



Universidad Internacional de La Rioja  
Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Máster Universitario en Gestión Ambiental y Energética en las  
Organizaciones

## Auditoria Energética de una casa en Quito, Ecuador.

Trabajo fin de estudio presentado por:	Andrea Paola Granja Salazar
Tipo de trabajo:	Tipo 2
Director/a:	Elena Morchón Villar
Fecha:	9 de febrero de 2022

## Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar la eficiencia energética de una casa situada en Quito, Ecuador para reducir el valor de la factura eléctrica de la casa, las emisiones de efecto invernadero y la dependencia energética.

Se comienza recopilando datos del lugar en el que se encuentra para obtener la zona climática. Posteriormente se obtiene planos constructivos, se analiza que materiales son usados en la construcción, los equipos necesarios para cumplir con las condiciones de confort básicas para un ser humano. Se usa el programa CERMA para emitir la calificación energética que en el caso de la casa en estudio es: E con un valor de 17.5 para el indicador de emisiones y un valor de 58.9 para energía primaria no renovable. Después de esto se proponen tres opciones de mejora, que serían: mejorar la envolvente principalmente huecos y ventanas y añadir aislante térmico de tal manera que se disminuya el valor de la transmitancia térmica intentando cumplir la normativa, la segunda es añadir paneles solares fotovoltaicos y tercera es una combinación de ambas mejoras para observar cómo mejora la calificación energética. Se realiza la calificación energética para determinar la eficiencia de la envolvente y de la misma forma de las instalaciones y equipos.

Finalmente, se comprarán técnica y económicamente cada una de las propuestas y se observa si cumplen con la reglamentación vigente. Además, se observa que se mejora la calificación energética en todas las propuestas y se concluye que la mejor propuesta es poner paneles solares fotovoltaicos.

**Palabras clave:** Calificación energética, CERMA, Eficiencia energética, Auditoria energética, Energías renovables.

## Abstract

This project aims to improve the energy efficiency of a house located in Quito, Ecuador to reduce the value of the house's electricity bill, greenhouse gas emissions and energy dependence.

It begins by collecting data from the place where it is located to obtain the climatic zone. Subsequently, construction plans are obtained, it is analyzed what materials are used in the construction, the necessary equipment to meet the basic comfort conditions for a human being. The CERMA program is used to issue the energy rating, which in the case of the house under study is: E with a value of 17.5 for the emissions indicator and a value of 58.9 for non-renewable primary energy. After this, three improvement options are proposed, which would be: improve the envelope, mainly holes and windows, and add thermal insulation in such a way that the value of thermal transmittance is reduced, trying to comply with the regulations, the second is to add photovoltaic solar panels and the third It is a combination of both improvements to observe how the energy rating improves. The energy rating is carried out to determine the efficiency of the envelope and in the same way of the facilities and equipment.

Finally, each of the proposals will be technically and economically purchased and it will be observed if they comply with current regulations. In addition, it is observed that the energy rating is improved in all the proposals and it is concluded that the best proposal is to put photovoltaic solar panels.

**Keywords:** Energy rating, CERMA, Energy efficiency, Energy audit, Renewable energy.

## Índice de contenidos

Justificación .....	13
1. Introducción y marco teórico .....	14
1.1. Introducción .....	14
1.2. Marco teórico.....	15
1.2.1. El mix energético de Ecuador. ....	15
1.2.2. Cambio climático. ....	16
1.2.3. Acciones gubernamentales para el cambio climático. ....	17
1.2.4. Normativa relativa a la eficiencia energética internacional y española. ....	19
1.3. Metodología utilizada. ....	22
1.3.1. Definición geométrica. ....	22
1.3.2. Definición constructiva.....	23
1.3.3. Cálculo y simulación en CERMA .....	23
1.3.4. Propuestas de mejora.....	23
1.4. Ahorro energético en la edificación.....	24
1.4.1. Código técnico de la edificación.....	26
1.4.2. Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE).....	27
1.4.3. Certificación energética.....	28
1.4.4. Etiqueta energética. ....	29
1.4.5. Indicadores de eficiencia. ....	30
1.4.6. AENOR UNE 16247 .....	31
2. Objetivos del TFE .....	33
2.1. Objetivo general.....	33
2.2. Objetivos específicos .....	33
3. Hipótesis de trabajo .....	34

4.	Estado actual del consumo energético en edificación en España .....	35
4.1.	Normativa a través de la historia española. ....	35
4.2.	Diagnostico general del consumo de energía en España. ....	36
5.	Ahorro energético en la edificación .....	39
5.1.	Medidas de ahorro energético en demanda de energías primarias. ....	39
5.1.1.	Condiciones para el control de la demanda energética.....	39
5.2.	Medidas de ahorro energético en emisiones de CO2 .....	41
6.	Descripción del edificio objeto de estudio.....	42
6.1.	Ubicación.....	42
6.2.	Definición geométrica.....	43
6.2.1.	Situación y orientación del edificio. ....	43
6.2.2.	Geometría del edificio. ....	43
6.2.3.	Distribución y clasificación de espacios habitables y no habitables. ....	47
6.2.4.	Descripción general del edificio. ....	47
6.2.5.	Descripción de los materiales del edificio. ....	47
6.2.5.1.	Puentes térmicos. ....	55
6.2.6.	Zona climática.....	55
6.2.7.	Descripción de instalaciones térmicas. ....	58
6.2.8.	Descripción de iluminación. ....	58
6.2.9.	Descripción del sistema de refrigeración y calefacción. ....	58
6.2.10.	Descripción de ACS .....	58
6.2.11.	Electrodomésticos y contadores de energía. ....	59
6.3.	Cálculo de indicadores de consumo y certificación energética De la instalación. ....	60
6.3.1.	Cumplimiento del código técnico de la edificación.....	62
7.	Medidas analizadas para la mejora de la eficiencia energética del edificio.....	64

7.1.	Alternativa A .....	64
7.1.1.	Mejoras planteadas por CERMA para la alternativa A .....	64
7.1.2.	Mejoras .....	65
7.1.3.	Certificación alternativa A. ....	67
7.1.4.	Viabilidad económica de la alternativa A. ....	69
	Fuente:( Marketing et al., s. f.).....	71
7.1.5.	Amortización de la alternativa A. ....	71
7.2.	Alternativa B .....	72
7.2.1.	Certificado de eficiencia energética de la Alternativa B. ....	73
7.2.2.	Viabilidad económica. ....	74
7.2.3.	Amortización de la alternativa B. ....	75
7.3.	Alternativa C.....	75
7.3.1.	Certificado de eficiencia energética de la Alternativa C. ....	75
7.3.2.	Amortización de la alternativa C. ....	76
7.4.	Comparativa de las alternativas .....	77
7.4.1.	Análisis técnico de las alternativas.....	77
7.4.2.	Análisis económico. ....	78
8.	Propuesta de aplicación de una energía renovable.....	80
8.1.	Mantener el captador solar para ACS.....	80
8.2.	Cotizar un panel solar fotovoltaico.....	80
9.	Resultados .....	81
9.1.	Alternativa A. ....	81
9.1.1.	Ahorros de la alternativa A.....	81
9.1.2.	Cumplimiento del CTE para la alternativa A.....	82
9.2.	Alternativa B .....	84

9.2.1. Ahorros de la alternativa B.....	84
9.2.2. Cumplimiento del CTE. ....	85
9.3. Alternativa C.....	87
9.3.1. Ahorros .....	87
9.3.2. Cumplimiento del CTE .....	88
10. Conclusiones.....	92
10.1. Resumen del problema tratado. ....	92
10.2. Verificación de si se cumplen los objetivos propuestos. ....	92
10.3. Limitaciones y trabajos a futuro.....	95
Referencias bibliográficas.....	96
Bibliografía.....	105
ANEXO A. ....	107

## Índice de figuras

Figura 1: Ejemplo de etiqueta para un edificio terminado. ....	29
Figura 2: Zonas climáticas por municipios (izquierda) y resultado de la asimilación a la capital provincial (derecha).....	30
Figura 3: Balance de energía final. ....	37
Figura 4. Casa en estudio.....	42
Figura 5. Localización de la casa en estudio.....	43
Figura 6: Fachada frontal de la casa en estudio.....	44
Figura 7: Fachada posterior de la casa en estudio (la casa 2 está en espejo).....	44
Figura 8: Fachada izquierda.....	45
Figura 9. Fachada lateral derecha. ....	45
Figura 10: Corte A-A. ....	46
Figura 11: Corte B-B.....	46
Figura 12. Planta baja. ....	48
Figura 13: Planta alta.....	49
Figura 14. Planta del tercer piso.....	50
Figura 15: Planta cubiertas.....	51
Figura 16: Puentes térmicos.....	55
Figura 17: ACS de la casa en estudio.....	59
Figura 18: ACS de la casa en estudio.....	59
Figura 19: Datos obtenidos en los últimos meses del contador eléctrico en kWh.....	60
Figura 20: Calificación energética para emisiones.....	61
Figura 21: Calificación energética para energía primaria no renovable.....	61
Figura 22: Datos de HE0.....	62
Figura 23: Verificación del cumplimiento de HE1.....	63



Figura 24: Verificación de cumplimiento de HE4. ....	63
Figura 25: Certificación emisiones alternativa A.....	68
Figura 26: Certificación alternativa A energía primaria. ....	68
Figura 27: Límites de los huecos comparados con los datos reales de la casa (aplicando las mejoras de la alternativa A). ....	69
Figura 28: Datos de huecos del edificio original.....	69
Figura 29: Paneles solares para la medida B. ....	73
Figura 30: Calificación de la alternativa B para la parte de emisiones.....	73
Figura 31: Calificación de la alternativa B para la parte de Energía primaria no renovable....	74
Figura 32: Costo aproximado de paneles fotovoltaicos.....	74
Figura 33: Emisiones Alternativa C.....	76
Figura 34: Alternativa C (Indicador de energía primaria no renovable). ....	76
Figura 35: Panel Fotovoltaico de Ener-g-solar.....	80
Figura 36: Mejoras de la Alternativa A. ....	82
Figura 37: Cumplimiento de HE0.....	83
Figura 38: Cumplimiento de HE2.....	83
Figura 39: Cumplimiento de HE1.....	84
Figura 40: Mejoras de la Alternativa B. ....	85
Figura 41: Cumplimiento del HE0.....	86
Figura 42: Cumplimiento del HE1 para la alternativa A. ....	86
Figura 43: Cumplimiento del HE4.....	87
Figura 44: Ahorros para la Alternativa C. ....	88
Figura 45: Cumplimiento del HE0.....	89
Figura 46: Cumplimiento del HE1.....	89
Figura 47: Cumplimiento de HE2.....	90

Figura 48: Cumplimiento de HE4.....90

## Índice de tablas

Tabla 1: Calificación energética e índices para edificios de uso residencial privado.....	31
Tabla 2: La calificación energética e índices para edificios de uso distinto al residencial privado.....	31
Tabla 3: Valores límite de transmitancia térmica.....	40
Tabla 4: Control solar de la envolvente.....	41
Tabla 5: Valor límite de permeabilidad. ....	41
Tabla 6: Valor límite de Cep.....	41
Tabla 7: Materiales del muro exterior.....	52
Tabla 8: Materiales de la medianera.....	52
Tabla 9: Tabique interior horizontal.....	53
Tabla 10: Materiales del tejado.....	53
Tabla 11: Materiales constructivos de la solera.....	54
Tabla 12: Descripción de los materiales de la puerta Principal.....	54
Tabla 13: Descripción de los materiales de la Puerta.....	54
Tabla 14: Descripción de las ventanas.....	55
Tabla 15: Datos de temperatura según la NASA de Quito. ....	56
Tabla 16: Intervalos para zonificación de invierno.....	56
Tabla 17: Coeficientes de regresión para verano.....	57
Tabla 18: Intervalos para la zonificación de verano.....	57
Tabla 19: Datos del Contador eléctrico en el último año.....	60
Tabla 20: Materiales del muro exterior mejorado.....	65
Tabla 21: Materiales del Tejado. ....	66
Tabla 22: Materiales constructivos de la solera.....	66
Tabla 23: Descripción de las ventanas.....	67

Tabla 24: Descripción de los materiales de la puerta Principal.....	67
Tabla 25: Costos de lana mineral Rockwool para muros exteriores y tejado.....	70
Tabla 26: Costo de total de la lana mineral.....	70
Tabla 27: Costo para las Mejora de huecos (ventanas y puertas). ....	71
Tabla 28: Mano de obra. ....	71
Tabla 29: Costo total de la mejora A. ....	71
Tabla 30: Costo de mantenimiento. ....	71
Tabla 31: Cuotas anuales fijas de amortización. ....	77
Tabla 32: Tabla de comparación de Calificaciones.....	78
Tabla 33: Tabla comparativa de costos entre las alternativas.....	79
Tabla 34: Temperaturas de octubre de 2020.....	107
Tabla 35: Temperaturas de noviembre de 2020.....	107
Tabla 36: Temperaturas de diciembre de 2020.....	108
Tabla 37: Temperatura de enero de 2021.....	108
Tabla 38: Temperaturas de febrero de 2021.....	109
Tabla 39: Temperatura de marzo de 2021.....	109
Tabla 40: Temperatura de abril de 2021.....	110
Tabla 41: Temperaturas de mayo de 2021.....	110
Tabla 42: Temperatura de junio de 2021.....	111
Tabla 43: Temperatura de Julio de 2021.....	111
Tabla 44: Temperatura de agosto de 2021.....	112
Tabla 45: Temperatura de septiembre de 2021.....	112

## Justificación

La eficiencia energética significa un ahorro en el consumo energético y por lo tanto es un ahorro en la factura de la electricidad lo cual es importante para cualquier familia. Se ha elegido este tema para mejorar la eficiencia de una casa en Quito, Ecuador y por lo tanto disminuir el valor de esta factura. La temperatura promedio en esta ciudad es de 11.1°C y por lo general varía de entre 9°C a 19°C. Además, es muy inusual que baje a menos de 7°C y suba a más de 21°C (Weather Spark, s. f.). Por lo tanto, no se usa ni aire acondicionado ni calefacción, pero aun así la casa actualmente consume en promedio 350 Kwh mensuales y el valor de consumo más alto fue de 390 Kwh lo que significa el costo fue de sesenta dólares y en promedio la familia gasta cincuenta dólares mensuales en electricidad. La reducción en la factura se pretende lograr proponiendo tres propuestas de mejora para reducir el consumo eléctrico y mejorar la eficiencia de la edificación después de simular en CERMA.

Otra razón por la que se eligió el tema es disminuir emisiones de gases de efecto invernadero pues a pesar de que en Ecuador el 64.87% de la potencia efectiva proviene de energías renovables, existen gases contaminantes. De igual manera, otra condición para aumentar la eficiencia de la casa es reducir la dependencia energética del país a pesar de que según el balance de energía del 2020 se importó solo el 0.02% de Colombia. Sin embargo, al bajar el consumo se evita importar esta energía. Entonces aumentar la eficiencia energética de la casa no solo es de conveniencia para la familia involucrada sino también para el planeta por la contaminación ambiental y el país por la dependencia energética. Además, es importante bajar el consumo de energía sabiendo que el 31.19% del consumo total de energía es para uso residencial (ARCONEL, 2020).

Por lo que para proponer las propuestas de mejora se analizará la envolvente de la casa en estudio (puentes térmicos, materiales constructivos, estanquidad, entre otras), los sistemas técnicos (conociendo que no posee calefacción ni refrigeración), el consumo energético de los electrodomésticos (la factura eléctrica) y por último los sistemas deficientes de la casa. Básicamente, analizando el envolvente o mejorando la eficiencia de los sistemas técnicos se propondrán medidas de mejora para que la familia deje de gastar tanto en energía eléctrica, bajar emisiones de gases contaminantes y la dependencia energética del país.

# 1. Introducción y marco teórico

## 1.1. Introducción

Bajar el consumo energético es indispensable para: un desarrollo sostenible, lograr que el país tenga una estabilidad energética, prosperidad económica, bajar emisiones y cumplir con el Acuerdo de París. Este acuerdo se basa en el COP 21 donde algunos países llegaron a un acuerdo para combatir el cambio climático cuyo principal objetivo es mantener el aumento de temperatura mundial por debajo de 2°C por encima de niveles preindustriales y si se puede lograr un aumento de menos de 1.5 °C. Además, tiene como objetivo aumentar la capacidad para hacer frente a los efectos provocados por el cambio climático y lograr que las corrientes de financiación sean coherentes con un nivel bajo de emisiones de gases de efecto invernadero. En cuanto a eficiencia energética se propuso aumentar un 20% para el 2020 y un 27% para el 2030 (CMNUCC, s. f.).

También el crecimiento de la población es un reto para la industria de la energía y esto conlleva a que se usen más recursos, se produzcan más gases de efecto invernadero y aumente el costo de la energía. Por lo tanto, ha surgido la necesidad económica y social de conservar la energía ya que esta proviene un 80% de fuentes no renovables y con el crecimiento de la población aumentara el consumo mundial un 50%, lo que es incompatible con la disminución del consumo de recursos naturales fósiles y la disminución de emisión de gases de efecto invernadero. Por lo que la eficiencia energética busca ofrecer más servicios con la misma entrada de energía buscando una adecuada gestión de la energía (Guillén et al., 2014).

La IEA (Agencia Internacional de Energía) recomienda identificar los sectores que consumen más energía para aplicar los criterios de eficiencia energética. El sector residencial representa en promedio mundial un 25% del consumo final de la energía. Sin embargo, varía entre países por sus condiciones climáticas, recursos energéticos, infraestructura energética, estructura económica y otras condiciones específicas de cada país. Ecuador se encuentra por debajo del promedio mundial.

En 1975 surgen nuevos conceptos como: “green house”, “zero energy house”, “passive house” y “low energy house”. Uno de los últimos conceptos es “Net-Zero energy Building”

donde se basa la producción de energía en energías renovables y se apoya en cuatro criterios: sitio, recursos, costos y emisiones (Guillén et al., 2014).

## 1.2. Marco teórico.

### 1.2.1. El mix energético de Ecuador.

La casa estudiada en este TFM está ubicada en Quito, Ecuador. Según el balance de energía de Ecuador en 2020, el 60.75% de la potencia nominal en generación de energía fue producida a través de energías renovables, siendo hidráulica un 58.45%, 0.24% se produce por medio de eólica, 0.32% por medio de fotovoltaica, 1.66% por medio de biomasa y 0.08% por biogás mientras que el 39.25% fue producida por medio de energías no renovables donde se originó por medio de energía térmica y MCI (motores de combustión térmica) se produce un 23.46%, el 10.16% es producida por medio de energía térmica turbo gas y por ultimo 5.62% es producido por medio de energía térmica turbovapor. Mientras que la potencia efectiva proviene de energías renovables el 64.87% siendo hidráulica la que produce el 62.51% y el 0.02% se importó de Colombia. A pesar de que el mayor porcentaje de energía en el país es producido por medio de fuentes renovables es importante reducir el consumo de energía sabiendo que el 31.19% del consumo total de energía es para uso residencial (ARCONEL, 2020).

El calentamiento global revela que los combustibles fósiles son un problema por lo tanto se pretende evitar su uso (Martin, 2013, p.1). El punto es aumentar la producción de energía por medio de fuentes renovables para combatir el cambio climático. Un mix de producción energética renovable es el medio para combatir el cambio climático en una sociedad post-carbón. Recordando que el mayor porcentaje de energía en Ecuador es producido por medio de hidroeléctricas las cuales representan un papel importante en una sociedad post carbono. En resumen, la solución para llegar a una sociedad amigable con el medio ambiente es un mix energético de energías renovables compuesto principalmente por: hidroelectricidad, solar fotovoltaica, energía del viento, un poco de geotérmica para los países cerca del cinturón de fuego, potencial solar global y marina (García, 2016, p.2).

