumo eléctrico mensual para caso de estudio 2

Zona	Artefactos	Cantidad	Datos	Consumo estimado (Wh)
Cocina	Refrigeradora	1	Tamaño: 21 pies cúbicos Tipo: B (7 años)	53 944.04
	Licuadora	1	Graduación: intermedia	1 903.13
	Batidora	1	Graduación: intermedia	54.38
	Cafetera	1	-	1 570.83
Subtotal - Cocina				57 472.78
Limpieza	Aspiradora	1	-	9 942.86
	Plancha	1	Tipo: a vapor Graduación: baja	40 339.00
	Lavadora	1	Tiempo de vida: mayor a 8 años Graduación: intermedia	16 157.14
Subtotal - Limpieza				66 439.00
Diversión	Televisor	1	Tamaño: 32 pulgadas	3 987.50
		2	Tamaño: 50 pulgadas	85 463.00
	Router	1	-	13 920.00
	Consola de videojuegos	1	Play Station 4	8 120.00
	Laptop	1	Menor de 2 años	1 160.00
		1	Mayor de 5 años	2 030.00
	Cargador de celular	5	-	3 630.00
Subtotal - Diversión				118 310.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69. Recolecta de datos y estimación del consumo eléctrico mensual para caso de estudio 2 (continuación)

Zona	Artefactos	Cantidad	Datos	Consumo estimado (Wh)
Ventilación	Aire acondicionado	3	Valoración energética: tipo A (menor a 2 años) Área de refrigeración: 20 m ²	89 764.49
Subtotal – Ventilación				89 764.49
Dispositivos de iluminación	Focos	18	Tipo: ahorrador	27 900.00
		6	Tipo: ahorrador Con sensor de movimiento	2 730.00
Subtotal – Dispositivos de iluminación				30 630.00
Consumo total mensual estimado				362 616.76
Consumo total mensual real				362 000.00

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los dispositivos de limpieza y cocina, representan el 18% y 16% del consumo total, respectivamente. Por lo cual, también se deberá realizar la evaluación pertinente de la eficiencia de estos.

De esta manera, en la Tabla 70, se resumen las alternativas que se podrían instaurar en la vivienda, con la finalidad de reducir el consumo de electricidad en la edificación. El porcentaje de ahorro expuesto se calcula en base al consumo total mensual estimado, expuesto en la Tabla 69.

Tabla 70. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de una alternativa de mejora de gestión

Modificaciones	Nuevo consumo mensual estimado (Wh)	Porcentaje de ahorro obtenido (%)
Reemplazo de refrigeradora eficiente (Valoración energética: A)	35 277.78	5.15
Reemplazo de aires acondicionados eficientes (Valoración energética: A+++)	56 498.82	9.17
Implementación de luminarias LED	17 715.00	3.56
Implementación de sensores de movimiento junto a la totalidad de luminarias	20 550.00	2.78

Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma que el caso de estudio previo, se considera la implementación de dos alternativas de mejora de manera simultánea dentro de la vivienda para obtener porcentajes de ahorro más elevados. Estas se exponen en la Tabla 71, junto a los nuevos consumos estimados a partir de su implementación, así como los porcentajes de ahorro que se obtendrían.

Finalmente, se deberá de considerar la implementación de paneles solares como alternativa para cubrir un porcentaje o la totalidad del consumo eléctrico de la residencia, el cual, alcanza un monto de aproximadamente 4,500 kWh al año. A continuación, en la Tabla 72, se exponen los números de paneles necesarios para cubrir distintos porcentajes del consumo, así como la energía que se estima podrían generar, considerando una base de 5 horas efectivas de sol.

Tabla 71. Estimación del ahorro obtenido a partir de la aplicación de dos alternativas de mejora de gestión

Modificaciones	Nuevo consumo mensual estimado (Wh)	Porcentaje de ahorro obtenido (%)
Reemplazo de refrigeradora eficiente (Valoración energética: A) – Aire acondicionado (Valoración energética: A+++)	91 776.60	14.32
Reemplazo de refrigeradora eficiente (Valoración energética: A) – Implementación de luminarias LED	52 992.78	8.71
Implementación de luminarias LED junto a sensores de movimiento	11 635.00	5.18
Reemplazo de aire acondicionado (Valoración energética: A+++)- Implementación de luminarias LED	74 213.82	12.74

Fuente: Elaboración propia

A partir de las estimaciones de ahorro, calculadas a partir de la metodología, se puede concluir que las alternativas de gestión que se pueden aplicar para tener un impacto significativo de ahorro en el uso de electricidad son la implementación de una refrigeradora más eficiente, con valoración energética tipo A, la cual ahorraría un 9% del consumo. Asimismo, la implementación de luminarias LED, aportaría una disminución de hasta 4% del consumo estimado inicialmente. Por otro lado, no se recomienda el cambio de los equipos de aire acondicionado, pues estos son relativamente nuevos y, por ende, su ratio SEER es bastante alto.