En este TFM se pretende lograr que una edificación en Ecuador sea más eficiente y amigable con el medio ambiente y para esto existen varias formas: la una es aumentando el uso de energías renovables, la otra es mejorando la eficiencia de sistemas, equipos y mejorando la

edificación, y la tercera sería disminuyendo la demanda mejorando los hábitos de los consumidores (IDAE, 2009, p.12)

### 1.2.2. Cambio climático.

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, este se define como: el cambio producido debido a la actividad humana ya sea de forma directa como indirecta que provoca una alteración en la composición de la atmósfera a nivel global y se suma a la variabilidad natural del clima. Además, en este convenio celebrado en 1994 se llegó a los siguientes puntos: el cambio climático y sus efectos adversos deben ser preocupación a nivel mundial, el efecto invernadero incontrolado lleva a un mayor calentamiento de la tierra que calentamiento natural de esta, los países más desarrollados son los que producen la mayor parte de emisiones en el mundo, si es verdad que hay muchas estadísticas y muchas predicciones a lo que pasará pero como existen factores impredecibles es difícil saber que pasará. Es decir, el cambio climático es impredecible. Además, se necesita la cooperación de todos los países del mundo para tener una respuesta global, se deben tener en cuenta los puntos de la declaración de Naciones Unidas del 1972, basándose a la Carta de Naciones Unidas y a los derechos internacionales los estados deben crear sus políticas medioambientales y por último se refuerza la idea de soberanía de los Estados para actuación y cooperación internacional frente al cambio climático (Naciones Unidas, 1992, pp.5-21).

El uso eficiente de energía es muy importante para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y mitigar el calentamiento global. Actualmente la producción de energía sigue siendo en mayor porcentaje producida por combustibles fósiles y tardará años en que esto deje de ser así. Sin embargo, existen alternativas para la producción de energía como energías renovables. Los investigadores refieren al cambio climático como “carbon Budget” o presupuesto de carbono. Lo que se refiere a gigatoneladas de carbono y básicamente dióxido de carbono que puede ser liberado a la atmósfera antes de generar el cambio climático causado por el ser humano (Moriarty & Honnery, 2019, pp.2-8).

El uso de la energía depende de la tarea y la eficiencia con la que se use. Por lo tanto, lo que se debe hacer es reducir la tarea o reducir la energía consumida. Un ejemplo de tarea sería conduciendo menos km un auto y el otro sería haciendo el auto más eficiente. En una casa sería: usar menos los artefactos, reducir el número de artefactos que usan energía, mejorar



la eficiencia de estos y por último los que usan menos energía. El sector del transporte y el uso de energía en hogares son parte de los sectores que más usan energía por lo tanto se busca reducir el consumo en estos sectores. Básicamente las soluciones para reducir el consumo de energía están en aumentar la eficiencia o reducir el uso. En cuanto a bajar el consumo de energía en hogares, el concientizar a la gente tiene un papel muy importante para que se baje el consumo ya que de ellos depende este consumo (Moriarty & Honnery, 2019, pp.2-8).

El cambio climático afecta a dos escalas: temporal y espacial. Existen varios efectos del cambio climático como: el aumento de la temperatura global, deshielo, subida del nivel del mar, acidificación de los océanos, sequías (España es uno de los países más secos y áridos de Europa), fenómenos meteorológicos extremos, extinción de especies, pérdidas e inestabilidad económica, guerras y varios más. Así también, existen varias acciones para mitigar el cambio climático como la conferencia de Estocolmo de 1972, acuerdo de Marrakech, COP 21, entre otras. La eficiencia energética juega un papel muy importante para reducir el cambio climático y evitar todos estos efectos adversos en el planeta (IPPC, 2019, p. 27).

### 1.2.3. Acciones gubernamentales para el cambio climático.

Existen varias acciones mundiales para lograr contener el cambio climático como, por ejemplo: el Primer informe del club de Roma (1972), conferencia de Estocolmo que creo el primer programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (1972), Informe de Brundland donde nace el concepto de desarrollo sostenible (1987), la conferencia de Kioto (1997), la conferencia de las partes de la Convención sobre Cambio Climático (COP 24,2018), entre otras.

Uno de los principales el protocolo de Kioto que fue aprobado en 1997 pero no entro en vigor hasta 2005 por el complejo proceso de ratificación. Este protocolo pone en funcionamiento la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático donde se compromete a los países industrializados a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y cada país se propone unas metas en base a emisiones. Estos países se comprometen a informar periódicamente y a adoptar medidas y políticas de mitigación. Además, se basa en los principios y disposiciones de la convención. Básicamente este protocolo establece objetivos de reducción a 36 países industrializados y la Unión Europea.

Todos los objetivos juntos suponen una reducción media de 5% de los gases de efecto invernadero en base a 1990 en el quinquenio 2008-2012 (*CMNUCC*, s. f.).

Un elemento importante del protocolo de Kioto fue el establecer mecanismos de mercado flexibles que generan permisos de emisión y son tres. Los cuales son: comercio de emisiones, mecanismos de desarrollo limpio y los de aplicación conjunta (dos últimos mecanismos basados en proyectos debido a que resultan de la inversión de proyectos) (*Los Mecanismos de Flexibilidad*, s. f.). La Unión Europea y sus estados miembros en el primer periodo del protocolo de Kioto tuvieron el objetivo de reducir 8% respecto al año base (1990/1995). De acuerdo con el artículo 4 se realizó un reparto interno entre los estados porque los compromisos varían en función de una serie de parámetros de referencia. En el caso de España, la medida de emisiones netas de gases no debe superar el 15% del año base. Para el periodo 2013-2020 la UE se propuso reducir un 20% con respecto a 1990 (*Protocolo de Kioto*, s. f.). La Unión Europea se propuso para 2020: reducir 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentar un 20% la producción de energía por medio de energías renovables y mejorar un 20% la eficiencia energética (Comisión Europea, 2016).

Además, existe un grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, el cual fue creado en 1988 para evaluar el cambio climático y sus causas, repercusiones y estrategias de respuesta. Este grupo evalúa conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos. También, ha preparado cinco informes de evaluación que constan de varios volúmenes. Durante el sexto ciclo de evaluación IPPC ha elaborado tres informes especiales y un informe metodológico sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. El sexto informe de síntesis se terminaría en 2022 para el primer balance mundial de la Convención Marco de las Naciones Unidas. En esta convección se evaluarán los progresos para el escenario donde solo aumentara 2°C la temperatura global (IPPC, 2019).

Por último, ya se mencionó el COP 21 de París que es un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y bajar las emisiones de carbono. El objeto principal es mantener el aumento de temperatura por debajo de los 2°C este siglo, por encima de niveles preindustriales. Además, aumentar la capacidad de los países para hacer frente a los efectos del cambio climático. Todo esto se nombra en el Artículo 2. El artículo 4 establece compromisos mitigantes de todas las partes diferenciando entre países en desarrollo e

industrializados. Conjuntamente, existen más acciones para limitar el cambio climático (CMNUCC, s. f.).

#### 1.2.4. Normativa relativa a la eficiencia energética internacional y española.

A continuación, se muestra en resumen las principales normas internacionales y nacionales de eficiencia energética. Siendo las principales normativas europeas las siguientes:

- Directiva 2002/91/CE relativa a eficiencia energética en edificios (Vigente): esta Directiva fue creada para cumplir con el protocolo de Kioto donde se prescriben exigencias para la protección del medio ambiente y políticas y acciones de la comunidad. Esta directiva tiene como objetivo fomentar la eficiencia energética en edificios para lograr cumplir los objetivos del protocolo de Kioto.
- Consejo Europeo 2007-2008: este consejo resalta la importancia de mantener un aumento de temperatura a un límite de  $2C^{\circ}$ . Propone tres objetivos para 2020 que son: reducir los gases de efecto invernadero un 20% en comparación con 1990, ahorrar un 20% del consumo de energía de la Unión Europea en comparación con los valores proyectados para 2020 y aumentar la producción de energía por medio de fuentes renovables un 20%. Es necesario un planteamiento de reducciones entre los estados miembros que reflejen equidad y tengan en cuenta las circunstancias nacionales. El consejo pone en marcha una política energética integrada para garantizar el abastecimiento y mejorar la competitividad de empresas. En el consejo europeo de 2011 se observa la dificultad para alcanzar los objetivos y se enfatiza en que debe alcanzarse el objetivo que establece la Estrategia 2020 de aumentar un 20% la eficiencia energética (el cual hasta la fecha no parecía que se iba a lograr cumplir). Por lo que se da importancia a incrementar el ahorro en edificios.
- Directiva 2012/27/UE relativa a eficiencia energética: el objetivo de esta directiva es establecer un marco común de medidas para la eficiencia energética con un 20% de ahorro para el 2020. Se establecen normas para eliminar barreras en el mercado de energía y superar las deficiencias del mercado. Esta directiva incentiva los objetivos conseguidos.

En los siguientes párrafos se muestran las principales normativas españolas para eficiencia energética.

- Real Decreto 253/2013 (derogado el 03/06/2021 por el 390/2021): especifica los procedimientos básicos para la certificación y eficiencia energética. Básicamente, establece los requisitos mínimos de eficiencia energética y un procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes y en nueva construcción. Además, pone a disposición la etiqueta energética. En este RD se basa en la Directiva de 2002/91/CE y la que la modifica que es la Directiva 2010/31/UE. Además, deroga el Real Decreto 47/2007 aumentando la parte para edificios existentes. También, este Real Decreto contribuye a informar las emisiones de  $CO_2$  por el uso de energía proveniente del consumo residencial lo que facilitara la reducción de emisiones. Esto sirve para que los compradores o arrendatarios tengan la habilidad de comprar con edificios de la misma zona. Básicamente en este RD se muestra el procedimiento básico que debe cumplir el cálculo de la calificación de eficiencia energética considerando factores que afectan el consumo energético, así como condiciones técnicas y administrativas (RD 253,2013, pp.2-10).
- Ley 8/2013 (modifica artículos del Real Decreto 314/2006) de rehabilitación, regeneración y renovación de zonas urbanas. En el Real Decreto 314/2006 cuando la sociedad española demandaba una mayor calidad en las edificaciones se aprobó el Código Técnico de la Edificación, el cual promueve la innovación y la sostenibilidad. Por lo tanto, se crean requisitos básicos de seguridad y bienestar. Donde entra seguridad estructural, protección contra incendios, salubridad, protección contra el ruido, ahorro energético o accesibilidad para personas con movilidad reducida. Básicamente el código técnico de la edificación crea un marco normativo homologable al que existe en países más avanzados en esta técnica y básicamente establece los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad (RD 314,2006, pp.11816-11825). La Ley 8 quiere potenciar la rehabilitación de edificaciones eliminando trabas que había y creando mecanismos que hagan viable y posible. También, ofrecer un marco normativo para el sector de la construcción en especial la parte de rehabilitación, regeneración, renovación. Por último, fomentar la calidad, sostenibilidad y competitividad basándose en el marco normativo europeo en relación con los objetivos de eficiencia, ahorro energético y lucha contra la pobreza. Se alinea con la Directiva 2010/31/UE (Ley 8,2013, pp.1-7).

- Real Decreto 1027/2007 (vigente), por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. Transpone la Directiva 2002/91/CE (eficiencia energética de edificios) y está en relación con el Real Decreto 314/2006 y cita la Ley 21/1992. Como medida del plan de acción de estrategia de ahorro y eficiencia energética en España se aprueba el nuevo reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE). Se fomenta la utilización de energía solar térmica principalmente para calentar agua. También, se aprueba un marco normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.
- Real Decreto 56/2016 de 12 de febrero de Eficiencia energética (vigente), por este RD se transpone la directiva 2012/27/UE. Recordando que la eficiencia energética es importante para un desarrollo sostenible en el horizonte 2020, reforzar la seguridad en el abastecimiento energético y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otras sustancias contaminantes (RD 56,2016. pp.11655-116558).
- Real Decreto 564/2017 (en vigor): este Real Decreto complementa el RD 253/2013 y especifica que máximo hasta el 31 de diciembre de 2020 los edificios nuevos serán edificios de consumo de energía casi nulo (son edificios con un alto nivel de eficiencia energética). Esto es una obligación de la Directiva 2010/31/UE. Este RD modifica el artículo 2.2 del procedimiento básico y disposición adicional 2 del RD 235/2013. Por esto se remite al Código técnico de la edificación para determinar los requisitos mínimos que deben satisfacer los edificios en cada momento. Además, refunde el RD 47/2007 por el cual se aprobó el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética para edificios de nueva construcción con la incorporación del procedimiento básico para edificios existentes.
- Real Decreto 390/2021 (Deroga al Real Decreto 235/2013): Este Real Decreto transpone parcialmente la Directiva (UE) 2018/844, de 30 de mayo. Modifica las bases de datos para el registro de certificados de eficiencia energética por las cuales se permitirá recopilación de datos de consumo de energía medido o calculado de edificios y vincula incentivos financieros para la mejora de eficiencia energética de ahorro previsto o logrado. En el pacto verde europeo (COM/2019/640) la certificación energética adquiere un papel importante para el uso eficiente de

recursos y evitar las emisiones de gases de efecto invernadero en 2050. Recordando que el plazo para que los edificios nuevos sean de consumo de energía casi nulo era hasta 31 de diciembre de 2020, el plazo se adelantó dos años en el caso de edificios públicos. También se regulo la etiqueta energética en todo el país. Se concreto un régimen con infracciones y sanciones de acuerdo con la ley vigente en materia de protección a consumidores y usuarios, y en materia de certificación energética. También modifica el Real Decreto 56/2016 en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios, auditores energéticos, promoción de la eficiencia de suministro.

Además, modifica el Real decreto 1027/2007 por el 178/2021 donde se aprueba el Reglamento de instalaciones térmicas de edificios. Principalmente el objeto es establecer condiciones técnicas y administrativas para la certificación de eficiencia energética en edificios. También se regula la metodología de cálculo considerando factores de incidencia en el consumo de energía. Se promueve la eficiencia energética y que la demanda se cubierta principalmente por fuentes renovables reduciendo a producción de gases de efecto invernadero en la edificación (RD 390,2021, pp.67351-67362).

### 1.3. Metodología utilizada.

Inicialmente se comienza recopilando datos de la geometría del edificio. Luego la definición constructiva para después simular en CERMA con los datos recopilados y proponer las propuestas de mejora. A continuación, se muestra la metodología y lo que se definió en cada una de las partes.

#### 1.3.1. Definición geométrica.

- Situación y orientación del edificio.
- Geometría del edificio.
- Distribución y clasificación de espacio habitables y no habitables.
- Localización de cada tipología de cerramiento.
- Posición y dimensiones de cada abertura en la parte exterior como puertas y ventanas.

- Localización, dimensiones y orientación de obstáculos que pueden hacer sombra a la fachada exterior.

### 1.3.2. Definición constructiva.

#### **Cerramientos:**

Grosor y propiedades térmicas de cada capa de material que componen la envolvente.

#### **Huecos y lucernarios:**

Tipo de marco y vidrio, porcentaje de hueco cubierto de marco, permeabilidad del aire de la parte de madera y factor solar del vidrio.

#### **Puentes térmicos:**

Transmitancia térmica lineal.

### 1.3.3. Cálculo y simulación en CERMA

Una vez obtenidos los materiales de la casa y en esencial los datos mencionados anteriormente en las partes 4.1.1 y 4.1.2. se procede a ingresar los datos en el programa CERMA en su versión V5-03. Para después analizar los resultados y proponer 3 propuestas de mejora.

### 1.3.4. Propuestas de mejora

Existen varias formas de mejorar la eficiencia de un edificio. A continuación, se nombran algunas. Según el CTE DB HE como:

#### **La limitación de la demanda energética.**

Se recomienda mejorar el aislamiento de la envolvente térmica del edificio.

- Mejorar el aislamiento térmico de la fachada opaca como: paredes.
- Mejorar las características térmicas de elementos semitransparentes como, por ejemplo: aumentar las capas del vidrio y que sea hermético, reducción del factor solar del vidrio, usar vidrios con baja emisividad o factor solar reducido).
- Eliminación o si no se puede minimización de puentes térmicos. Ver si se puede mejorar la arquitectura aplicando arquitectura solar pasiva como invernaderos: muros trombe y muros parietodinámico (Lleopard, 2021).

### **Mejora del rendimiento de instalaciones térmicas.**

Se puede instalar equipos con alta eficiencia como: calderas de condensación, calderas de baja temperatura, calderas de biomasa, entre otros.

### **Mejora de la Eficiencia de las instalaciones de iluminación.**

Como mejorar la eficiencia de los focos y aumentar la luz natural.

**El edificio debe tener una contribución solar mínima de ACS.** Esto también se puede incluir en la parte de mejorar el rendimiento de las instalaciones térmicas como, por ejemplo: captadores solares para calentar el agua, bomba de calor geotérmica, aplicar aerotermia, entre otras.

Finalmente, las propuestas de mejora serán simuladas en CERMA mejorando la calificación energética.

## **1.4. Ahorro energético en la edificación.**

Inicialmente el Real Decreto 235/2013 aprueba la certificación energética en edificios y especifica los procedimientos básicos para la certificación y eficiencia energética. Este Real Decreto fue modificado por el Real Decreto 564/2017 el cual especifica que hasta el 31 de diciembre de 2020 los edificios nuevos serán edificios de consumo casi nulo (se definen en el RD 56/2016). Esto está determinado el nivel de conformidad con el Anexo I del Real Decreto 564/2017. También el RD 564/2017 establece los mínimos de una auditoria energética pero no obliga a una estructura fija y no modificable. Ósea pone a disposición de las empresas la libre elección de los contenidos que desea que resalten o los que se desea que se trabaje. La única obligatoriedad es tener en cuenta los consumos de energía existente producidos por la empresa.

Los edificios de consumo casi nulo fueron definidos en la disposición adicional cuarta del Real Decreto 56/2016 relativo a la eficiencia energética (transpone la directiva 2012/27/UE). Básicamente, un edificio de consumo de energía casi nulo (EECN) es aquel cuya eficiencia energética es muy alta y la mayor parte proviene de fuentes renovables. Estos edificios básicamente no consumen más de  $60 kWh/m^2$  de energía primaria total ni más de  $30 kWh/m^2$  energía primaria no renovable. En el Real Decreto 56/2016 se refiere al procedimiento básico para certificación de eficiencia energética y a los edificios de consumo



de energía casi nulo y su ámbito de aplicación. Esta normativa menciona indicadores complementarios como la demanda energética de la refrigeración y calefacción, consumo anual de energía primaria no renovable, emisiones anuales de  $CO_2$ , entre otras.

Según el Real Decreto 56/2016 la eficiencia energética es esencial para un crecimiento sostenible en el horizonte 2020, abastecer energéticamente, reducir gases de efecto invernadero y otras sustancias contaminantes. Los estados miembros de la Unión Europea deben fomentar el desarrollo de Auditorías energéticas y Sistemas de Gestión de Energía. Se deben concientizar sobre los beneficios de las auditorías y la disposición de programas de formación para Auditores (Real Decreto 56/2016). La ISO 50 001 y EN 16.247 -1 son ejemplos de normas vigentes en materia de energía. Actualmente para grandes empresas son obligatorias las auditorías pues el consumo energético en grandes empresas es elevado por lo tanto el ahorro energético es significativo. Básicamente, para que sea obligatorio la empresa no debe estar categorizada como PYME, tener un capital humano de más de 250 personas y tener un volumen de negocio superior a 50 millones de euros. Además, las grandes empresas deben realizar auditorías cada cuatro años. En cuanto a las PYME se debe incentivar las auditorías energéticas porque también significa un ahorro de energía, pero para ellas no es obligatorio.