Lo que podría implementarse es el mantenimiento de estos, con ello se podría asegurar que sus consumos se mantengan dentro de los límites esperados.

Tabla 72. Estimación del ahorro obtenido a partir de la implementación de paneles solares

Modificaciones	Producción de energía mensual (Wh)	Porcentaje de ahorro obtenido (%)
Implementación de 9 paneles solares – 270 W	364 500.00	100.00
Implementación de 6 paneles solares – 270 W	243 000.00	67.01
Implementación de 3 panel solar – 270 W	121 500.00	33.51

Fuente: Elaboración propia

Esto conlleva a considerar la aplicación de un mantenimiento para los equipos instalados en el hogar que posean rangos altos de consumo, con la finalidad de mejorar su eficiencia energética. Estos no alcanzarán la eficiencia máxima posible, pero se tienen en consideración para cambios futuros.

Por otro lado, si se considera la implementación de más de una alternativa de gestión, se considera pertinente la implementación de un equipo de refrigeración más eficiente (valoración A), así como la implementación de luminarias LED.

Finalmente, al ser una edificación de un consumo considerable, podría evaluarse la posibilidad de implementar paneles fotovoltaicos que cubran el uso de energía eléctrica de manera parcial o total, en medida de la inversión requerida. Puesto que, según el tipo y número de paneles implementados se estima un ahorro de 30 a 70 % del consumo total.

Conclusiones

A través del estudio se determina la posibilidad de implementar una mejora, ante temas de constante preocupación a nivel mundial, como la sostenibilidad en el uso de agua y electricidad, teniendo en cuenta que, en el Perú, el sector residencial hace uso de aproximadamente el 40% del consumo de estos recursos. A partir del trabajo desarrollado en la presente tesis, se obtiene dos metodologías de cálculo que consideran alternativas de gestión más eficientes, presentes en el mercado. Lo cual, permite al usuario estimar ahorros significativos en sus consumos, dentro de las viviendas, a través de implementaciones de gestión que contribuyen al desarrollo sostenible.

Es importante recalcar que las metodologías de cálculo son ejecutadas a partir de información recolectada en entrevistas realizadas a los usuarios de las mismas. Las cuales, buscan conocer el número de dispositivos eléctricos y aparatos sanitarios instalados en el hogar, así como sus principales características. De la misma manera, para la metodología de cálculo de consumo eléctrico se necesita conocer, además, el tiempo de uso de los dispositivos para poder cuantificar el consumo de energía en la residencia. Si el usuario desconoce este dato, o no tiene ninguna referencia respecto al mismo, el método desarrollado le proporciona factores de utilización, los cuales representan un tiempo de uso promedio de los dispositivos en viviendas unifamiliares, facilitando así, la aplicación de la metodología.

Dentro de la metodología de cálculo de consumo de agua, las variables consideradas en el estudio estadístico fueron dos, número de habitantes por vivienda y unidades de gasto totales calculadas en Hunter, a partir de las cuales se obtuvo la siguiente ecuación de regresión:

$$\text{Consumo mensual estimado} = -39 + 3.768 * \text{Número de personas} + 45.4 * \text{Unidades de gasto} - 11.44 * \text{Unidades de gasto}^2$$

Esta, hace posible obtener un porcentaje de error aceptable, de aproximadamente 12%, sobre el cual se pueden calcular estimaciones de consumo y potenciales porcentajes de ahorro obtenidos mediante cambios. Ya que, según los resultados arrojados por Minitab el modelo de regresión explica 70.75% la variación total del estudio estadístico. Se puede considerar otras variables para la estimación del consumo de agua, tales como, área en m² de la residencia, número de recámaras, etc. Estas han sido utilizadas en otros estudios realizados previamente, empero, no se vio la necesidad de incluirlas en el modelo, puesto que, con las unidades de gasto calculadas por Hunter, se brinda una información detallada de la edificación, así como los aparatos sanitarios con los que cuenta.

Referente al método de cuantificación de consumo eléctrico, la modelación del método a través de variables, tales como, factores de carga, que reflejan en el consumo la graduación a la cual empleamos los dispositivos, eficiencia energética, y tiempo de vida de estos, permiten estimar consumos que se ajustan a la realidad. Además, se considera en gran medida, las características de los equipos, teniendo en cuenta, por ejemplo, el volumen de refrigeración, capacidad, tamaño, etc. Este nivel de detalle implementado para el cálculo, hace posible obtener un porcentaje de error promedio menor a 9%. En este punto se encuentra la diferenciación de la metodología expuesta respecto a los métodos base, que sirvieron como referencia para su desarrollo, ya que, estas hacen uso de potencias nominales de equipos, por lo que muchas veces dan resultados que no coinciden con lo observado en la realidad.

De las alternativas de gestión más eficientes del consumo de agua en edificaciones, la implementación de una planta de tratamiento de agua es la que obtiene mayor porcentaje de ahorro esperado. Esto es debido, a las posibles aplicaciones que pueden dárseles a esta agua reciclada. Los porcentajes de ahorro representan en promedio una reducción 20% del consumo mensual de la residencia, empero, esto es directamente proporcional al nivel de inversión necesaria para su instalación. Por este motivo, se presentan otras alternativas cuya adquisición tiene un costo más bajo y de las cuales también se puede esperar una reducción significativa del consumo de este recurso, tales como, inodoros de consumo reducido, o instalación de sensores en los grifos, que reducen la necesidad de uso de agua aproximadamente en un 3 a 5%, cada una, dependiendo del número de dispositivos a los que sean aplicados las mejoras.

Con respecto a las alternativas de gestión eficientes en el cálculo de consumo eléctrico, el reemplazo de refrigeradoras antiguas por una de mayor valoración de eficiencia energética, es la opción que mayor ahorro estimado obtiene. En promedio se calcula una reducción de 15% respecto al consumo total, a su vez, esto está ratificado por estudios que promedian que un equipo antiguo puede utilizar 45% más energía que uno más eficiente. A través de la modelación en la metodología de cálculo, se estima que el reemplazo de una tipo B por una A, reduce en un 35% el consumo estimado del equipo; por otro lado, una tipo C por una A, en un 45% aproximadamente.

Entre otras posibles implementaciones de gestión, para casas entre 3 a 8 integrantes, un cambio de luminarias convencionales instaladas de tipo ahorradoras a luminarias tipo LED, supone un ahorro esperado entre 5 y 8% del consumo de electricidad total, considerando que la iluminación, según la aplicación de la metodología representa aproximadamente el 10% del consumo total de la vivienda.

Otro punto importante a considerar, durante el análisis realizado a partir de los datos obtenidos mediante la aplicación del método de consumo eléctrico, es que el sector denominado como diversión representa un consumo de aproximadamente un 30% del total. Esto refleja la necesidad de implementar mejoras de gestión para los dispositivos que se encuentran en este sector, tales como, televisores, computadoras, laptops. Puesto que, mejorando su eficiencia energética se podría obtener un ahorro significativo del uso del recurso. En el caso de las laptops, según la metodología de cálculo, si se hace paso de una antigua a una de mayor eficiencia energética, esto representa una disminución de aproximadamente un 45% del consumo del dispositivo. En este punto cabe recalcar, que el Reglamento Técnico sobre el Etiquetado de Eficiencia Energética para dispositivos eléctricos se encuentra vigente en el Perú desde 2017, bajo el decreto supremo N° 009-2017-EM.

El presente trabajo, deja desarrolladas dos metodologías que pueden servir como base para la estimación del consumo en otros sectores, tales como, residencias, edificios, lugares de trabajo, etc. Estos, hacen uso de un mayor volumen de recursos y, por lo tanto, el ahorro potencial estimado, si se implementa la correcta gestión de dispositivos instalados, sería mayor. Con ello, se da pie a futuras investigaciones en estos sectores, así como, la consideración de otras alternativas de gestión aplicables a ellos.

Asimismo, cabe recalcar que, a partir del presente estudio y las metodologías propuestas para el análisis de los consumos de agua y electricidad, es posible determinar si las residencias evaluadas cumplen con estándares de eficiencia energética. De esta manera, se puede incentivar la implementación de certificaciones para hogares en el Perú.