Además, la Directiva 2002/91/CE del Parlamento y Consejo Europeo se transpone en el Real Decreto 47/2007 cuyo objetivo es establecer el procedimiento básico que debe cumplir la metodología del cálculo de calificación de eficiencia energética. Básicamente, pide que para venderse o arrendarse edificios tengan un certificado de eficiencia energética. Este certificado incluye información sobre las características energéticas de edificios para comprobar su eficiencia energética. El punto es promover los edificios eficientes y las inversiones en el ahorro de energía. Posteriormente, esta directiva fue modificada por la Directiva 2010/31/UE (relativa a eficiencia energética en edificios) y esta obliga a realizar una certificación de eficiencia energética en edificios recién construidos o aquellos que serán rehabilitados. La última Directiva relacionada con eficiencia energética es la directiva de 2012/27/UE. Además, se recomienda llevar a cabo inspecciones de los equipos que consumen bastante energía como: calderas y sistemas de aire acondicionado.

Sin embargo, se excluyen de la certificación de eficiencia energética los edificios de culto religioso, monumentos de valor histórico o arquitectónico, edificaciones que se usaran

menos o igual a dos años, edificios agrícolas no residenciales, industrias destinadas a talleres o procesos industriales (siempre que sean considerados de baja demanda), edificios que serán reformados de manera importante o sean demolidos después (por lo que el proyecto nuevo será certificado), edificios cuya superficie útil será menor a  $50 m^2$  y edificios que sean usados menos de a cuarta parte del año (básicamente su consumo será menor al 25% del año).

Los edificios que serán obligados a obtener una certificación energética serán: los edificios nuevos desde 31 de diciembre de 2020 deben ser edificios de consumo casi nulo de energía, edificios nuevos que vayan a ser ocupados y sean de titularidad pública deben ser de consumo casi nulo de energía después de 31 de diciembre de 2018 y por último los requisitos mínimos que deben ser cumplidos por estos edificios se determinan en el Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 564/2017, p.45936).

#### 1.4.1. Código técnico de la edificación.

El Código técnico de la edificación en el documento básico de energía (CTE-DB-HE) establece las condiciones normales climatológicas y de ocupación de un edificio. Además, instituye los climas de referencia para cada zona climática, en función de la severidad del invierno y verano. Conjuntamente, garantiza las condiciones de seguridad y habitabilidad de los edificios. En el Anejo D se define el modelo térmico, dependiendo de las condiciones operacionales y perfiles de uso. Se utilizan índices de referencia definidos en base al uso del edificio. Para residencial privado CTE define dos índices (C1 y C2) y para otros usos se define como C y cada uno se da por la ratio del indicador que se quiere medir.

El CTE afecta a todo tipo de edificios desde partes de edificios nuevos, edificios nuevos, o edificios existentes en el que se realice una intervención (ampliación, cambio de uso o reforma) independientemente del tipo de uso. Los niveles exigibles varían en función del nivel de intervención, uso, localización y características del edificio.

El ministerio de Industria Energía y Turismo y el Ministerio de Fomento en 2015 cambio el procedimiento de certificación. Desde el 14 enero es obligatorio obtener la certificación de eficiencia energética en alguna de las siguientes aplicaciones explicadas a continuación:

**HULC (Herramienta Unificada Lider-Calener):** la herramienta es diseñada por el Ministerio de Fomento y por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Realiza

certificaciones según el Real Decreto 564/2017. Además, obtiene los apartados del DB-HE 2019:

HE0: consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total.

HE1: exigencias de la envolvente térmica, involucrando el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica ( $K$ ) del edificio.

HE4: involucra la *contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables*.

HE5: donde se determina la *potencia mínima a instalar de energía eléctrica* en edificios con uso distinto al residencial privado.

El ámbito de aplicación de HULC es para cualquier tipo de edificio, uso residencial privado, edificios terciarios pequeño, mediano y gran tamaño (en este HULC se conecta con Calender GT) (*Herramienta unificada LIDER-CALENER*, s. f.).

**CE3 (Calificación Energética de Edificios Existentes):** la aplicación emite informes técnicos de verificación o certificación energética. Permite realizar calificación y certificación de edificios existentes de vivienda, pequeño y mediano terciario y gran terciario. Además, en la parte de “medidas de mejora” como su nombre lo indica plantea medidas de mejora y se obtiene una nueva calificación (tiene unos complementos específicos no reconocidos por IDEA, pero mejoran la funcionalidad de la aplicación y alcance de la herramienta).

**CE3X (Calificación Energética de Edificios Existentes):** es una herramienta de certificación de eficiencia energética de edificios existentes. Esta permite calificación y certificación de edificios existentes de vivienda, pequeño, mediano y gran terciario. Genera y emite informes oficiales. Además, es ofrecida por IDEA de igual forma.

**CERMA (Calificación Energética Residencial Método Abreviado):** creada por el Ministerio de Fomento y por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Se aplica para edificios residenciales de nueva construcción y ya existentes (unifamiliares de uso individual como en bloque). No se aplica para el sector terciario.

#### 1.4.2. Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE).

Este reglamento fue aprobado por el RD 1027/2007 y contribuye a alcanzar los objetivos establecidos por el plan de fomento de las energías renovables (2000-2010) fomentando a usar más energía solar térmica para ACS. Además, aprueba el marco normativo en el que se

regulan las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas. El reglamento contempla una clara dimensión ambiental.

#### 1.4.3. Certificación energética.

La certificación energética es un documento descriptivo e informativo. La Directiva 2010/31/UE y la anterior Directiva 2002/91/CE piden la denominada certificación energética. La Directiva 2010/31/UE indica ciertos puntos importantes sobre la certificación de edificios. Además, establece un método simplificado de cálculo, determina requisitos mínimos de las adecuaciones, define la certificación energética y crea sistemas de control de certificaciones. El Real Decreto 235/2013 de 5 de abril aprueba el procedimiento básico para conseguir esta certificación energética tanto para edificios existentes como de nueva construcción y es un impulso a las políticas energéticas.

Recordando que la calificación de eficiencia energética es definida como la expresión de la eficiencia energética de un edificio que se determina por una metodología de cálculo y generando una etiqueta. Mientras que la certificación de eficiencia energética es un proceso por el que se valora la calificación de eficiencia y se genera un certificado de eficiencia energética en base a las características del edificio evaluado (RD 390/2021, p.67354).

Las principales normativas en temas de eficiencia energética de edificios son tres: Código Técnico de la Edificación Ahorro de Energía (CTE-DB-HE), Reglamento de instalaciones térmicas en Edificios (RITE) y certificación de la eficiencia energética en Edificios (REAL DECRETO 235/2013). El Código Técnico de la Edificación Ahorro de Energía está reflejado en el Real Decreto 314/2006 y el Real Decreto 1371/2007 (CTE-DB-HE, 2019). El CTE define la calidad energética de un edificio limitando el consumo de energía primaria (HE0) y controlando la demanda energética de la envolvente (HE1). Real decreto 235/2013 tiene el objetivo de lograr cumplir los objetivos 20-20-20 de la Unión Europea y la Directiva 2009/28/CE (por objetivos 20-20-20 se refiere a 20% menos gases de efecto invernadero, 20% más eficiencia energética, 20% más producción de energía por medio de fuentes renovables).

#### 1.4.4. Etiqueta energética.

Una vez calificada la eficiencia energética del edificio se emite una etiqueta que refleja la escala de calificación de eficiencia energética, identifica los datos del edificio, registro catastral y normativa en vigor el momento de construcción del edificio. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de etiqueta para un edificio terminado. Se certifica con 7 letras de la A a la G siendo la A la más eficiente y G la menos eficiente (RD 235/2013). La calificación de eficiencia energética tiene dos indicadores globales: las emisiones anuales de  $CO_2$  y el consumo anual de energía primaria no renovable (incluyen el impacto de calefacción, refrigeración, producción de Agua caliente sanitaria y de igual forma la reducción de emisiones o consumo de energía primaria no renovable (IDAE, 2015).

Es obligatorio presentar la etiqueta (en su periodo de validez) para la promoción, venta y publicidad para el arrendatario o posibles compradores. Además, obligatoriamente deben ser presentadas en un lugar visible y destacado en edificios de tránsito público con superficie útil mayor a  $500 m^2$  y en edificios públicos con superficie útil total a  $250 m^2$  (IDAE, 2015).

**Figura 1:** Ejemplo de etiqueta para un edificio terminado.

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO TERMINADO ETIQUETA**

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente	Tipo de edificio
construcción / rehabilitación	Dirección
Referencia/s catastrales	Municipio
	C.P.
	C. Autónoma

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Consumo de energía kWh / m <sup>2</sup> ·año	Emisiones kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> ·año
<b>A</b> más eficiente		
<b>B</b>		
<b>C</b>		
<b>D</b>		
<b>E</b>		
<b>F</b>		
<b>G</b> menos eficiente		

REGISTRO

Válido hasta dd/mm/aaaa

ESPAÑA  
Directiva 2010 / 31 / UE

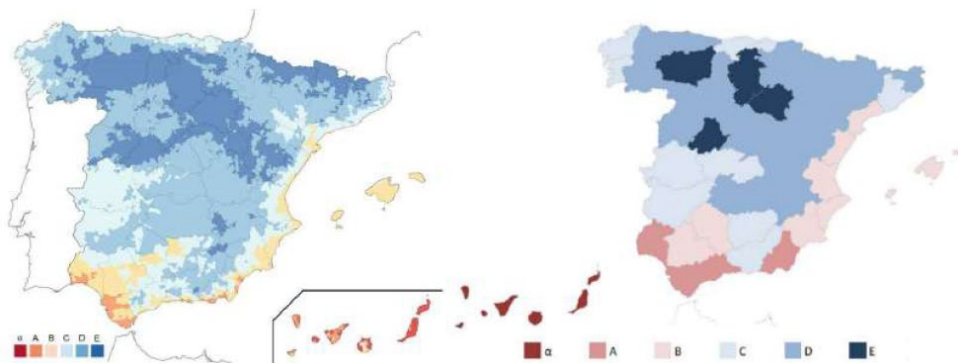
Fuente: (MODELO DE ETIQUETA DE EDIFICIO TERMINADO, s. f.)

#### 1.4.5. Indicadores de eficiencia.

Estos Indicadores permiten cuantificar y evaluar variables para mejorar el comportamiento energético del edificio. Por medio de estos se decide si el comportamiento del edificio es bueno o malo. Los indicadores pueden ser obtenidos cuantificando los consumos de energía. Los indicadores principales son: consumo anual de energía primaria no renovable y emisiones anuales de  $CO_2$ . Además, existen indicadores complementarios como: demanda energética anual de calefacción, consumo anual de energía primaria no renovable desagregada por servicios, entre otros.

En el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico Ahorro de Energía se establecen las condiciones normales climatológicas y de ocupación. Básicamente, la demanda energética depende de donde este ubicado y las condiciones climáticas se definen en base a la severidad climática (invierno y verano). Para invierno se usan las letras de la A a la E y para verano los números del 1 al 4 generando 12 zonas definidas (Código Técnico de la Edificación ,2019).

**Figura 2:** Zonas climáticas por municipios (izquierda) y resultado de la asimilación a la capital provincial (derecha).



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.16)

Existen diferentes escalas en base a si se trata de un edificio para uso residencial privado donde seria C1 o C2 y para otros usos donde será C. En la tabla 1 se muestra la calificación energética e índices para edificios de uso residencial privado y en la tabla 2 se muestra la calificación energética e índices para edificios de uso distinto al residencial privado (IDAE, 2015).

**Tabla 1:** *Calificación energética e índices para edificios de uso residencial privado.*

Calificación		Índice	
A		C1	< 0,15
B	0,15	≤ C1	< 0,50
C	0,50	≤ C1	< 1,00
D	1,00	≤ C1	< 1,75
E	1,75	≤ C1	< 1,00
F	1,75	≤ C1	< 1,50
	1,00	≤ C2	< 1,50
G	1,75	≤ C1	
	1,50	≤ C2	

Fuente: (IDAE, 2015).

**Tabla 2:** *La calificación energética e índices para edificios de uso distinto al residencial privado.*

Calificación		Índice	
A		C	< 0,40
B	0,40	≤ C	< 0,65
C	0,65	≤ C	< 1,00
D	1,00	≤ C	< 1,30
E	1,30	≤ C	< 1,60
F	1,60	≤ C	< 2,00
G	2,00	≤ C	

Fuente: (IDAE, 2015).

En resumen, se identifica la zona climática, el año de construcción de la vivienda, sistema de calefacción de viviendas, tamaño de municipio (condición rural o urbana) con ello se determina los tipos de energía que puede tener acceso, si es un edificio unifamiliar, colectivo o bloque (permite considerar la unidad de gestión de rehabilitación, requerimientos de accesibilidad, características geométricas y constructivas).

#### 1.4.6. AENOR UNE 16247

La UNE 16247 (para edificios) establece que una auditoria energética puede ayudar a una organización a identificar oportunidades de mejora. Los edificios proveen de servicios tales como: calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, agua caliente, sistemas de transporte (ascensores, escaleras, pasillos rodantes) y aparatos dentro del edificio que consumen energía. Esta norma especifica requisitos, metodología y entregables de una auditoria energética en edificios (excluyendo viviendas privadas por lo que no se aplicaría aquí, pero sirve como una base para entender auditorias).

En esta norma se conoce que el consumo de energía dentro de un edificio depende de: condiciones climáticas, características de la envolvente, condiciones del ambiente interior, características y configuración de sistemas técnicos, actividades y procesos del edificio, comportamiento del ocupante y régimen operacional. Las auditorias de edificación pueden ser de parte de un edificio o de un edificio entero

Los objetivos de una auditoria energética pueden ser: reducir el consumo de energía y costos, reducir el impacto ambiental, cumplir con la legislación o con obligaciones voluntarias. (UNE 16247,2014, p.17).



## 2. Objetivos del TFE

### 2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo fin de máster, es realizar una auditoria energética por medio del programa CERMA a una vivienda en Quito, Ecuador. Además, se propondrán tres tipos de mejoras una en la envolvente del edificio, la otra es añadir paneles solares fotovoltaicos y otra que combina ambas alternativas.

### 2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos para lograr cumplir el objetivo principal son:

1. Obtener los datos requeridos para realizar la auditoria energética como los materiales con los que fue construido la edificación, el clima del lugar en el que se encuentra ubicada la instalación, entre otros datos.
2. Calificar la vivienda por medio del software CERMA (aprobado por el MINETUR) y obtener la calificación energética. Siendo A la mejor y G la peor.
3. Proponer tres medidas de mejora para la calificación energética de tal manera que se mejore la eficiencia energética. Además, evaluarlas técnica y económicamente.
4. Encontrar y analizar los sistemas de consumo, y proponer alternativas de mejora.
5. Reducir la demanda de la vivienda para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el costo de la electricidad.

### 3. Hipótesis de trabajo

Este TFM tiene como objetivo determinar la calificación energética de una vivienda en Quito, Ecuador. Es una vivienda unifamiliar, por lo tanto, se comienza identificando su geometría (planos constructivos), materiales con los que fue construida, equipos técnicos y analizando sus facturas eléctricas. Se conoce que la vivienda tiene un alto consumo energético por lo tanto se pretende identificar los procesos deficientes.

Se realiza una auditoria energética y se obtiene una calificación energética de la casa en estudio para después mejorar la letra de la edificación lo que significa que la casa comienza a consumir energía primaria de fuentes renovables y de la misma manera debería bajar la producción de Gases de Efecto invernadero. Además, todo esto es rentable para los interesados ya que al consumir menos energía se bajaría el valor de la factura eléctrica y la edificación cumpliría con legislación vigente.

## 4. Estado actual del consumo energético en edificación en España

### 4.1. Normativa a través de la historia española.

En el acuerdo de París se impulsa la descarbonización del sector inmobiliario. Además, se tiene en cuenta que el 50% del consumo de energía final de Europa se destina a calefacción y refrigeración (de este el 80% se destina a edificios). Por lo que la Unión Europea prioriza la eficiencia energética y el despliegue de energías renovables en edificios (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.3).

La normativa técnica depende del año de construcción de la vivienda. El primer periodo se considera para edificaciones de antes de 1940 (anteriores a la guerra civil). En esta parte se distinguen edificaciones históricas de antes de 1900. Estas por lo general fueron construidas por sistemas tradicionales donde el cerramiento suele ser de muros de carga, fábrica de piedra, ladrillo, adobe, entre otras. Estos muros (sin aislamiento) tienen espesores de más de un pie que ofrecen un buen comportamiento bioclimático e inercia térmica (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.14). El segundo periodo abarca viviendas de entre 1940 a 1960 y aquí se generan las primeras normas técnicas denominadas normas MV (aprobadas por el ministerio de vivienda en 1957). Estas regulan la seguridad de estructuras y no contemplan aislamiento térmico (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.15).

Para el siguiente periodo (1960-1970) se aprueban Ordenanzas Provisionales en el año 1969 que fueron aprobadas por el ministerio de vivienda. En este periodo ya se contempla el aislamiento térmico (ordenanza 32). Se dividía a España en dos zonas climáticas en función de las isotermas de invierno y verano que servía para limitar la transmitancia térmica (ahí se denominaba conductividad) de cubiertas y fachadas. Los límites máximos eran 1.2 y 1.6  $kcal/m^2\text{°C}$  por lo que era suficiente poner una cámara de aire. El cerramiento estándar era cámara de aire y tabique, medio pie de ladrillo o tabicón de trasdós (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.15).

Para 1977 se aprobó un grupo de normas compuestas por normas básicas de edificación (NBE) y normas tecnológicas de edificación (NTE, que no eran obligatorias, pero servían de apoyo para las NBE). Estas normas se generan como consecuencia de la segunda crisis

energética de esa década (NBE-CT 79, sobre condiciones térmicas en edificios). Esta fue la primera norma que exige aislamiento térmico. En esta norma se exigía un aislamiento medio global con un coeficiente KG que dependía de la compacidad del edificio y la zona climática, transmitancias máximas para un confort térmico mínimo y la ausencia de condensaciones. Estos requisitos son vigentes desde 1980 hasta 2006 pues no eran suficiente las limitaciones de medio pie, cámara y tabique. El aislamiento térmico en cámaras de fachadas y cubiertas paso a ser algo regular (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.15).

En 1999 para regular el sector de edificación en España se crea la Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación. Se actualiza la normativa técnica y se aprueba el Código técnico de la edificación (CTE) mediante un Real decreto con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.15). Después se redactó el LOE para asegurar la calidad en edificios, seguridad, bienestar, energía y protección al medio ambiente. El código técnico de la edificación (CTE) que fue creado en 2006 traduce en lenguaje técnico el LOE quedando en lo relativo a eficiencia energética el documento básico DB HE. En el DB HE se estableció la limitación de demanda energética (mejora de aspectos pasivos del edificio), mejorar la eficiencia de instalaciones térmicas e iluminación, aportación mínima de energías renovables (solar principalmente) para la producción de agua caliente sanitaria y eléctrica. El CTE propone un 25% y 35% de mejora de la demanda (esto mejora los aislamientos) con relación a 1979. Este CTE se ha modificado varias veces siendo la última en 2019 (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.15).