Las dificultades que se presentaron durante el desarrollo del presente trabajo fueron principalmente las siguientes: en primer lugar, acerca del método de cuantificación de consumo de agua, el proceso seguido para su validación se complicó, debido a la época de coyuntura que se está viviendo y la etapa de cuarentena a la que se encuentra sujeta el país. Asimismo, durante la aplicación de las encuestas del método de cuantificación de consumo eléctrico, se pudo determinar que, los usuarios presentaban dificultad en reconocer los dispositivos y sus tiempos de uso, es por ello, que se vio la necesidad de implementar un mayor número de consideraciones que les permitiesen distinguir de manera sencilla sus equipos y, además, se proponen los factores de utilización como una alternativa que sustituye la necesidad de conocer los tiempos de uso para la ejecución del cálculo. Finalmente, se sugiere trabajar con potencias nominales de equipos, según se encuentren disponibles en el mercado, y seleccionar un promedio para insertarlo dentro del cálculo, facilitando así, la modelación de la metodología.

Referencias bibliográficas

- 2030 Water Resources Group. (2107). *Reporte Anual 2017*. Washinton: 2030 WRG.
- Acosta, D. (2002). Reducción y gestión de residuos de la construcción y demolición (RCD). *Tecnología y construcción*, 49-68.
- Aguamarket. (2017). *Aguamarket*. Retrieved from <https://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=16271&nombreactivo=mecanismo+de+descarga+interrumpible+>
- Alonso Lorenzo, J. A. (2015). *Sunfields Europe - SFE Solar Logistic SFL*. Retrieved from Sunfields Europe: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-efecto-fotovoltaico/>
- Anbientum. (2019, Octubre 21). *Anbientum*. Retrieved from https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/el-consumo-de-agua-en-porcentajes.asp
- Andina Fusión. (2020, Enero 6). *Andina Agencia peruana de noticias*. Retrieved from Andina: <https://andina.pe/agencia/noticia-mivivienda-verde-conoce-como-acceder-a-los-subsidios-del-estado-780458.aspx>
- Arnabat, I. (2008, Octubre 22). *Calor y frío: todo sobre Aire Acondicionado, Calefacción, Eficiencia Energética, Presupuestos y Profesionales*. . Retrieved from Calor y frío: <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-domestico/calculo-de-frigorias-aire-acondicionado.html>
- Asociación de España de empresas de Tratamiento y Control de Aguas. (2016). *Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios*. Madrid: AQUA ESPAÑA.
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Boletín técnico Recursos hídricos del Perú en cifras (2010)*. Lima.
- AutoSolar Energía del Perú. (2018). *AutoSolar*. Retrieved from AutoSolar: <https://autosolar.pe/kits-solares-de-aislada/kit-solar-gel-12v-1000whdi>

- Barcelona Led. (2018, Abril 11). *Barcelona Led*. Retrieved from Barcelona Led:
<https://www.barcelonaed.com/blog/ahorro-energetico/sensores-ahorro-2/>
- Cepyme Aragon. (1998). *Camara Zaragoza*. Retrieved from
<https://www.camarazaragoza.com/medioambiente/docs/publicaciones/publicacion98.pdf>
- Certicalia. (2019). *Certicalia*. Retrieved from <https://www.certicalia.com/certificacion-breeam/que-es-la-certificacion-breeam>
- Chacón Santana, P. (2019, Abril 25). *ER solar: solar system*. Retrieved from ER solar:
<https://solar.eyr.mx/diferencia-entre-los-paneles-solares-monocristalinos-policristalinos-y-de-película-delgada/>
- CNFL. (2016). *CNFL*. Retrieved from
https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/brochure_mas_gaston.pdf
- Construmática. (2019). *Construmática: Arquitectura, Ingeniería y Construcción*. Retrieved from Construmática:
https://www.construmatica.com/construpedia/Consumo_Energ%C3%A9tico_del_Termo_El%C3%A9ctrico_Tradicional
- Cornejo Lalupú, H. A. (2017). *Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el centro materno infantil de la universidad de Piura*. Piura: Repositorio Institucional Pirhua. Retrieved from https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1762/IME_172.pdf?seq
- Danfoss. (2019). *Danfoss*. Retrieved from Danfoss Engineering Tomorrow:
<https://www.danfoss.com/es-es/about-danfoss/our-businesses/cooling/the-fridge-how-it-works/>
- Delta Volt SAC. (2020). *Delta Volt SAC*. Retrieved from Delta Volt: <https://deltavolt.pe/energia-renovable/termica/termas-funcionamiento>
- Departamento de energía de los Estados Unidos. (2017, Noviembre). *Departamento de Energía de los Estados Unidos, Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable*. Retrieved from Departamento de Energía de los Estados Unidos:
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/12/f46/EnergySaver%20Guide-2017-Spanish-web.pdf>
- Departamento de Energía de los Estados Unidos. (n.d.). *Energy Gov Offices*. Retrieved from <https://www.energy.gov/energysaver/save-electricity-and-fuel/lighting-choices-save-you-money/how-energy-efficient-light>
- Dirección de Normalización - INACAL. (2015). NTP-ISO 14001. Perú.
- Dulac, J. (2019, Julio 1). *International Energy Agency*. Retrieved from
<https://www.iea.org/tcep/buildings/>