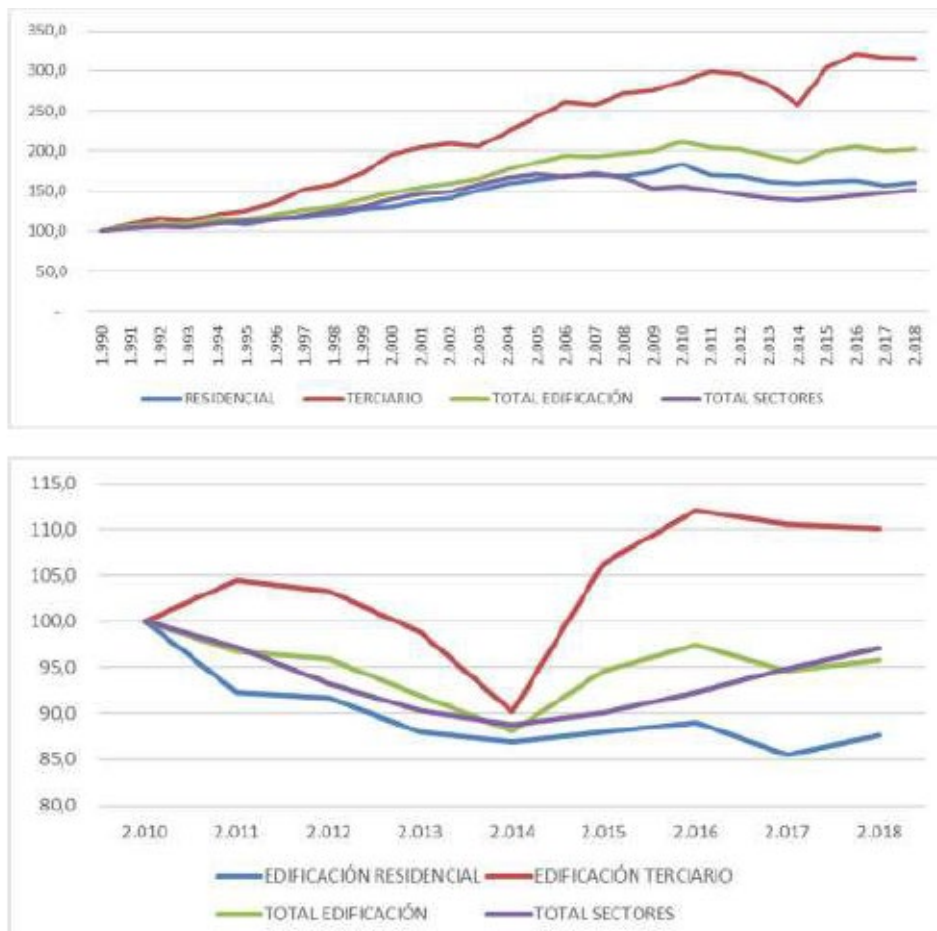
#### 4.2. Diagnostico general del consumo de energía en España.

El sector de la edificación significa un 30% del consumo de energía en España en 2018 (último año del que se dispone datos). El porcentaje que consume la edificación residencial fue de 17.1% y de 12.4% del sector terciario (comercio, servicios y administración pública). Este porcentaje se mantiene constante desde 2010 (alcanzo un máximo de 31.6% en 2016 y un mínimo de 29.5% en 2018).

En la Figura 3 se observa cómo evoluciona desde 1990 hasta 2018 en base 100 de todos los sectores y de la edificación (dentro de este, residencial y terciario). Se observa que el incremento del consumo de energía es paralelo al de los demás sectores. Se muestra que se experimentó un periodo de intensa expansión económica entre 1990 y 2000. Luego el efecto

de la crisis económica global de 2007 a 2008. El crecimiento en el sector residencial continuo hasta 2010 y en el terciario hasta 2011. Luego se observan puntos de inflexión cuando comenzó a descender el consumo (aquí se invierte la senda de aumento que tenían desde 1990). Esta parte se observa en la parte de debajo de la Figura 3. Este decrecimiento podría ser consecuencia del impacto dilatado en el tiempo de la crisis hasta 2014. El más bajo es 2014 y después comenzó a incrementar hasta 2016 (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.32).

**Figura 3:** Balance de energía final.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.32)

Se ha logrado reducir -29. 787 GWh del sector residencial en los años desde 2010 a 2018. La edificación redujo -12.871GWh en total, solo la parte residencial redujo -24.391 GWh mientras que el sector terciario incremento 11.541 GWh. Lo que significa que la edificación contribuyo un 43.2% muy por encima de su peso (30%) (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.33).

Al analizar la evolución desde 2015 se constata un incremento del consumo de energía (se remonta a 2014). El crecimiento absoluto total fue 73.074 GWh de esto 3.779 GWh es parte de la edificación que corresponde a un 5.2%. De esto para la parte residencial corresponde una reducción de -545 GWh y para el terciario un incremento de 4.341 GWh (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020, p.33).

Básicamente, en el sector residencial el consumo de energía decrece hasta 2014 y vuelve a crecer hasta 2017 (último año que se tiene datos desglosados). Hubo una reducción de 2010-2014 de -24.664 GWh (43.5%) y entre 2014 y 2017 un incremento 6.553.8 GWh, con un saldo neto entre 2010 y 2017 de 18.110.8 GWh. De ese 43.5% un 30.3% corresponde a ACS, un 14.8% a iluminación y electrodomésticos, un 11% corresponde a cocinas y el 0.5% de refrigeración. Para el crecimiento entre 2014-2017 el 6.553.8 GWh corresponde a 48.3% a calefacción y en 50.6% a ACS. Finalmente, siguió un descenso en el consumo de refrigeración, iluminación y electrodomésticos.

## 5. Ahorro energético en la edificación

### 5.1. Medidas de ahorro energético en demanda de energías primarias.

Los principales indicadores de eficiencia energética son: el indicador de emisiones anuales de CO<sub>2</sub> y los indicadores de consumo anual de energía primaria no renovable. Estos indicadores se miden en base anual y por unidad de superficie del edificio y dependen de la zona climática y uso (Código Técnico de la Edificación, 2019, p.14). La calidad energética de edificios se exige desde el RD 2479/79 y se establecía la transmitancia térmica global del edificio en función de la zona climática. En la actualidad todo esto se regula con el CTE y el RD 732/2019 donde se limita el consumo de energía primaria no renovable y total. Además, se exige un control sobre la demanda energética de la envolvente donde se limita: la transmitancia térmica global, el control solar, permeabilidad del aire y condensaciones. La parte de instalaciones térmicas están reguladas por el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios).

Existen varios tipos de demanda en edificación que son: demanda de calefacción, refrigeración, iluminación y agua caliente sanitaria y El RITE establece las condiciones que deben cumplir estas demandas. Esta reglamentación fue actualizada por el RD 238/2013 y el CTE-DB-HE3 especifica la demanda de iluminación mientras que el CTE-DB-HE4 y CTE-DB-HE5 especifican que parte de la demanda del edificio debe ser satisfecha por medio de energías renovables principalmente solar.

Para certificar energéticamente un edificio se certifica el consumo anual de energía en kWh/Año y las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> en kgCO<sub>2</sub>/año. Todo esto es en función de los elementos constructivos y de las energías demandas por la edificación dependiendo de su uso. Se realiza una auditoria energética para evaluar la eficiencia del edificio y se requiere una inspección técnica del edificio, análisis de los consumos energéticos reales y las pérdidas de energía debido a puentes térmicos o mal aislamiento. Antes de la auditoria se miden indicadores de consumos y se usan programas como CERMA.

#### 5.1.1. Condiciones para el control de la demanda energética.

La demanda energética de un edificio dependerá de donde este ubicado (la severidad climática de invierno y verano). Esta severidad climática depende de los grados de día de

invierno y verano, la radiación solar acumulada y el radio de horas de sol entre el máximo de horas de sol. Existen 12 zonas climáticas y las de invierno se nombran con letras de la A a la E y las de verano con números del 1 al 4 (Código Técnico de la Edificación, 2019). En la siguiente tabla se muestran los valores límite de transmitancia térmica de los elementos de la envolvente.

**Tabla 3: Valores límite de transmitancia térmica.**

**Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica,  $U_{lim}$  [W/m<sup>2</sup>K]**

Elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior ( $U_s, U_M$ )	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior ( $U_c$ )	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno ( $U_T$ ) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica ( $U_{MD}$ )	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) ( $U_H$ )*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%	5,7					

\*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de  $U_H$  en un 50%.

Los valores límite de transmitancia aseguran una calidad mínima de la envolvente térmica y evitan descompensaciones en la calidad térmica de los espacios del edificio. Sin embargo, estos valores no aseguran un nivel de demanda adecuado, limitado por el coeficiente global de transmisión de calor (K).

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2019, p. 15).

Según la sección HE1 del documento básico HE ahorro de energía de 2019 dice que para controlar la demanda los edificios tendrán una envolvente térmica de tal manera que limite el uso de energías primarias para alcanzar el confort térmico del mismo. Las características de esta envolvente en invierno deben evitar las descompensaciones en la calidad térmica. Las particiones limitaran la transferencia de calor entre unidades de uso y zonas comunes del edificio. Se evitará lo que limite la vida útil de las instalaciones como: condensaciones.

El control solar de la envolvente también no debe superar los valores mostrados en la Tabla 4. Este parámetro es la capacidad del edificio para bloquear la radiación solar y usa dispositivos de sombra móviles. Además, otro factor es la permeabilidad de aire de la envolvente térmica. Esta permeabilidad pide que se asegure una adecuada estanquidad del aire (se enfoca en encuentros entre opacos y huecos) y la permeabilidad no debe superar los datos mostrados en la tabla 5.



**Tabla 4:** Control solar de la envolvente.

**Tabla 3.1.2-HE1** Valor límite del parámetro de control solar,  $q_{sol;jul,lim}$  [kWh/m<sup>2</sup>·mes]

Uso	$q_{sol;jul}$
Residencial privado	2,00
Otros usos	4,00

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2019, p.16).

**Tabla 5:** Valor límite de permeabilidad.

**Tabla 3.1.3.a-HE1** Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica,  $Q_{100,lim}$  [m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>]

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ( $Q_{100,lim}$ ) <sup>*</sup>	$\leq 27$	$\leq 27$	$\leq 27$	$\leq 9$	$\leq 9$	$\leq 9$

<sup>\*</sup> La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa,  $Q_{100}$ .  
Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 ( $\leq 27$  m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>) y clase 3 ( $\leq 9$  m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>) de la UNE-EN 12207:2017.  
La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2019, p.16).

El consumo de la energía primaria total se da por ( $C_{ep,tot}$ ) y no debe superar ( $C_{ep,tot,lim}$ ) que es dado por la Tabla 6.

**Tabla 6:** Valor límite de  $C_{ep}$ .

Valor límite  $C_{ep,tot,lim}$  [kW·h/m<sup>2</sup>·año] para uso residencial privado

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	40	50	56	64	76	86
Cambios de uso a residencial privado y reformas	55	75	80	90	105	115

En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,15

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2019, p.9).

## 5.2. Medidas de ahorro energético en emisiones de CO2

El consumo final de energía de los edificios está ligado a las emisiones de CO2 y gases de efecto invernadero del edificio. Todo esto está regulado por la Directiva 2012/27/UE de eficiencia energética de los edificios y para cumplir esta directiva se creó el LOE (ordenación de la edificación) donde se establecen los requisitos básicos para funcionalidad, seguridad y habitabilidad de edificios y dentro de este se creó el CTE.

## 6. Descripción del edificio objeto de estudio

### 6.1. Ubicación

El edificio en estudio es una vivienda unifamiliar de tres plantas localizada en Quito, Ecuador. La casa está ubicada en un condominio denominado “Portón de Cumbaya”, en Quito, Ecuador. La dirección es Francisco de Orellana y Oe3 (en la Figura 5 se muestra la localización). La zona climática de Quito equivale a Alpha 4 pero al no existir esta zona climática se selecciona Santa Cruz de Tenerife porque que es Alpha 3. Recordando que esta zona es importante para determinar el comportamiento energético y Santa Cruz tiene rangos de temperaturas parecidos a Quito.

Además, la casa tiene un área de  $152.44 m^2$ , donde la primera planta tiene un área de  $87.04m^2$  y la planta alta tiene  $65.40 m^2$ . La edificación fue construida en 2011 y se encuentra a 2362.2 m sobre el nivel del mar. Asimismo, en la Figura 4 se muestra la casa en estudio.

**Figura 4.** Casa en estudio.



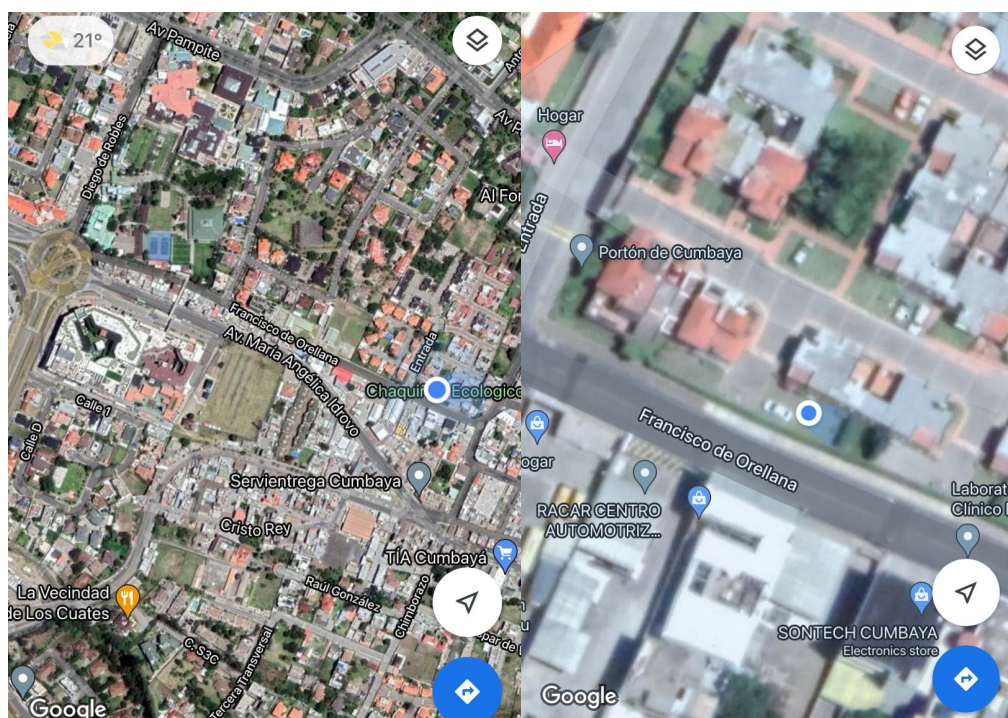
Fuente: Elaboración propia.

## 6.2. Definición geométrica.

### 6.2.1. Situación y orientación del edificio.

La fachada principal se encuentra orientada  $111^\circ$  al este con coordenadas  $0^\circ 11' 59'' S$   $78^\circ 25' 58'' W$  y a una altura de 2362.2 m. Estos datos fueron obtenidos de Google maps y se muestran en la Figura 5.

**Figura 5.** Localización de la casa en estudio.



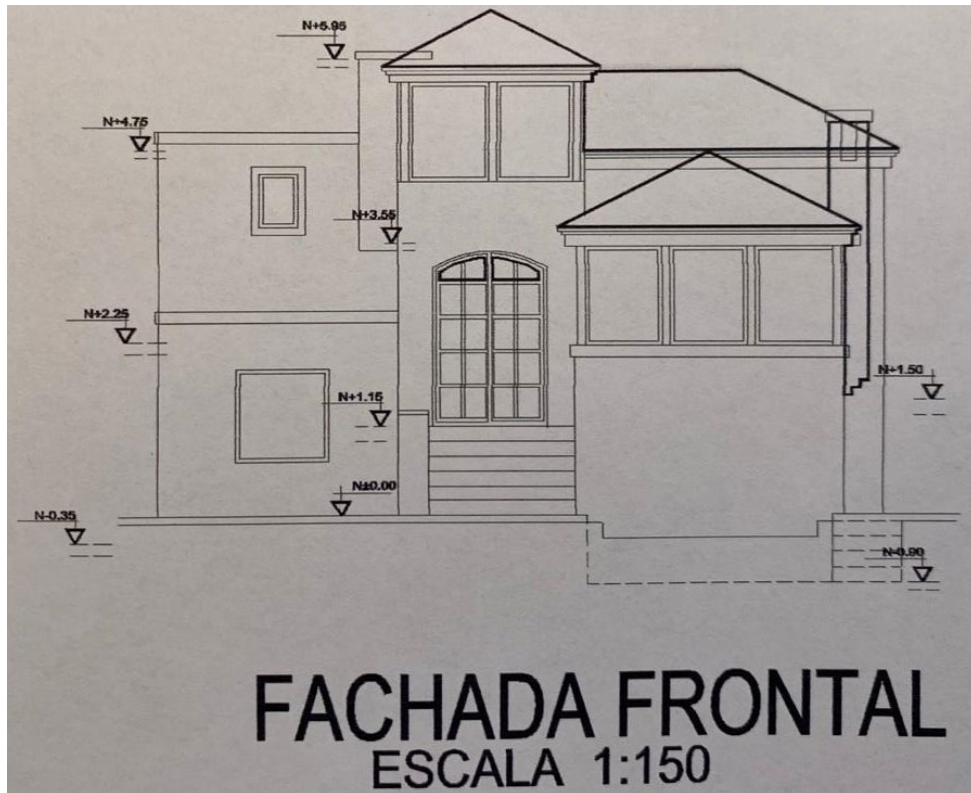
Fuente: (Google maps, 2021)

### 6.2.2. Geometría del edificio.

En esta parte se detallará la geometría de la casa unifamiliar en estudio. Las Figuras mostradas a continuación son extraídas del plano constructivo de la constructora Uribe-Schwarzopt en A0 y se explicará cada una de ellas. En la Figura 6 se observa la fachada frontal de la casa en estudio. Existen cuatro casas idénticas en el condominio siendo la 1, 2, 11 y 10 idénticas solo que la casa 2 es construida en espejo como se muestra en la Figura 6. En esta Figura se muestra la Fachada frontal de la casa 2 y sus niveles, en la Figura 7 la fachada posterior, mientras que en la Figura 8 la fachada izquierda y en la Figura 9 la derecha. Mientras que en la Figura 10 y la 11 se muestran cortes frontales y transversales de la casa en estudio para tener una mejor idea de lo que hay adentro.



**Figura 6:** Fachada frontal de la casa en estudio.



**Figura 7:** Fachada posterior de la casa en estudio (la casa 2 está en espejo).



Fuente: (Schwarzopt, 2011)

**Figura 8:** Fachada izquierda.



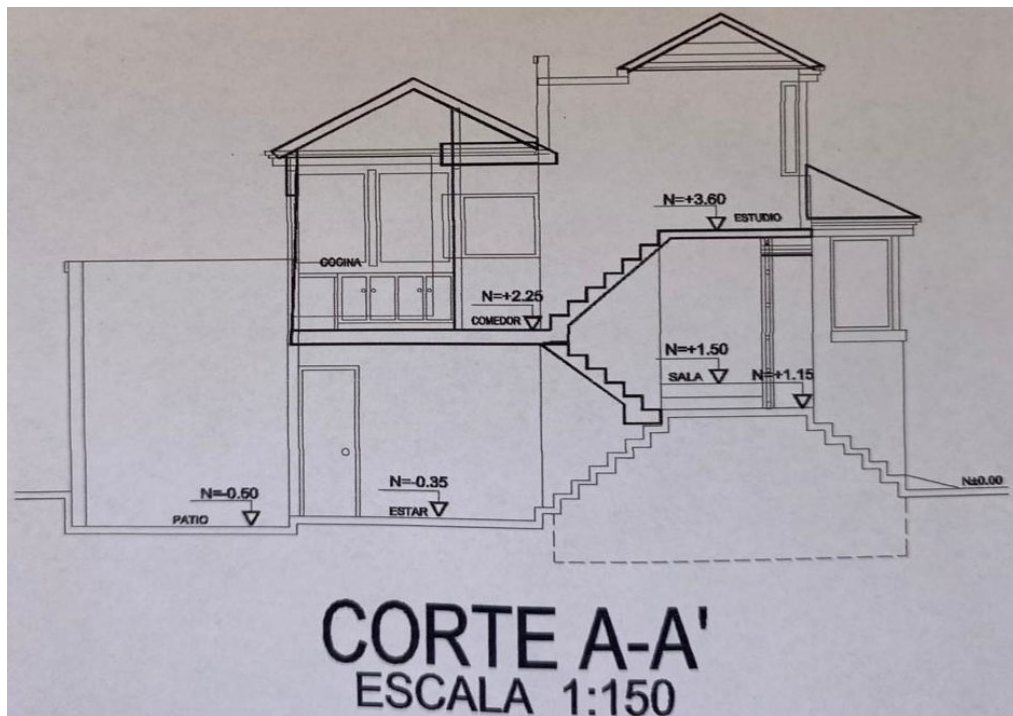
Fuente: (Schwarzopt, 2011)

**Figura 9.** Fachada lateral derecha.



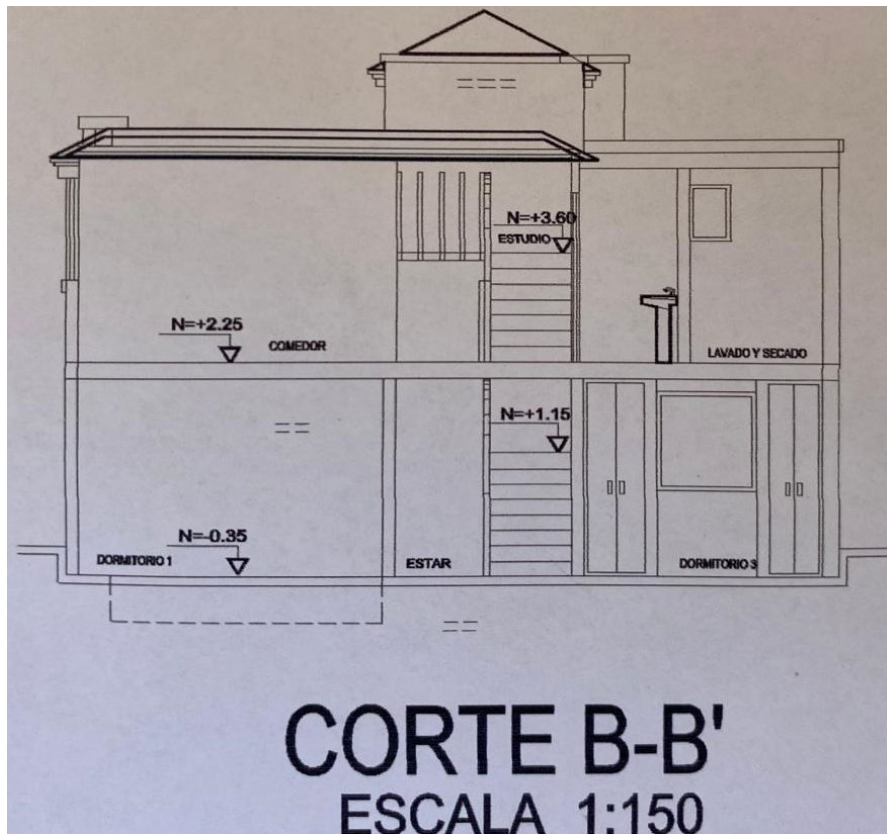
Fuente: (Schwarzopt, 2011)

Figura 10: Corte A-A.



Fuente: (Schwarzopt, 2011)

Figura 11: Corte B-B.



Fuente: (Schwarzopt, 2011)

### 6.2.3. Distribución y clasificación de espacios habitables y no habitables.

Los espacios no habitables serían el patio interno, el cuarto de lavado y secado mientras que el resto de las habitaciones todas serían habitables.

### 6.2.4. Descripción general del edificio.

A continuación, se describen las características constructivas del edificio generalmente para después describir los materiales de construcción detalladamente en la siguiente sección. El punto más alto es de 5.95m. El edificio en promedio se encuentra a 22°C por lo tanto como sensaciones no se tiene ni frío ni calor dentro del edificio. En cuanto a ocupación viven cuatro personas y dos gatos en la casa. Para la parte de sombras las casas están separadas por jardines y hay un árbol al frente de la casa que hace sombra. Esta en el software de calificación energética se ingresó que está a una distancia de 2.9 m y a una altura de 4.8 m.

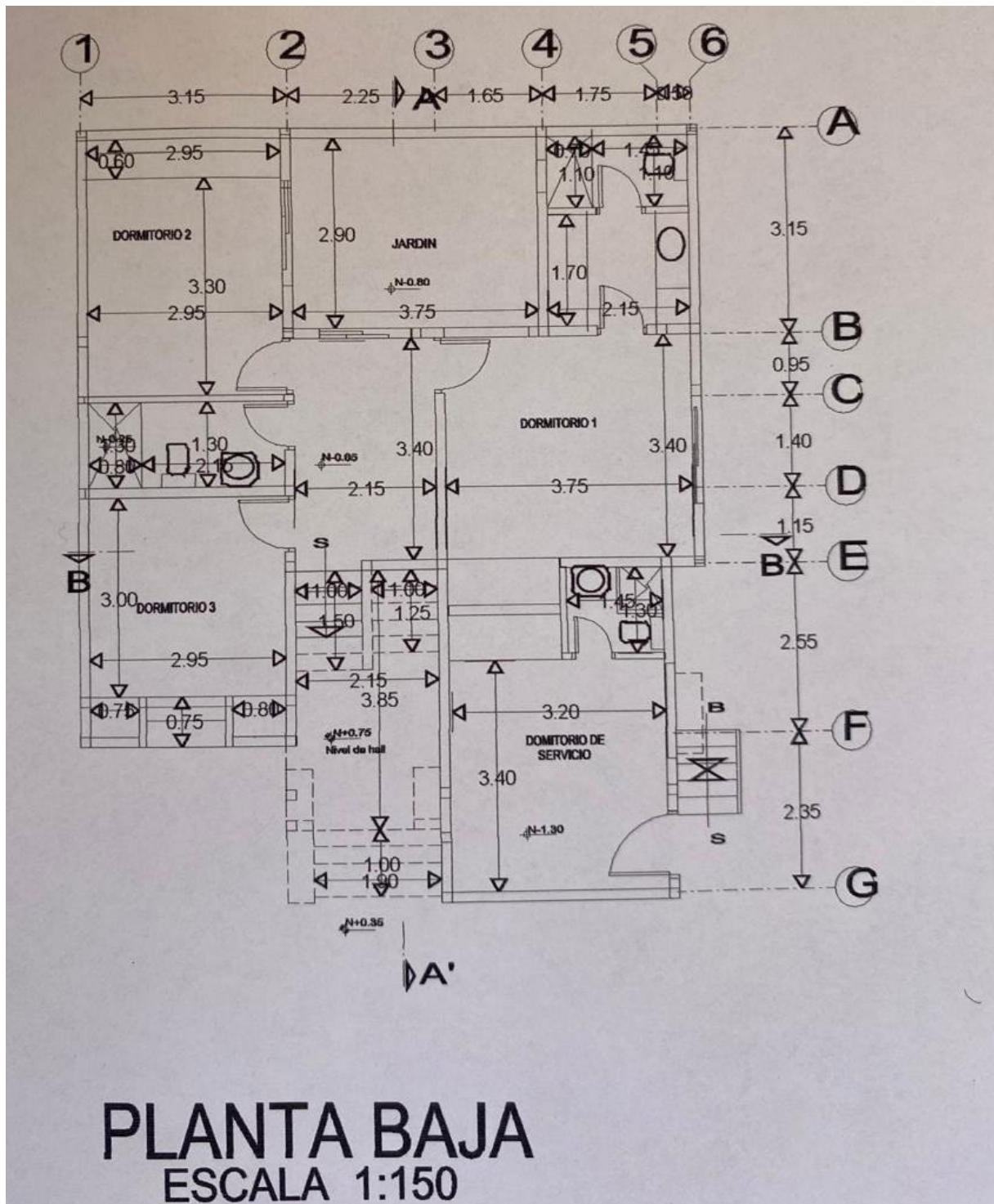
En cuanto a puentes térmicos existen puentes de tipo constructivo que aparecen cuando existen cambios de espesor y de materiales como las ventanas. Los puentes térmicos geométricos son las esquinas de las paredes donde se encuentra dos o más parámetros de un cerramiento y existen también los puentes térmicos por cambio de material (están las puertas de vidrio de la parte de abajo y la parte de metal del hormigón armado).

### 6.2.5. Descripción de los materiales del edificio.

En la planta baja la vivienda cuenta con cuatro dormitorios donde: el dormitorio 2 tiene un área de  $11.55 \text{ m}^2$ , el dormitorio 1 (el principal) tiene un área de  $12.75 \text{ m}^2$ , el dormitorio 3 tiene un área de  $8.85 \text{ m}^2$  y el de servicio tiene un área de  $10.88 \text{ m}^2$ . Los cuartos húmedos de la planta baja son tres baños: el del dormitorio de servicio (con ducha) con un área de  $1.885 \text{ m}^2$ , el que se encuentra entre el dormitorio 3 y el 2 (equipado con bañera) con un área de  $2.8 \text{ m}^2$  y el del dormitorio 1 (con ducha) con un área de  $6 \text{ m}^2$ . En la planta baja tiene de espacio no habitable el jardín con un área de  $10.88 \text{ m}^2$ . En la Figura 12 se muestran también las dimensiones de cada habitación.



Figura 12. Planta baja.



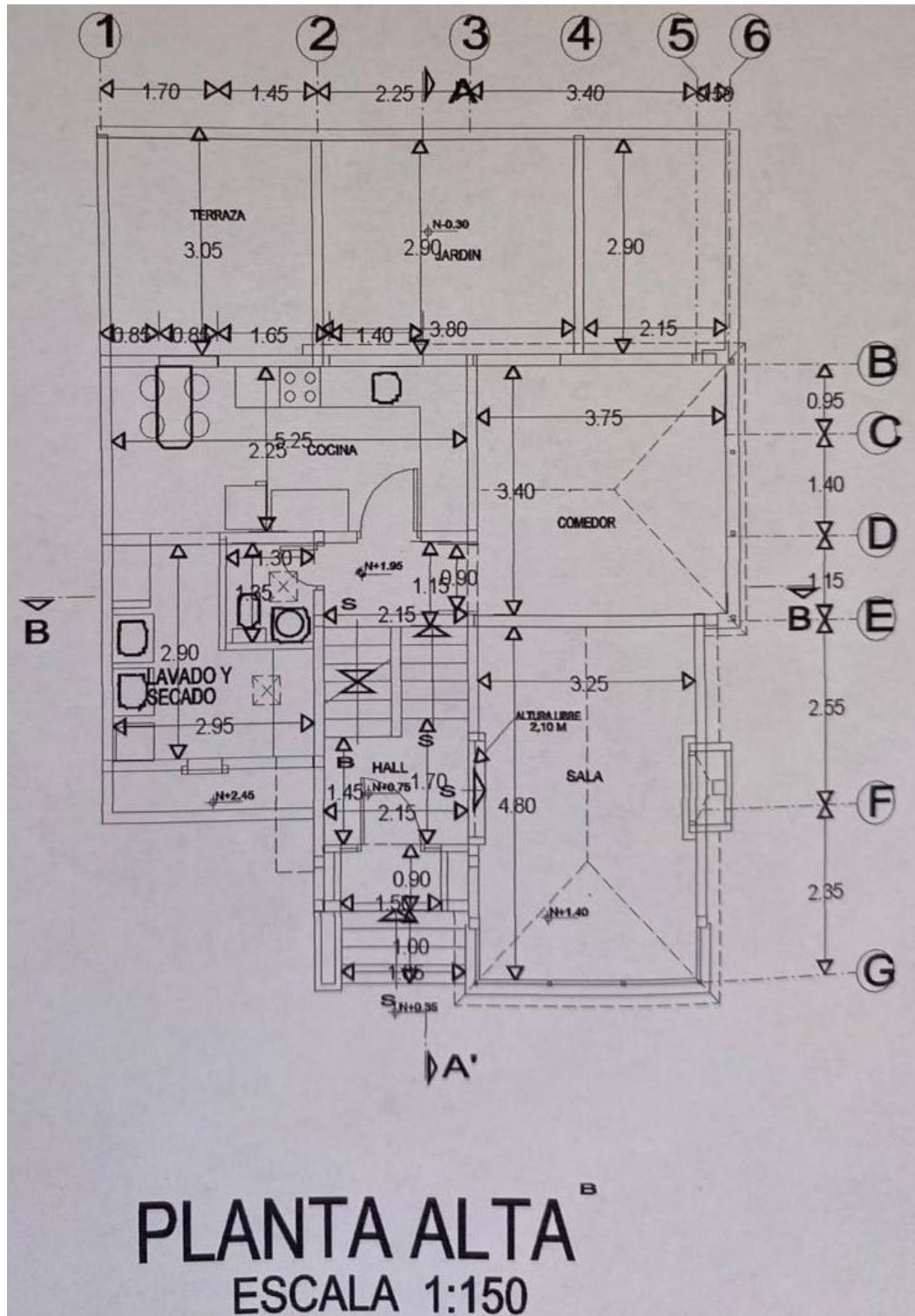
Fuente: (Schwarzopt, 2011)

En la planta alta de espacio húmedo está el cuarto de lavado y secado con un área de  $8.6 m^2$ , un baño sin ducha  $1.8 m^2$  y la cocina con un área de  $11.81 m^2$ . Los cuartos secos son: el comedor con un área de  $12.75 m^2$ , la sala con un área de  $15.6 m^2$  y finalmente en el



tercer piso se halla el estudio con un área de  $5.4 \text{ m}^2$ . Se recuerda que la clase higrométrica que posee la vivienda es de 3 (55% de humedad). En la Figura 13 se muestra la planta alta.

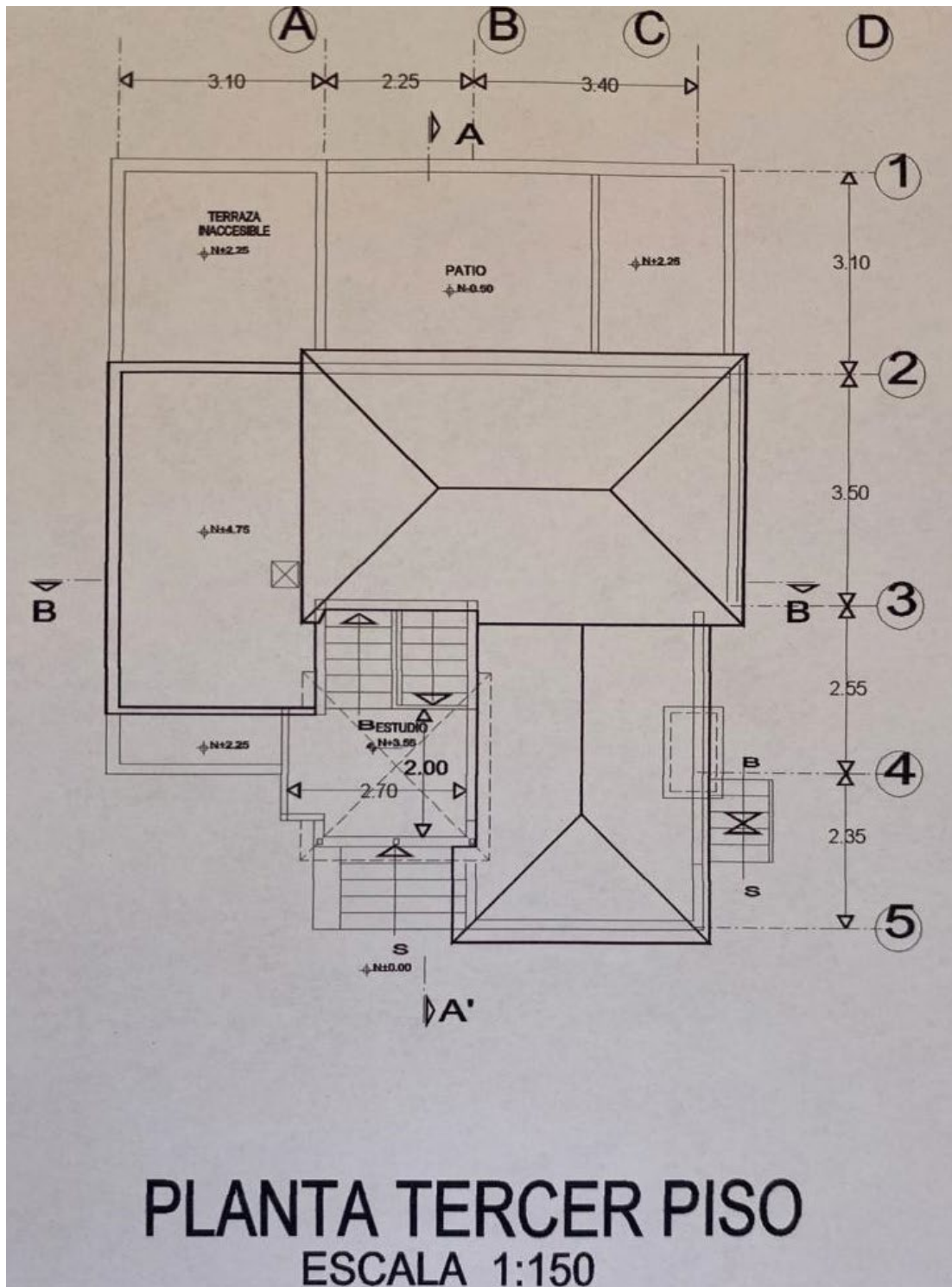
Figura 13: Planta alta.



Fuente: (Schwarzopt, 2011)

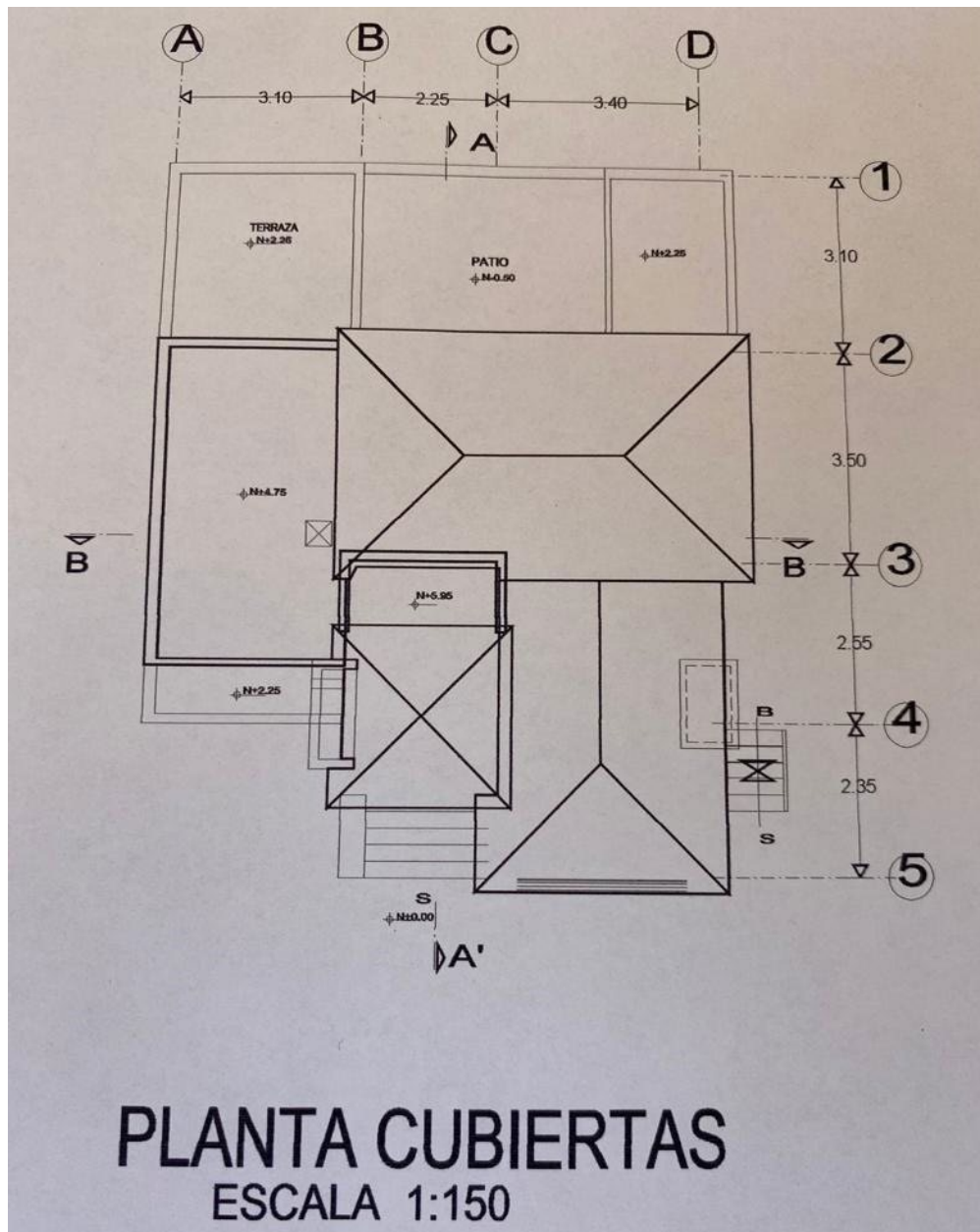
En la Figura 14 se muestra el tercer piso donde se encuentra el estudio y en la Figura 15 se muestran las cubiertas de la casa.