- Ehrenfeld, J. R. (2005). Eco-efficiency. *Journal of Industrial Ecology*, pp. 9(4), 6-8.
- EKPOK. (2015, Octubre 31). *EKPOK. Comunicaci'on de sustentabilidad y ERS*. Retrieved from <https://www.expoknews.com/3-certificaciones-para-edificios-sostenibles/>
- Electrocalculator. (2018). *Electrocalculator*. Retrieved from <https://www.electrocalculator.com/>
- Empresa Pública de Medellín. (2012, Marzo). *EPM*. Retrieved from EPM: https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco_de_recomendaciones_uso_inteligente_energia_electricamarzo_27.pdf
- Enlight . (2020). *Enlight*. Retrieved from <https://residencial.enlight.mx/aparatos-electricos-lista-de-los-28-que-consumen-mas-luz/>
- Espinoza, L. (2012, Julio 2). *Conexión Esan*. Retrieved from <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2012/07/02/situacion-energetica-peru/>
- Exoriam. (n.d.). *Mercado Libre*. Retrieved from https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-439429159-llave-de-lavado-grifo-cano-con-sensor-comercial-exoriam-_JM?quantity=1#position=1&type=item&tracking_id=a830b75a-76b1-4eae-af5a-f5f6aa1027cb
- Fernandez, J., & Martinez, A. (2004). *Cambio Climático: Una visión desde México*. Ciudad de México.
- Fondo Mivivienda. (2020, Febrero). *Fondo Mivivienda S.A*. Retrieved from Fondo Mivivienda: <https://www.mivivienda.com.pe/PortalWEB/usuario-busca-viviendas/buscador-detalle.aspx?op=ncmv&nom=&dep=--Seleccione--&pro=--Seleccione--&dis=--Seleccione--&amin=&amax=&pmin=&almin=&almax=&pmax=&bv=1&exp=0>
- Fullana, P., & Piug, R. (1997). *Análisis del Ciclo de Vida*. Barcelona: Rubes Editorial S.L.
- Fundación Aquae. (n.d.). *Fundación Aquae*. Retrieved from <https://www.fundacionaquae.org/ahorrar-agua-en-el-inodoro/>
- Garcia Garcia, J. C. (2015, Junio 11). *Slideshare*. Retrieved from <https://es.slideshare.net/JKARLG/Tabla-de-consumos-de-energia-electrica-de-electrodomesticos>
- Garduño, R. (2004). *Qué es el efecto invernadero? Cambio climático: una visión desde México*. Ciudad de México.
- Gonzales, R., Jimenez, H., & Lagunas, J. (2003, Octubre 1). *Sistemas fotovoltaicos*. Ciudad de México, Ciudad de México, México.
- Granero, J., & Ferrando, M. (2009). *Cómo implantar un sistema de gestión ambiental según la norma ISO 14001:2004*. Madrid: FC Editorial.