Figura 14. Planta del tercer piso.



Fuente: (Schwarzopt, 2011).

Figura 15: Planta cubiertas.



Fuente: (Schwarzopt, 2011)

A continuación, se definen los materiales constructivos de la vivienda. Se comienza definiendo el muro exterior que es la pared exterior cuyas caras están expuestas a las condiciones exteriores climatológicas. Los materiales se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7: Materiales del muro exterior.**

<b>Muro exterior</b>
$h_e = 25,00 \text{ W/m}^2\text{K}$
Plaqueta o baldosa cerámica (0,020m)
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $d > 2000$ (0,010m)
BH convencional espesor 200 mm (0,200m)
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $d > 2000$ (0,010m)
Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ (0,015m)
$h_i = 7,69 \text{ W/m}^2\text{K}$
$U_M = 2.23 \frac{W}{m^2K}$

Fuente: (CTE, 2010, pp.14-141)

A continuación, se describen los materiales de la medianera en la tabla 8 la cual define como las estructuras verticales interiores que limitan los espacios.

**Tabla 8: Materiales de la medianera.**

<b>Tabique interior</b>
$h_e = 7,69 \text{ W/m}^2\text{K}$
Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ (0,010m)
BH convencional espesor 150 mm (0,150m)
Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ (0,010m)
$h_i = 7.69 \text{ W/m}^2\text{K}$
$U_M = 2.06 \frac{W}{m^2K}$

Fuente: (CTE, 2010, pp.14-141)

Seguidamente se describen los materiales constructivos del tabique interior que se definen como los muros no estructurales que separan recintos horizontalmente (generalmente un elemento fijo y opaco).

**Tabla 9:** *Tabique interior horizontal.*

<b>Forjado</b>
<p>he= 10,00 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>Azulejo cerámico (0,030m)</p> <p>Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 &lt; d &lt; 1250 (0,010m)</p> <p>Hormigón armado 2300 &lt; d &lt; 2500 (0,300m)</p> <p>Enlucido de yeso 1000 &lt; d &lt; 1300 (0,010m)</p> <p>Hi = 10 W/m<sup>2</sup>K</p> $U_c = 2.57 \frac{W}{m^2K}$

Fuente: (CTE, 2010, pp.14-141).

A continuación, se describe los materiales del techo en la tabla 10. Esta es la cubierta que da al exterior con pendiente.

**Tabla 10:** *Materiales del tejado.*

<b>Tejado</b>
<p>he= 25,00 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>Teja de arcilla cocida (0,020m)</p> <p>Hormigón armado d &gt; 2500 (0,300m)</p> <p>Enlucido de yeso 1000 &lt; d &lt; 1300 (0,010m)</p> <p>Decorativas</p> <p>hi= 10,00 W/m<sup>2</sup>K</p> $U_c = 3.36 \frac{W}{m^2K}$

Fuente: (CTE, 2010, pp.14-141).

Posteriormente, se describe la solera que es la parte que se encuentra en contacto con el terreno. En la tabla 11 se describen los materiales constructivos.

**Tabla 11:** *Materiales constructivos de la solera.*

Solera
he= 5,88 W/m <sup>2</sup> K
Frondosa muy pesada [d > 850] (0,020m)
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 (0,020m)
Hormigón armado 2300 < d < 2500 (0,020m)
Tierra apisonada adobe bloques de tierra comprimida [1770 < d < 2000] (0,150m)
Terreno
$U_s = 2.39 \frac{W}{m^2K}$

Fuente: (CTE, 2010, pp.14-141).

Consecutivamente, se describen los materiales de los huecos de la casa. La casa con una puerta exterior de madera (la de la entrada principal), tres puertas de vidrio que dan al jardín y 9 ventanas. Las puertas y ventanas se encuentran ubicados como se observa en las Figuras desde las 6 hasta la 15. Todas las ventanas tienen características parecidas a las de la tabla 14 y la puerta de madera con características como se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12:** *Descripción de los materiales de la puerta Principal*

Puerta principal
Puerta de madera de densidad media baja con un U de $2 \frac{W}{m^2K}$

Fuente: (CTE, 2010, pp.14-141).

**Tabla 13:** *Descripción de los materiales de la Puerta*

Puertas de vidrio
Las puertas están construidas con vidrio monolítico con U de $5.7 \frac{W}{m^2K}$
Marco metálico con rotura de puente térmico > 12 mm con U de $3.2 \frac{W}{m^2K}$ y fracción de

10%.  
Persiana exterior blanca.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14:** Descripción de las ventanas

Ventana
Las puertas están construidas con vidrio monolítico con U de $5.7 \frac{W}{m^2K}$
Marco metálico con rotura de puente térmico $> 12 \text{ mm}$ con U de $3.2 \frac{W}{m^2K}$ y fracción de 10%.
Persiana exterior blanca.

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.5.1. Puentes térmicos.

Según el CTE un puente térmico es: la zona de la envolvente donde disminuye la resistencia térmica en el cerramiento. En la Figura 16 se muestran las características constructivas de los puentes térmicos según CERMA.

**Figura 16:** Puentes térmicos

Existencia pilares:  
 Con pilares  
 Sin pilares

Puede consultar la pérdida lineal de un puentes térmicos en:  
[https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA-DB-HE-3\\_Puentes\\_termicos.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA-DB-HE-3_Puentes_termicos.pdf)

Espesor de cada forjado (entre 0,1 m y 0,5 m)  Anchura pilar  (m)

Longitud de los puentes térmicos (m lineales)  
 Estimados  Facilitados

Forjados	Cubiertas	Suelo ext.	Esq salientes - entrantes	Ventanas	Suelo terreno	Pilares (no en esquinas)					
N	SO	S	SE	E							
28	38	0	16	73	39	7	6	0	8	0	6

**Puentes térmicos particulares**

Encuentros horizontales fachada			Puentes verticales fachada		Ventana	Terreno	Pilar
Forjados	Cubierta	Suelo exterior	Esquina saliente				
$\Psi_f = 0.41 \text{ W/mK}$ $f = 0.7$	$\Psi_c = 0.36 \text{ W/mK}$ $f = 0.67$	$\Psi_{se} = 0.33 \text{ W/mK}$ $f = 0.49$	$\Psi_{es} = 0 \text{ W/mK}$ $\Psi_e = 0.08 \text{ W/mK}$ $f = 0.79$		$\Psi_v = 0.41 \text{ W/mK}$ $f = 0.69$	$\Psi_T = 0.12 \text{ W/mK}$ $f = 0.66$	$\Psi_p = 0.87 \text{ W/mK}$ $f = 0.56$

El valor f (fRsi) es el factor de temperatura de la superficie interior (adimensional)  $f = (T_{pi} - T_e)/(20 - T_e) = 1 - 0.25 U$

El valor de la pérdida lineal de un puente térmico ( $\Psi$  W/mK) es el flujo de calor por unidad de longitud de puente térmico y diferencia de temperatura (interior/exterior), sumar a la pérdida de calor, calculada como si la superficie ocupada por el puente térmico fuera de muro en el que se encuentra (sin existencia de heterogeneidades)

Fuente: CERMA

### 6.2.6. Zona climática.

La zona climática se calcula a continuación con datos de climáticos de la NASA mostrados en el ANEXO A. Inicialmente se comienza calculando la severidad climática de invierno para después calcular la severidad climática de verano y por último encontrar la zona climática.



### 6.2.6.1. Cálculo de la severidad climática de invierno.

**Tabla 15: Datos de temperatura según la NASA de Quito.**

```

Parameter(s):
TS                MERRA-2 Earth Skin Temperature (C)
T2M              MERRA-2 Temperature at 2 Meters (C)
QV2M            MERRA-2 Specific Humidity at 2 Meters (g/kg)
RH2M           MERRA-2 Relative Humidity at 2 Meters (%)
T2MDEW         MERRA-2 Dew/Frost Point at 2 Meters (C)
T2MWET         MERRA-2 Wet Bulb Temperature at 2 Meters (C)
T2M_MAX        MERRA-2 Temperature at 2 Meters Maximum (C)
T2M_MIN        MERRA-2 Temperature at 2 Meters Minimum (C)
T2M_RANGE      MERRA-2 Temperature at 2 Meters Range (C)
PRECTOTCORR    MERRA-2 Precipitation Corrected (mm)
ALLSKY_SFC_LW_DWN CERES SYN1deg All Sky Surface Longwave Downward Irradiance (W/m^2)

-END HEADER-
PARAMETER  YEAR  JAN  FEB  MAR  APR  MAY  JUN  JUL  AUG  SEP  OCT  NOV  DEC  ANN
TS         2019  11.41 11.81 11.81 11.83 10.66 9.70 9.25 9.29 10.55 10.90 11.55 11.35 10.83
TS         2020  11.84 11.94 12.21 11.65 11.34 10.34 9.64 10.55 11.04 11.97 11.67 11.47 11.30
T2M       2019  10.48 11.06 10.99 11.10 10.13 9.15 8.56 8.44 9.59 10.02 10.80 10.69 10.08
T2M       2020  10.94 11.19 11.37 10.85 10.65 9.63 8.91 9.62 10.03 10.83 10.77 10.71 10.46
QV2M      2019  9.70 10.31 10.13 10.25 9.70 9.22 8.67 8.48 8.91 9.40 10.13 10.13 9.58
QV2M      2020  10.07 10.13 10.44 10.13 10.07 9.34 8.85 8.97 9.16 9.52 9.52 9.95 9.70
RH2M      2019  87.00 88.06 87.25 87.88 88.00 89.12 87.94 86.88 84.94 86.44 88.25 88.62 87.50
RH2M      2020  87.25 86.38 87.81 87.88 88.75 88.06 87.44 84.75 84.44 83.69 83.81 87.19 86.44
T2MDEW    2019  8.16 8.99 8.76 8.98 8.07 7.32 6.51 6.22 6.94 7.63 8.73 8.73 7.91
T2MDEW    2020  8.69 8.76 9.22 8.74 8.73 7.58 6.76 6.93 7.25 7.84 7.71 8.46 8.05
T2MWET    2019  9.32 10.03 9.87 10.04 9.10 8.23 7.54 7.33 8.26 8.83 9.76 9.71 8.99
T2MWET    2020  9.82 9.98 10.30 9.80 9.69 8.60 7.83 8.27 8.64 9.34 9.24 9.58 9.26
T2M_MAX   2019  17.84 17.74 17.55 17.94 16.67 16.06 15.64 15.38 16.68 16.87 17.71 16.82 17.94
T2M_MAX   2020  18.30 18.19 17.62 17.69 17.65 15.97 15.39 17.16 17.96 17.94 19.44 17.26 19.44
T2M_MIN   2019  4.24 5.70 5.61 5.56 3.23 3.03 1.84 1.74 2.40 3.58 4.64 5.50 1.74
T2M_MIN   2020  2.51 3.95 5.82 4.75 4.88 3.87 2.00 2.02 3.42 3.80 3.34 5.05 2.00
T2M_RANGE 2019  13.60 12.04 11.95 12.38 13.44 13.03 13.80 13.64 14.28 13.30 13.07 11.32 16.20
T2M_RANGE 2020  15.79 14.24 11.80 12.94 12.77 12.10 13.39 15.14 14.54 14.14 16.09 12.21 17.44
PRECTOTCORR 2019  3.58 3.96 3.72 5.65 4.36 4.23 2.69 1.25 1.89 4.84 6.68 4.52 3.94
PRECTOTCORR 2020  2.91 3.62 2.67 4.14 4.93 2.89 2.51 1.52 1.05 2.68 3.65 5.09 3.14
ALLSKY_SFC_LW_DWN 2019  333.84 339.96 339.64 340.05 337.36 336.51 327.93 326.53 327.07 335.55 336.81 334.41 334.59
ALLSKY_SFC_LW_DWN 2020  332.66 336.45 338.68 339.86 336.80 332.91 332.48 324.88 331.23 331.47 326.81 335.31 333.28

```

Fuente: (NASA, 2021)

Con la siguiente fórmula de Doc-DB-HE-0 (Doc-DB-HE-0, 2017) se obtiene la severidad climática de invierno.

$$SCI = a * GD + b * \frac{n}{N} + c * GD^2 + d * \left(\frac{n}{N}\right)^2 + e$$

Asumiendo que n es en promedio por día es de 12:30 horas (doce horas y media) y las horas máximas son 3 horas. El GD es de 2313.7. Se obtiene que SCI es de -1.733 lo que según la tabla 16 nos da que está en zona Alpha.

$$SCI = -1.733 \rightarrow \alpha$$

**Tabla 16: Intervalos para zonificación de invierno.**

$\alpha$	A	B	C	D	E	
	$SCI \leq 0$	$0 < SCI \leq 0,23$	$0,23 < SCI \leq 0,5$	$0,5 < SCI \leq 0,93$	$0,94 < SCI \leq 1,51$	$SCI > 1,51$

Fuente: (Doc-DB-HE-0, 2017).

### 6.2.6.2. Temperaturas medias diarias y Severidad de invierno.



Quito tiene dos estaciones: verano que va desde junio a septiembre siendo 4 meses (donde se presentan temperaturas altas) e invierno que va desde octubre a mayo (con lluvias prolongadas en ciertos meses) ("Clima de Quito", s. f.). Los datos de las temperaturas se encuentran en el Anexo A para invierno y verano.

### 6.2.6.3. Cálculo de la Severidad de verano.

Recordando que el verano va de junio a septiembre. Las temperaturas para verano se observan en el Anexo A.

Con la siguiente formula de Doc-DB-HE-0 (Doc-DB-HE-0, 2017) se obtiene la severidad climática de verano.

$$SCV = a * GD + b * GD^2 + c$$

GD: es la suma de grados-día de verano en base 20 para los meses desde junio a septiembre.

a,b,c: son los coeficientes de regresión cuyos valores se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 17:** Coeficientes de regresión para verano.

a	b	c
2,990E-3	-1,1597E-07	-1,713E-1

Fuente: (Doc-DB-HE-0, 2017).

Obteniendo que:  $GD = 1379.05$

Se obtiene:

$$SCV = 3.732 \rightarrow 4$$

La zona climática de verano se determina en función de la severidad climatiza de verano.

Cada zona corresponde al intervalo indicado en la siguiente tabla.

**Tabla 18:** Intervalos para la zonificación de verano.

1	2	3	4
$SCV \leq 0,5$	$0,5 < SCV \leq 0,83$	$0,83 < SCV \leq 1,38$	$SCV > 1,38$

Fuente: (Doc-DB-HE-0, 2017).

Dando el valor de 3.732 se determina que para verano la zona climática de Quito es 4. Por lo tanto, Quito se encuentra en  $4\alpha$  y se eligió Santacruz de Tenerife que es Alpha 3 y tiene rangos de temperaturas parecido.

#### 6.2.7. Descripción de instalaciones térmicas.

No se tiene ni aire acondicionado ni calefacción porque el clima no lo requiere.

#### 6.2.8. Descripción de iluminación.

Las lámparas del estudio, la cocina y el comedor se encuentran en promedio a una altura de 3m y son lámparas de 6 focos LED la mayor parte entre E27 LED 10W y E27 LED 8W. Las lámparas de las habitaciones y pasillos se encuentran a 3 metros y son GX5,3 LED 6W GX5,3 LED 9W. Además, estas lámparas de las habitaciones son de 3 focos.

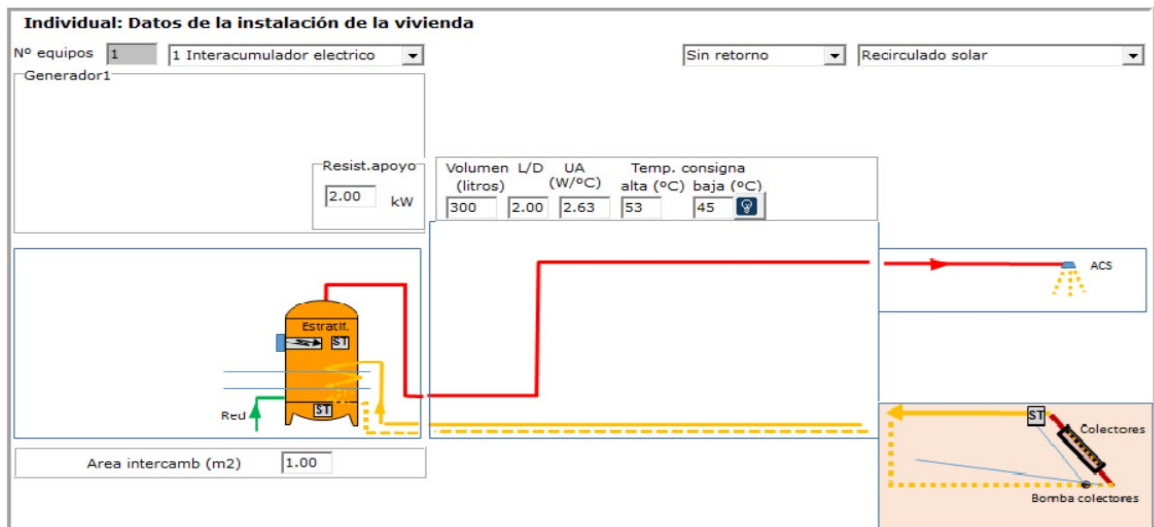
#### 6.2.9. Descripción del sistema de refrigeración y calefacción.

En Quito las temperaturas no son extremas como se observa en la tabla 17 y en el ANEXO A por lo tanto no se necesita ni calefacción ni refrigeración.