- Gress. (2018). *Gress materiales de construcción*. Retrieved from <https://www.gress.es/ahorrar-agua-y-energia-en-tu-bano/>
- Grifos Online. (2018, Noviembre 17). *Grifos Online*. Retrieved from <https://grifos.online/accesorios-para-grifos/aireadores/>
- Hidropluviales. (2018, Julio 05). *Hidropluviales*. Retrieved from <https://hidropluviales.com/2018/07/05/captacion-agua-de-lluvia-2/>
- IEA/World Energy Outlook. (2019). *IEA*. Retrieved from IEA: iea.org/statistics/#
- Instituto Nacional de Energía y Minas. (2016). *Gobierno del Perú*. Retrieved from https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/98790/BNE_2016.pdf
- International Copper Association Latin America. (2012, Agosto 30). *Programa Casa Segura*. Retrieved from Programa Casa Segura: <http://programacasasegura.org/ar/2012/08/30/ques-la-etiqueta-de-eficiencia-energetica/>
- International Energy Agency. (2018). *World Energy Outlook 2018*. París: IEA.
- INTI Energía y USAM. (2019, Abril 11). Por qué renovar la heladera: Eficiencia Energética de refrigeradores. Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Retrieved from file:///C:/Users/mire_/Downloads/Petrotecnia_heladeras_22_Marz_2019.pdf
- Jimenez Herrero, L. (1992). Medio ambiente y desarrollo alternativo: gestión racional de los recursos para una sociedad perdurable. Madrid: IEPALA Editorial.
- Kates, T. M. (2003). Characterizing and measuring sustainable development. *Annual Review of environment and resources*, 559-586.
- Keeble, B. R. (1988). The Brundtland report: 'Our common future'. . *Medicine and war*, 17-25.
- Kirchhoff, H. (2017, Julio 21). *Puro Motores*. Retrieved from <https://www.puromotores.com/13121925/como-funcionan-los-grifos-automaticos#socialshare>
- Leal. (2005). Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias. *CEPAL*.
- Ledbox Blog. (2019). *Ledbox News: Todo sobre iluminación LED*. Retrieved from Ledbox News: <https://blog.ledbox.es/ahorro-eficiencia-energetica/etiquetado-energetico-de-lamparas-led>
- Luo, T., Young, R., & Reig, P. (2015, Agosto). *World Resources Institute*. Retrieved from https://www.wri.org/publication/aqueduct-projected-water-stress-country-rankings?%20utm_campaign=WRIAqueduct&utm_source=blogpostgraphic&utm_medium=image
- Meier, P., Tuntivate, V., Barnes, D., Susan, B., & Farchy, D. (2010). *Encuesta nacional de energía a hogares en el ámbito rural*. Washintong: The world bank group.

- MGM Internacional. (2018). *Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética*. Caracas: CAF. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1295/GUIA%20-%20Aire%20Acondicionado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Energía y Minas. (2008). *Manual de sustentación del código nacional de electricidad utilización 2006*. Lima: MINEM. Retrieved from <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/normatividad/ManualCNEUtilizacion.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). *Fondo Mivienda S.A.* Retrieved from Fondo Mivienda: <https://www.mivivienda.com.pe/PortalWEB/usuario-busca-viviendas/buscador-home.aspx?op=ncmv>
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2017). *Controlas tu energía*. Retrieved from Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico: <http://www.controlastuenergia.gob.es/consumo-inteligente/Paginas/etiquetado-energetico.aspx>
- Minitab. (2019). *Minitab*. Retrieved from <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/regression/supporting-topics/basics/types-of-regression-analyses/>
- Minitab. (2019). *Soporte de Minitab*. Retrieved from Soporte de Minitab: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/regression/supporting-topics/residuals-and-residual-plots/residual-plots-in-minitab/>
- Minitab. (2019). *Soporte de Minitab 18*. Retrieved from Minitab LLC: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/regression/how-to/fitted-line-plot/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/model-summary-table/#s>
- Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático*. Washintong.
- Negrizo. (2013, Mayo 08). *Negrizo*. Retrieved from <https://nergiza.com/como-conocer-el-consumo-del-aire-acondicionado/>
- Novedades de Quintana Roo. (2015, Mayo 4). *Novedades Quintana Roo*. Retrieved from <https://sipse.com/novedades/electromesticos-viejos-suben-el-coste-de-luz-149966.html>
- OCU. (2018, Enero 22). *OCU: La fuerza de tus decisiones*. Retrieved from OCU: <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/energia-renovable/informe/colectores-termicos#>

- Ojeda, G. (2020, Marzo 25). *Selectra*. Retrieved from <https://selectra.es/autoconsumo/info/instalacion/calculo-placas-solares>
- ONU. (2015).
- Oracle. (2017). *La base de datos de código abierto más popular del mundo*. Retrieved from Oracle Latinoamerica: <https://www.oracle.com/lad/mysql/index.html>
- Osinerg. (2004, Setiembre 20). *Organismo Supervisor de la Inversión en Energía*. Retrieved from <https://www.slideshare.net/cruizgaray/gua-para-calcular-el-consumo-elctrico-domstico>
- Perpiñán Lamigueiro, O. (2012). *Energía solar fotovoltaica*. Madrid: Creative Commons.
- Protectora. (2020). *Portal del consumidor Protectora*. Retrieved from <http://www.protectora.org.ar/notas/agua-un-recurso-en-extincion-solicita-legislacion/336/>
- Ramirez, A. (2002). La construcción sostenible. Física y sociedad.
- Rey, F., Velasco, E., & Rey, J. (2018). Eficiencia energética de los edificios. Certificación energética. In F. Rey, E. Velasco, & J. Rey, *Eficiencia energética de los edificios. Certificación energética* (p. 97). Madrid: Ediciones Paraninfo.
- RNE. (2006). *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*. Retrieved from http://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf
- Rodriguez, M. (2016). Rendimiento energético en climatización: EER, SEER, COP y SCOP. *Revista digital INESEM*, 1. Retrieved from <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/rendimiento-energetico-climatizacion-eer-seer-cop-y-scop/>
- Ruiz, L. (2017, 06 22). Edificios Verdes: Una tendencia que ayuda a reducir la carga de recibos de luz y agua. 1. (R. Gestión, Interviewer)
- Securibath. (2019, Febrero 25). Retrieved from Securibath: <https://blog.securibath.com/2019/02/25/ventajas-de-los-grifos-electronicos/>
- SNGA. (2005). Disposiciones generales. *Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental*. Lima, Lima, Perú.
- SODIMAC. (2019). *SODIMAC S.A*. Retrieved from SODIMAC: https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/category/cat10670/&?gclid=Cj0KCQjw2PP1BRCiARIsAEqv-pRX3mHn3Vws4icUoYWO rWD69Vf3HHmvtNnnoJ0rdBveqETPsLkVcrMaAmRTEALw_wcB&kid=bnnnext1448&ef_id=Cj0KCQjw2PP1BRCiARIsAEqv-pRX3mHn3Vws4icUoYWO rWD69Vf3HHmvtNnnoJ0rdBveqETPsLkVc
- Tesy Administrator. (2018, Octubre 31). *TESY It's impressive*. Retrieved from Tesy Blog: <https://tesy.es/blog/consumo-del-termo-electrico/>

- The Home Depot. (2019). *The Home Depot*. Retrieved from <https://blog.homedepot.com.mx/innovacion/diferencia-entre-consumo-y-desempeno-en-sanitarios>
- Tu Europa. (2020, Abril 08). *Tu Europa Unión Europea*. Retrieved from Tu Europa Unión Europea: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/energy-labels/index_es.htm
- U.S Department of Energy. (n.d.). *Energy Gov Offices*. Retrieved from <https://www.energy.gov/energysaver/save-electricity-and-fuel/lighting-choices-save-you-money/led-lighting>
- Última hora. (2019, Enero 29). *ANDE recomienda utilizar aire acondicionado en 24 °C para gastar menoS*. Retrieved from <https://www.ultimahora.com/ande-recomienda-utilizar-aire-acondicionado-24-cpara-gastar-menos-n2794480.html>
- Unidas, N. (1992). Cambio Climático. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático*. Washintong .
- Unidas, N. (1992). Convenio macro de las Naciones Unidas sobre cambio climático . Washintong.
- Uriarte, O. (2017, Julio 10). *Diario Renovables Energías renovables. Eólica, solar, fotovoltaica, baterías, movilidad sostenible*. Retrieved from Diario Renovables: <https://www.diariorenovables.com/2017/07/etiqueta-energetica-electrodomesticos-interpretar-ahorro.html>
- Urimat. (2015). *Urimat*. Retrieved from <http://www.uriperu.com/urinario.php?idP=1>
- World Wide Web Consortium (W3C) - España. (2017). *Guía breve de CSS*. Retrieved from Guía breve de CSS: <https://www.w3c.es/Divulgacion/GuíasBreves/HojasEstilo>



Apéndices





Apéndice A. Recolección de data para la definición de la metodología de consumo de agua

Tabla A1. Recolección de data para la definición del método de estudio estadístico

Familia	Número de personas	Unidades de gasto (l.p.s)	Consumo real mensual (m ³)	Consumo estimado mensual (m ³)
1	5	1.5200	31.00	22.42
2	2	1.1500	6.00	5.62
3	5	1.5900	27.00	23.10
4	2	1.3100	12.00	8.38
5	5	2.1250	20.00	24.66
6	5	1.7300	25.00	24.14
7	2	1.6500	9.00	12.30
8	4	1.9700	20.00	21.11
9	4	1.2800	16.00	15.44
10	4	1.6250	18.00	19.64
11	8	1.5200	40.50	33.72
12	5	2.0300	20.00	24.86
13	5	1.6800	20.00	23.82
14	5	2.5140	25.00	21.67
15	3	1.5900	9.00	15.57
16	6	1.9875	30.00	28.65
17	5	1.6000	30.00	23.19
18	3	1.3700	16.00	13.03
19	3	1.4950	12.00	14.61
20	5	1.7500	28.00	24.26
21	5	1.2900	15.00	19.37
22	2	2.4050	10.00	11.55
23	4	1.2900	23.00	15.60
24	4	1.2650	16.50	15.20
25	5	1.1500	12.00	16.92
26	5	2.2100	30.00	24.30
27	8	1.6500	30.00	34.91