#### 6.2.10. Descripción de ACS

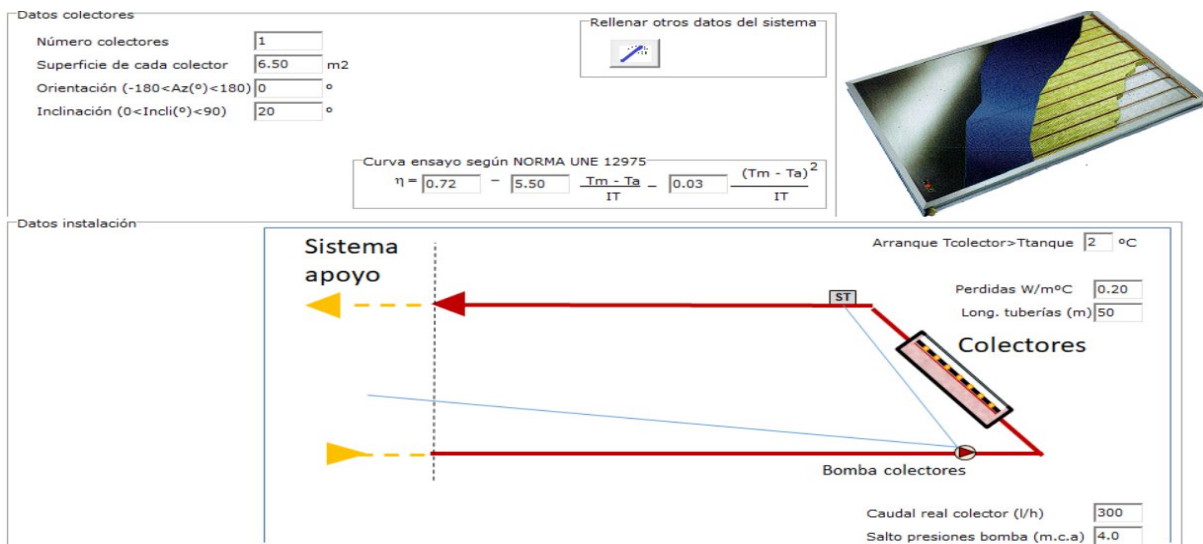
La casa consta de un sistema de captadores solares al vacío como se observa en la Figura 17. La capacidad del sistema de captación es de 300L (para 6 personas aproximadamente). Además, el sistema consta de 30 tubos al vacío y está ubicado a 20°. El tanque tiene un aislante de espuma de poliuretano inyectado de 55mm, este hecho de acero inoxidable SUS 304-2B de un espesor de 0.35mm y acero inoxidable de 304. También, posee un soporte de acero inoxidable de 1.5mm de espesor y un ángulo de inclinación de 20° y el área de instalación es  $6.5m^2$ . Además, tiene un microcomputador, resistencia eléctrica con termostato (como sistema auxiliar), barra de magnesio y tubos al vacío.

Figura 17: ACS de la casa en estudio.



Fuente: CERMA

Figura 18: ACS de la casa en estudio.



Fuente: CERMA

### 6.2.11. Electrodomésticos y contadores de energía.

Los equipos que existen en la casa se enumeran a continuación: existe una computadora de escritorio mineando (prendida las 24 horas), 3 laptops, 4 celulares, un horno eléctrico, lavadora de ropa, secadora de ropa, caminadora, horno eléctrico y diferentes electrodomésticos como sandwichera, waflera, batidora entre otros.

En cuanto a contadores de energía: la cocina funciona con gas natural, pero en Ecuador el gas se vende por tanques (la casa usa un tanque de gas de 15kg cada 3 meses). Además, se

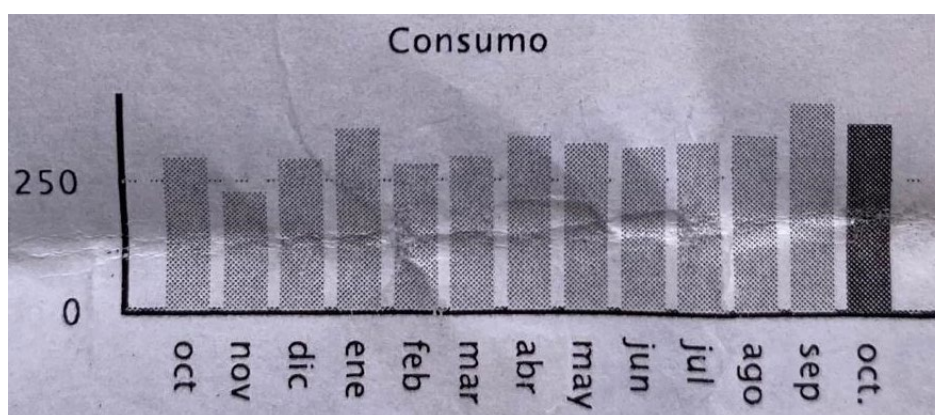
tiene un contador eléctrico y un contador del caudal de agua. En la Figura 19 y en la Tabla 19 se muestra los datos mensuales obtenidos del contador eléctrico.

**Tabla 19:** Datos del Contador eléctrico en el último año.

MES	Oct. 20	Nov. 20	Dic. 20	Ene. 21	Feb. 21	Mar. 21	Abr. 21	May. 21	Jun. 21	Jul. 21	Agos. 21	Sep. 21
kWh	270	240	289	360	260	270	340	340	340	345	350	390

Fuente: (Factura eléctrica,2021)

**Figura 19:** Datos obtenidos en los últimos meses del contador eléctrico en kWh.



Fuente: (Factura eléctrica,2021)

### 6.3. Cálculo de indicadores de consumo y certificación energética De la instalación.

La certificación energética de edificios se deriva de la Directiva 2010/31/UE y el RD 235/2013. Mediante CERMA se simuló para obtener una letra de la A a la G para posteriormente proponer opciones de mejora. Se eligió el programa (Calificación energética residencial método abreviado) porque la herramienta solo se aplica para edificios residenciales de nueva construcción y ya existentes (unifamiliares o de bloque) y la casa es un edificio unifamiliar. Se recuerda que la aplicación no es válida para el sector terciario.

En el caso de estudio se obtuvo una calificación energética de emisiones totales de CO<sub>2</sub> obteniendo la letra E de 17.5 kg/m<sup>2</sup>año. La calificación energética en base a energía primaria no renovable fue una E con 58.9 kWh/m<sup>2</sup>año. Recordando que los indicadores principales usados para saber si la edificación se comporta bien energéticamente son: las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> y el consumo anual de energía primaria no renovable.

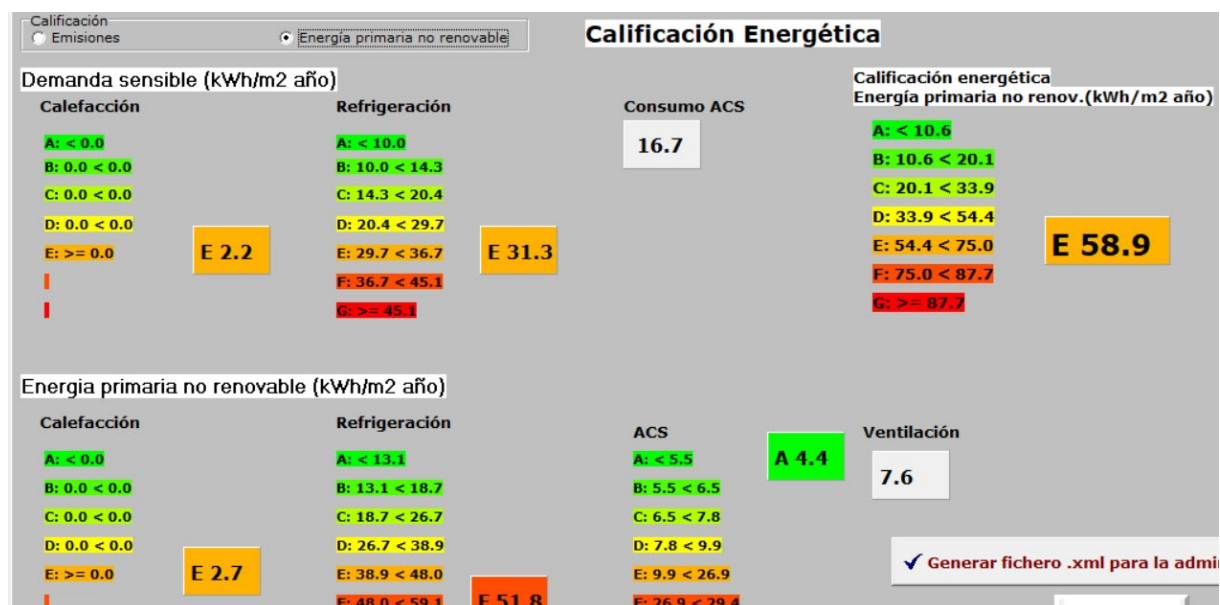
Para conseguir la certificación energética se comienza ingresando las propiedades del edificio como la zona climática (provincia y municipio), número de dormitorios, espacios estar- comedor y número de baños y cocina. Luego se ingresa los datos para el muro, solera, techos, huecos (ventanas y puertas) y puentes térmicos. Finalmente, se ingresa los equipos que en este caso solo hay ACS.

Figura 20: Calificación energética para emisiones.



Fuente: CERMA

Figura 21: Calificación energética para energía primaria no renovable.

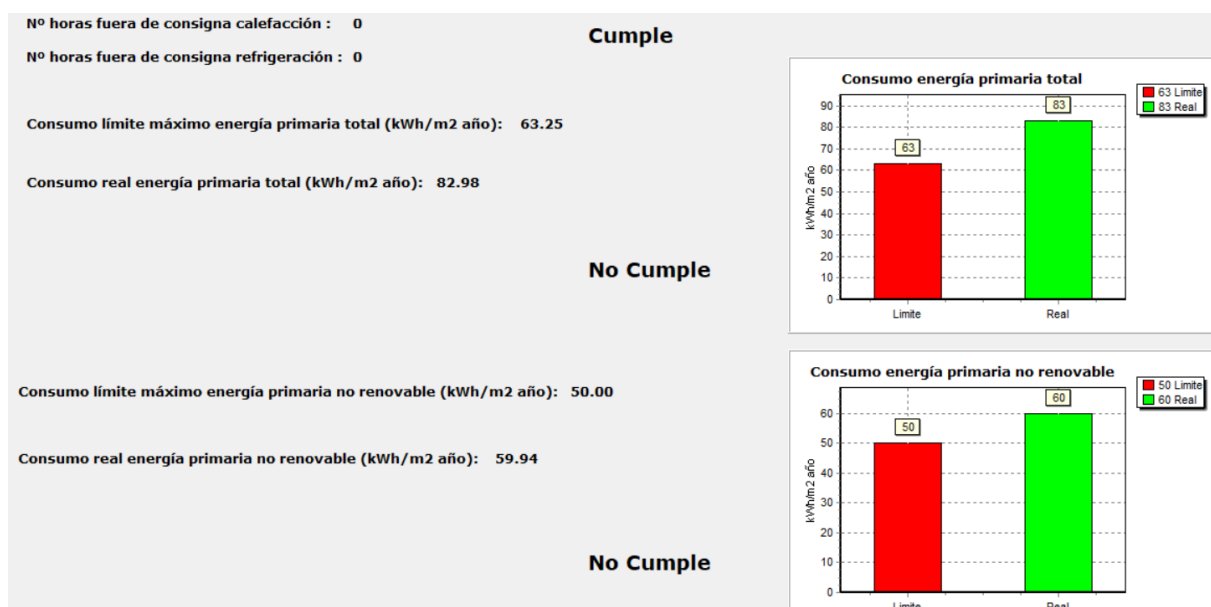


Fuente: CERMA

### 6.3.1. Cumplimiento del código técnico de la edificación.

CERMA arroja datos para comprobar si se cumple con el CTE-DB-HE. En la Figura 22 se puede comprobar que no cumple con HE0 siendo la barra roja el límite y la barra verde el edificio en estudio. El consumo máximo de energía primaria total es de 63 y el del edificio en estudio es de 83. Mientras que el límite de energía primaria no renovable es 50. De la misma forma se comprueba para HE1 y se señala los apartados que no cumple.

**Figura 22:** Datos de HE0.



Fuente: (CERMA).

En la Figura 23 se observa que no cumple con el U<sub>max</sub> para muros de fachada, suelos con exterior, vidrios y marcos y la permeabilidad. Recordando que la permeabilidad de huecos define el comportamiento térmico de huecos. Básicamente, es la capacidad de dejar pasar aire cuando se encuentra sometida a una diferencia de presiones en sus caras (Permeabilidad HE 2019, s. f.). La edificación en su mayoría posee ventanas fijas, pero también algunas son abatibles con un buen ajuste por lo tanto su permeabilidad es 50 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> lo que significa que no cumplen con la permeabilidad máxima que es 27 para la zona Alpha.



Figura 23: Verificación del cumplimiento de HE1.

**Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica. Valores máximos**  
Tablas 3.1.1.a Tabla 3.1.3.a Tabla 3.2 CTE-HE1 2019

CERRAMIENTO. Transmitancia termica (segun CTE)	U <sub>max,proy</sub>	U <sub>limite</sub>	CUMPLIMIENTO
Muros de fachada	2.23	0.80	No cumple
Cerramientos con el terreno, Hz. y Vert.	---	0.90	Cumple
Cerramientos con locales no habitables, Hz. y Vert.	---	0.90	Cumple
Cerramientos con otros locales. Medianeras	---	0.90	Cumple
Suelos con el exterior	---	0.80	Cumple
Cubiertas con el exterior	3.88	0.55	No cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	5.45	3.20	No cumple
Puertas	2.00	5.70	Cumple
Particiones interiores Hz. (mismo uso)	---	1.90	Cumple
Particiones interiores Vert.(mismo uso)	---	1.40	Cumple
Particiones interiores (distinto uso)	---	1.35	Cumple
Permeabilidad Huecos	50.00	27.00	No cumple

**No Cumple U valores máximos**

En la Figura 24 se observa que la única parte que cumple es HE4 por el agua caliente sanitaria proveniente de los captadores solares.

Figura 24: Verificación de cumplimiento de HE4.

Nº de personas totales	5.0
Nº de viviendas	1
Factor de centralizacion	1.00
Consumo agua (litros/día)	140
Temp. media agua red °C	17.1
Zona climática en radiación	V (en CTE-HE4 2019 no influye en los cálculos)
Aporte renovable mínimo en ACS	60 CTE-HE4 (2019)%

Porcentaje renovable sobre demanda en ACS **100.0 Cumple**

Detalle mensual consumo energía kWh (en forma de calor)

Demanda kWh	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Demanda ACS	228,3	206,2	223,3	215,4	217,6	205,7	202,4	202,4	195,9	213,2	211,2	223,3	2545,1
Depósito ACS	40,4	43,6	56,3	56,1	60,9	61,9	71,7	70,0	58,7	57,1	46,7	39,6	663,1
Depósito Solar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Recirculación	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	268,8	249,8	279,6	271,5	278,5	267,6	274,2	272,4	254,6	270,4	257,9	262,9	3208,2

Detalle mensual energía primaria renovable kWh

Aportes kWh	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Medio Ambiente	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Solar Térmica	253,4	252,3	280,0	287,6	300,7	290,0	303,5	294,7	251,8	288,1	256,0	242,8	3300,7
Solar Fotovoltaica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomasa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	253,4	252,3	280,0	287,6	300,7	290,0	303,5	294,7	251,8	288,1	256,0	242,8	3300,7

Fuente: (CERMA).

## 7. Medidas analizadas para la mejora de la eficiencia energética del edificio

Después de certificar energéticamente el edificio se plantean las mejoras conociendo los indicadores y con el propósito de lograr cumplir con la legislación vigente y principalmente el CTE. Para esto se proponen tres alternativas de mejora para compararlas económica y técnicamente. La primera será mejorar la envolvente, para la segunda mejora se añadirá paneles solares fotovoltaicos para observar cómo cambia la calificación ya que el principal consumidor de energía son los equipos y para la tercera opción se une ambos casos para observar la calificación resultante.

### 7.1. Alternativa A

En la alternativa A se plantea mejorar toda la envolvente. Por lo tanto, se añadirá una capa de lana mineral al tejado, muros exteriores y solera y se cambian las ventanas de vidrio monolítico y marco metálico con rotura de puente térmico a Doble con bajo emisivo y además se cambia el marco a PVC tres cámaras.

#### 7.1.1. Mejoras planteadas por CERMA para la alternativa A

Según la parte de mejoras del programa en base a calificación de CO<sub>2</sub> se obtienen las siguientes calificaciones si se mejoran ciertas partes de la envolvente. En amarillo se observan mejoras y en plomo lo que mantiene la calificación. Además, al poner aislamiento térmico cambia la letra a una D por lo que se añadirá una capa de lana mineral a las paredes, cubiertas y muros para mejorar la letra. El aislamiento térmico afecta la calificación energética ya que se conoce que la energía se pierde porque la vivienda no está aislada correctamente.

<b>Aislamiento</b> ( $\lambda = 0,04W/m^2K$ )	+20mm aislamiento (coste)	+40mm aislamiento (coste)	+60mm aislamiento (coste)
Cubiertas	<input type="checkbox"/> <b>D 15.2</b>   0	<input type="checkbox"/> <b>D 14.6</b>   0	<input type="checkbox"/> <b>D 14.3</b>   0
Muros	<input type="checkbox"/> <b>D 16.0</b>   0	<input type="checkbox"/> <b>D 15.5</b>   0	<input type="checkbox"/> <b>D 15.2</b>   0
Suelos	<input type="checkbox"/> <b>E 17.9</b>   0	<input type="checkbox"/> <b>E 18.0</b>   0	<input type="checkbox"/> <b>E 18.1</b>   0
Cubiertas+Muros+Suelos	<input type="checkbox"/> <b>D 13.4</b>   0	<input type="checkbox"/> <b>D 12.4</b>   0	<input type="checkbox"/> <b>D 12.0</b>   0

Además, según la parte de mejoras no hay mucho aumento en la calificación si se eliminan puentes térmicos como se observa a continuación.

Puentes térmicos	Aislamiento continuo (coste) <input type="checkbox"/> <b>E 17.9</b>   0	Pilares aislados (coste) <input type="checkbox"/> <b>E 17.8</b>   0	Pilares aisl+aisl hasta el marco (coste) <input type="checkbox"/> <b>E 17.9</b>   0
------------------	--	--	--



Se observa que mejorar las ventanas también solo mejora un poco la letra, pero casi se mantiene igual de hecho si se mejora solo el marco se mantiene igual.

Huecos	Vidrio Marco	2,5 W/m <sup>2</sup> K (doble b.emisivo) (coste) 2,2 W/m <sup>2</sup> K (Madera)	1,8 W/m <sup>2</sup> K (d.bajo emisivo <0,03) (coste) 1,8 W/m <sup>2</sup> K (PVC 3 cámaras)
U Vidrio	<input type="checkbox"/>	E 18.0	<input type="checkbox"/>
U Marco	<input type="checkbox"/>	E 17.8	<input type="checkbox"/>
U Vidrio + U Marco	<input type="checkbox"/>	E 18.0	<input type="checkbox"/>

A continuación, se presenta las recomendaciones del FS del vidrio y esta mejora la letra a una D que, es más.

FS Vidrio	<input type="checkbox"/>	0,5 D 15.7	<input type="checkbox"/>	0,25 D 14.7
FS Modificado sólo Verano	<input type="checkbox"/>	D 14.5	<input checked="" type="checkbox"/>	D 13.0

En cuanto a la permeabilidad también se mantiene también la misma calificación y no existe casi mejoras.

Permeabilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	9 (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> 100Pa) E 17.8	<input checked="" type="checkbox"/>	3 (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> 100Pa) E 17.8
---------------	-------------------------------------	---	-------------------------------------	---

### 7.1.2. Mejoras

La alternativa A consiste en mejorar el envolvente por lo tanto se añadirá aislante térmico de MW lana mineral al muro exterior, el tejado y la solera acomodándolo entre bloques de hormigón. En la tabla 20 se muestra cómo se mejora el muro exterior. También, en la tabla 21 se observa cómo se mejora el tejado y en la Tabla 22 se muestra las mejoras en la solera. Finalmente, en la Tabla 23 se muestran las mejoras aplicadas a las ventanas y en la Tabla 24 se muestra cómo se mejora la transmitancia de la puerta.

**Tabla 20:** *Materiales del muro exterior mejorado.*

Muro exterior
$He = 25 W/m^2K$
Plaqueta o baldosa cerámica (0,020m)
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000 (0,010m)
BH convencional espesor 200 mm (0,200m)
MW Lana mineral [0.05 W/[mK]] (0,080m)
Cámara de aire sin ventilar (0,010m)
BH convencional espesor 100 mm (0,100m)
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000 (0,010m)

Enlucido de yeso  $1000 < d < 1300$  (0,015m)

$$H_i = 7.69 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_M = 0.42 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Fuente: (CTE, 2010, pp.14-141)

**Tabla 21:** *Materiales del Tejado.*

Tejado
<p>he= 25,00 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>Teja de arcilla cocida (0,020m)</p> <p>Hormigón armado <math>d &gt; 2500</math> (0,300m)</p> <p>MW Lana mineral [0.031 W/[mK]] (0,080m)</p> <p>Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido <math>1450 &lt; d &lt; 1600</math> (0,015m)</p> <p>Enlucido de yeso <math>1000 &lt; d &lt; 1300</math> (0,010m)</p> <p>hi= 10,00 W/m<sup>2</sup>K</p> $U_C = 0.35 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$

Fuente: (CTE, 2010, pp.14-141).