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A1. Recolección de data para la definición del método de estudio estadístico

(continuación)

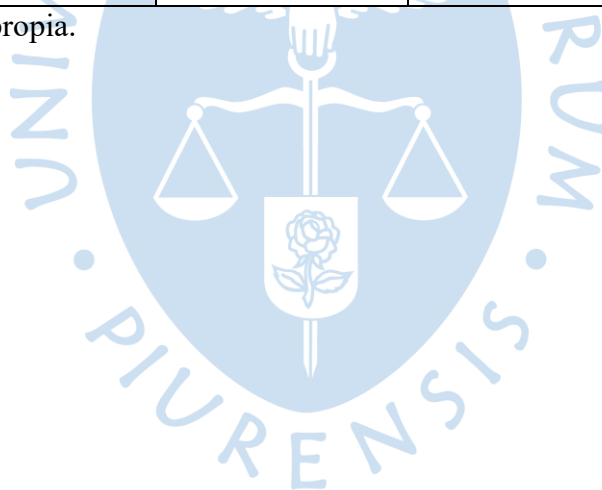
Familia	Número de personas	Unidades de gasto (l.p.s)	Consumo real mensual (m ³)	Consumo estimado mensual (m ³)
28	5	1.3700	23.00	20.57
29	2	1.4700	8.20	10.55
30	4	1.2400	13.00	14.78
31	4	1.6500	25.00	19.84
32	5	1.5900	15.40	23.10
33	4	1.1500	11.00	13.15
34	4	1.4200	20.00	17.47
35	6	1.3100	21.00	23.45
36	5	1.6000	15.90	23.19
37	5	1.6850	19.00	23.86
38	4	1.5900	20.00	19.34
39	6	1.4950	25.00	25.91
40	3	1.7625	25.00	16.78
41	4	1.4650	20.00	18.03
42	5	1.4650	30.00	21.80
43	2	1.4450	14.00	10.25
44	2	1.4450	12.00	10.25
45	1	1.4450	5.50	6.48
46	1	1.4450	6.00	6.48
47	3	1.240	9.00	11.01
48	3	1.210	7.00	10.49
49	5	1.9500	21.85	24.87
50	5	1.8600	20.00	24.71

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A2. Data para la validación del método de estimación de consumo de agua en residencias

Familia	Número de personas	Unidades de gasto (l.p.s)	Consumo real mensual (m ³)	Consumo estimado mensual (m ³)
1	5	1.8900	21.00	24.78
2	3	1.7300	16.00	16.60
3	2	2.0100	15.00	13.57
4	7	1.4450	28.00	29.09
5	5	1.8900	30.00	24.78
6	4	1.9275	21.08	18.00
7	7	1.8900	40.00	32.01
8	4	2.0900	21.00	20.90
9	6	1.8100	37.00	28.30
10	4	1.4650	20.00	18.03

Fuente: Elaboración propia.



Apéndice B. Recolección de data para la adaptación de la metodología de consumo eléctrico

Tabla B1. Data para el estudio de consumo eléctrico mensual en viviendas según sectores de uso (kWh)

Familia	Cocina	Limpieza	Diversión	Ventilación	Lavado-ducha	Iluminación	Consumo total estimado	Consumo total real
1	53.21	27.50	80.63	81.77	46.91	14.40	304.41	316.00
2	90.51	35.52	104.75	2.32	47.73	19.20	300.03	297.00
3	61.36	49.93	56.33	0.00	0.00	30.90	198.51	209.00
4	75.56	2.02	104.28	18.56	44.55	25.40	270.38	261.00
5	82.83	21.86	134.44	6.00	24.00	30.00	299.12	347.00
6	57.47	63.95	132.23	89.76	0.00	28.29	371.71	398.17
7	37.96	4.99	53.92	0.00	50.40	11.10	158.37	149.50
8	66.61	17.12	28.26	0.00	18.90	10.80	141.69	124.00
9	69.56	9.90	57.28	46.40	100.80	35.55	319.48	362.00
10	90.85	10.72	76.30	39.90	15.25	20.20	253.23	207.50

Fuente: Elaboración propia.