**Tabla 22:** *Materiales constructivos de la solera.*

Solera
<p>he= 5,88 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>Frondosa muy pesada [<math>d &gt; 850</math>] (0,020m)</p> <p>Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido <math>1000 &lt; d &lt; 1250</math> (0,020m)</p> <p>MW Lana mineral [0.05 W/[mK]] (0,080m)</p> <p>Hormigón armado <math>2300 &lt; d &lt; 2500</math> (0,020m)</p> <p>Tierra apisonada adobe bloques de tierra comprimida [<math>1770 &lt; d &lt; 2000</math>] (0,150m)</p> <p>Terreno</p> $U_s = 0.5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$

Fuente: (CTE, 2010, pp.14-141).

**Tabla 23:** Descripción de las ventanas

Ventana
Doble con bajo emisivo < 0.03 4-20-661a $U = 1.4 \frac{W}{m^2K}$ factor solar por uno.
Cambiar el marco a PVC tres cámaras. $U = 1.8 \frac{W}{m^2K}$
Persina exterior blanca.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24:** Descripción de los materiales de la puerta Principal

Puerta principal
Puerta de madera de densidad media baja con un U de $2 \frac{W}{m^2K}$

Fuente: (CTE, 2010, pp.14-141).

### 7.1.3. Certificación alternativa A.

A continuación, se observan los resultados de la mejora en la certificación energética para la alternativa A. En la Figura 25 se muestra que la letra pasa de una E de 17.5 (kg/m<sup>2</sup> año) a una D de 10.7 (kg/m<sup>2</sup> año) en cuanto al indicador de emisiones mientras que la Figura 25 muestra la mejora de una E de 58.9 (kWh/m<sup>2</sup> año) a una D de 32.7 (kWh/m<sup>2</sup> año) en el indicador de energía primaria no renovable.

Figura 25: Certificación emisiones alternativa A

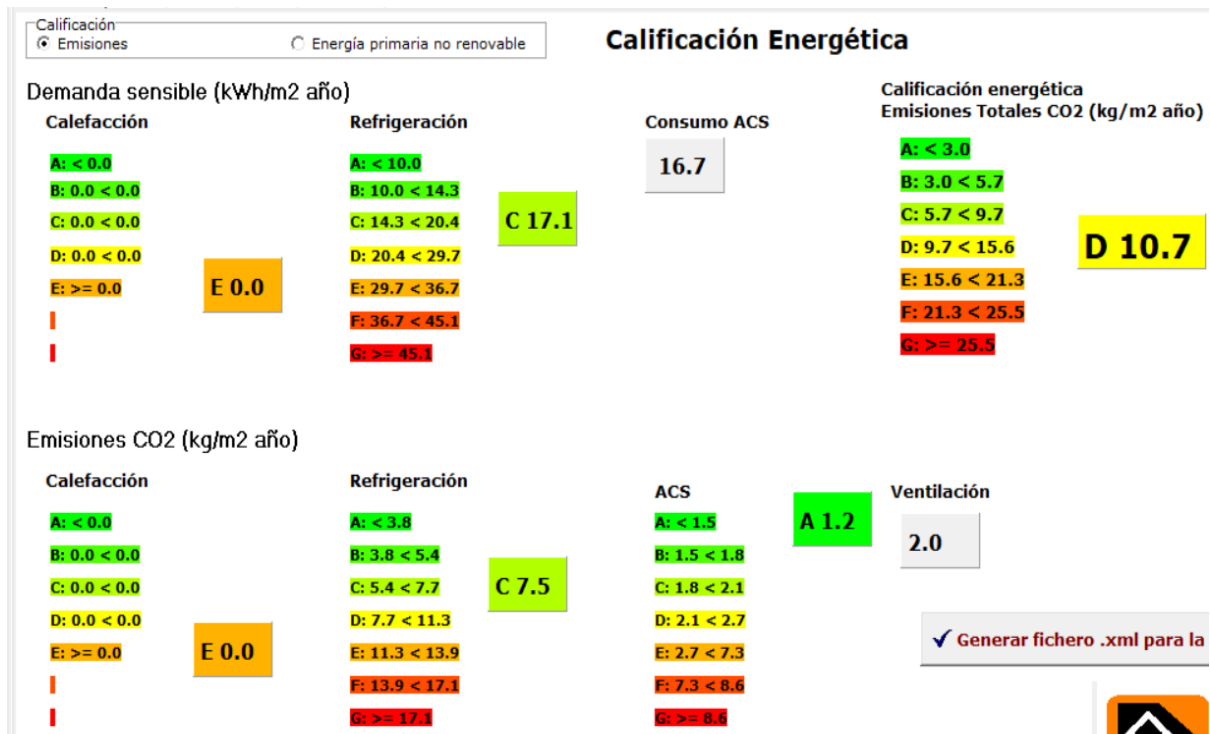
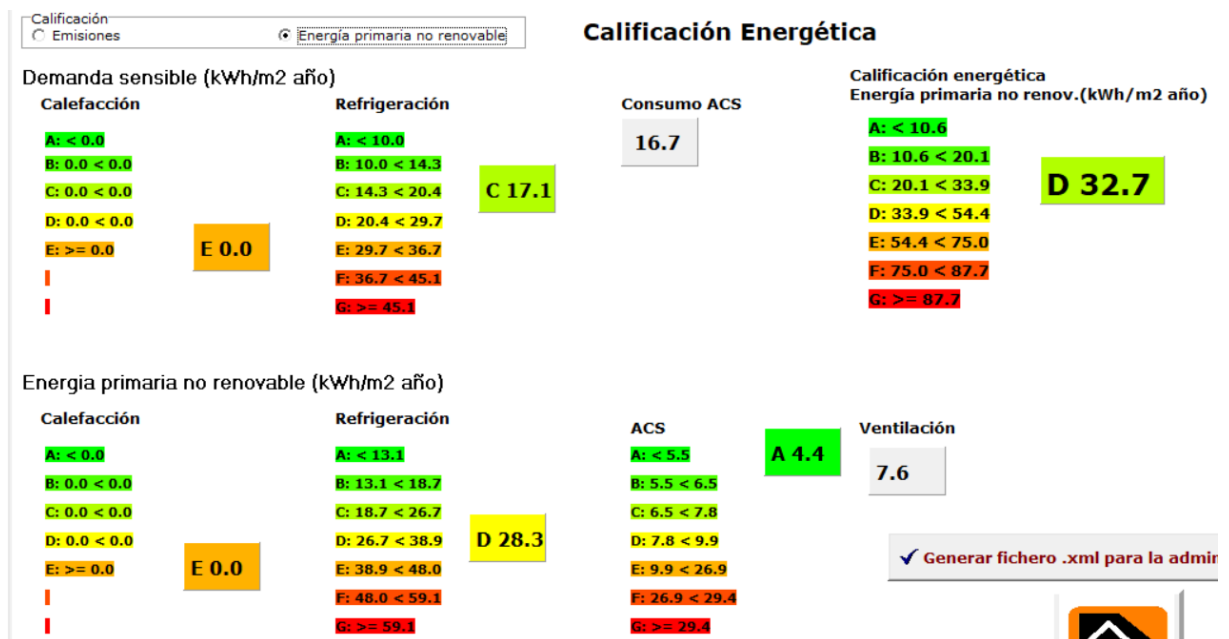


Figura 26: Certificación alternativa A energía primaria.

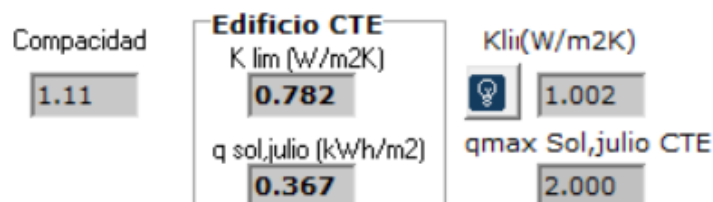


Fuente: CERMA

Recordando que Klim representa la K global del edificio y debe ser inferior al valor límite en la siguiente imagen se observa los resultados de la Klim después de aplicar las mejoras siendo el límite 1 (W/m2K) y el edificio al aplicar las mejoras de la alternativa A tiene una K de 0.782 (W/m2K). En cuanto al Q sol,julio representa la ganancia por huecos en el mes de

julio cuando los elementos móviles están activados ( el límite es 2 kWh/m<sup>2</sup> y la alternativa A tiene 0.367).

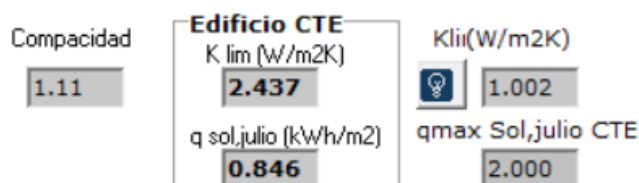
**Figura 27:** Limites de los huecos comparados con los datos reales de la casa (aplicando las mejoras de la alternativa A).



Fuente: CERMA

En la Figura 28 se observa que el Klim (constante global) del edificio sin mejoras es de 2.437 kWh/m<sup>2</sup> cuando el límite es 1 kWh/m<sup>2</sup> por lo tanto no cumple con la legislación vigente. En cuanto al Q sol, julio el cual representa la ganancia por huecos en el mes de julio cuando los elementos móviles están activados (el límite es 2 kWh/m<sup>2</sup> y el edificio tiene 0.846 kWh/m<sup>2</sup>). Por lo tanto, cumple con la ganancia por huecos del mes de julio, pero después de aplicar las mejoras se obtiene un qsol de 0.367 kWh/m<sup>2</sup>. Después de aplicar las mejoras baja de 0.846 kWh/m<sup>2</sup> a 0.367 kWh/m<sup>2</sup>. En la Figura 27 se observa los datos de huecos del edificio modificado.

**Figura 28:** Datos de huecos del edificio original.



#### 7.1.4. Viabilidad económica de la alternativa A.

En la Tabla 25 se presenta los posibles costos de poner un aislamiento de la lana mineral. Después se presenta la Tabla 26 donde se muestra cuánto costaría en total poner el aislante al muro exterior, tejado y solera de la casa para el análisis. Además, en la tabla 27 se observa el costo de cambiar las ventanas con vidrio monolítico y marco metálico con rotura de puente térmico a vidrio triple con marco de PVC. Según la marca KÖMMERLING el metro cuadrado de ventana con vidrio triple y marco de PVC está a \$89. Por lo tanto, los 36.275 m<sup>2</sup> costarían en total \$3228.4.

Al consultar con técnicos de la construcción se obtuvo que un albañil cobra entre 25 a 30 dólares por día. Tomando el valor más alto para el cálculo y asumiendo que se necesitan cuatro albañiles, el valor de mano de obra sería 120 dólares por día. Finalmente, sumando todos estos valores en la tabla 28 se observaría el costo total aproximado que tendría la alternativa A, dando como resultado un valor de \$16 804. Además, en la tabla 30 se observa el costo anual de mantenimiento aproximado.

**Tabla 25:** Costos de lana mineral Rockwool para muros exteriores y tejado.

Lugar para el aislamiento	Tipo de aislamiento	Posible precio
Cubierta inclinada	Alpharock 225	14.40 euros/m <sup>2</sup>
	Rockplus 220	11.11 euros/m <sup>2</sup>
	Rockcalm 211	11.27 euros/m <sup>2</sup>
	Confortpan 208 Roxul	7.45 euros/m <sup>2</sup>
Cubierta plana	Hardrock Multifix	38.86 euros/m <sup>2</sup>
	Hardrock 393	38.86 euros/m <sup>2</sup>
Muros exteriores	Rocksate Duo Plus	28.71 euros/m <sup>2</sup>
	Rocksate MD Plus	31,35 euros/m <sup>2</sup>

Fuente: (ROCKWOOL, 2021).

**Tabla 26:** Costo de total de la lana mineral.

Área total	Precio
Área total para los muros exteriores	5710.42 euros/ 6464.2 dólares
Cubierta Horizontal	2803 euros/3173 dólares
Cubierta inclinada	149.5 euros/ 169.23 dólares
Total	8812.7 euros/ 9975.98 dólares

Fuente: (ROCKWOOL, 2021).

**Tabla 27:** Costo para las Mejora de huecos (ventanas y puertas).

Área total de ventanas	Costo total
36.275m <sup>2</sup>	3228.4 dólares

Fuente:( Marketing et al., s. f.)

**Tabla 28:** Mano de obra.

Precio de mano de obra por día	Días aproximados de la obra	Costo total
120 dólares por día	30 días	3600 dólares

**Tabla 29:** Costo total de la mejora A.

Costo total	16 804 dólares
-------------	----------------

**Tabla 30:** Costo de mantenimiento.

Costo anual	200 dólares
-------------	-------------

#### 7.1.5. Amortización de la alternativa A.

Inicialmente se define el costo del Kwh en Ecuador donde para el sector residencial tiene un valor promedio de USD 0.1031 hasta los 300 Kwh pero la casa consume una cantidad más alta que este valor al mes por lo que el valor del kWh para esta edificación sería de USD 0.1142 (EKOS, s. f.).

El segundo paso es definir los costos de implantación, vida útil y mantenimiento de ambas alternativas (se hizo en el apartado de viabilidad económica). El tercer paso es obtener la amortización contable y lineal (puede ser porcentual y de vida útil). El de vida útil se estima en los años que el bien comprado comience a generar ingresos y se divide el coste inicial entre los años oportunos (*Amortización contable lineal*, s. f.). Para esta amortización lineal los costes de adquisición se amortizan en cuotas constantes. Se calcula de la siguiente forma:

$$\textit{Amortización anual} = \frac{\textit{Valor de adquisición} - \textit{valor residual}}{\textit{Años de vida útil}}$$

Fuente: (*Amortización contable lineal*, s. f.).

Recordando que la vida útil de la lana mineral es de 50 años, el valor de adquisición es de \$9975.98 y de mantenimiento para 50 años (\$200x50=\$10 000). El total del valor de adquisición es de \$19 975.98. Considerando que el valor residual de la lana mineral será cero dólares después de 50 años (*VENTAJAS Y DIFERENCIAS ENTRE LA LANA DE VIDRIO Y LA LANA MINERAL*, s. f.).

$$\textit{Amortización anual} = \frac{\$19\,975.98 - \$0}{50 \text{ años}} = \$399.52/\text{año}$$

La amortización para las ventanas de PVC conociendo que el valor de adquisición es de \$3228.4. Considerando que el valor residual de las ventanas será cero dólares y el tiempo de vida útil de las ventanas de PVC es de 50 años (*REHAU*, s. f.).

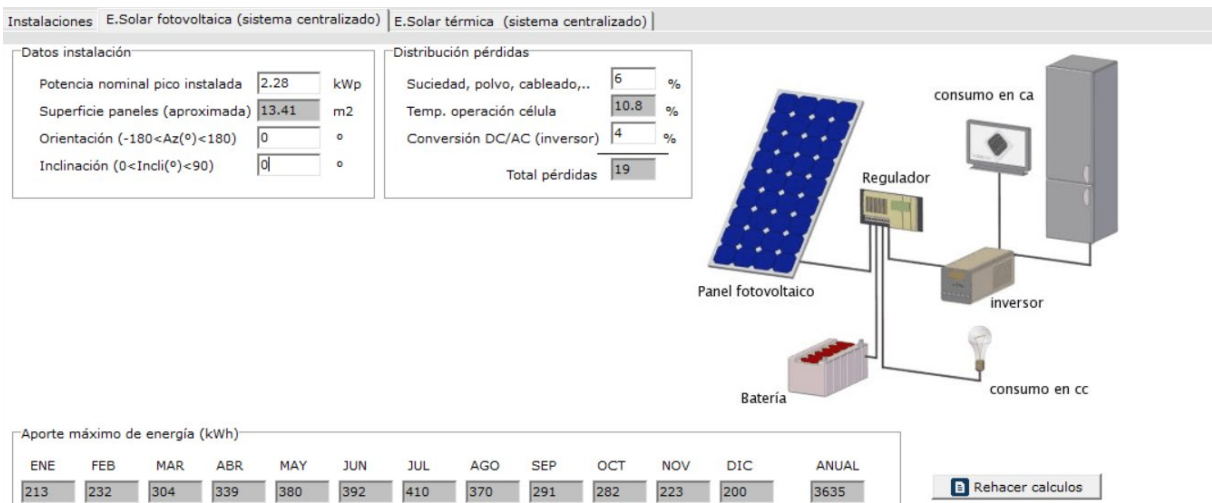
$$\textit{Amortización anual} = \frac{\$3228.4. - \$0}{50 \text{ años}} = \$64.57 \text{ año}$$

## 7.2. Alternativa B

Para la alternativa B se plantea poner paneles solares de una potencia de 2.28 kWp, una superficie aproximada de 13.41m<sup>2</sup>, orientación 0° (estamos latitud 0), inclinación 0°, cableado de 6%, la temperatura de operación de la célula a 10.8%, conversión DC/AC (inversor) a 4% dando como un total de pérdidas a 19%. En la Figura 29 se observa los datos ingresados en el software.



Figura 29: Paneles solares para la medida B.

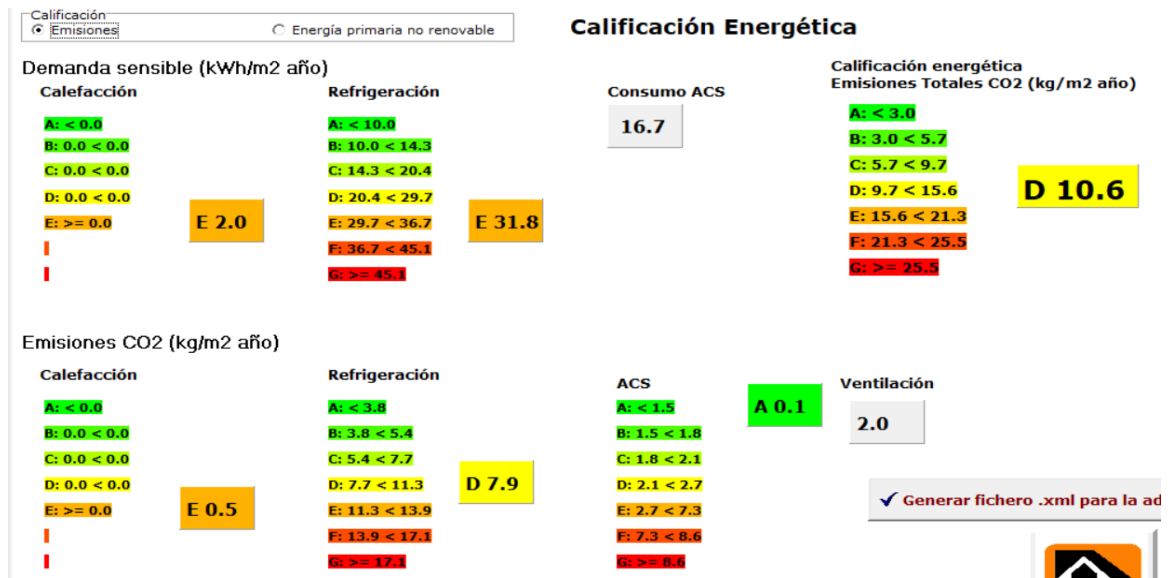


Fuente: Cerma

### 7.2.1. Certificado de eficiencia energética de la Alternativa B.

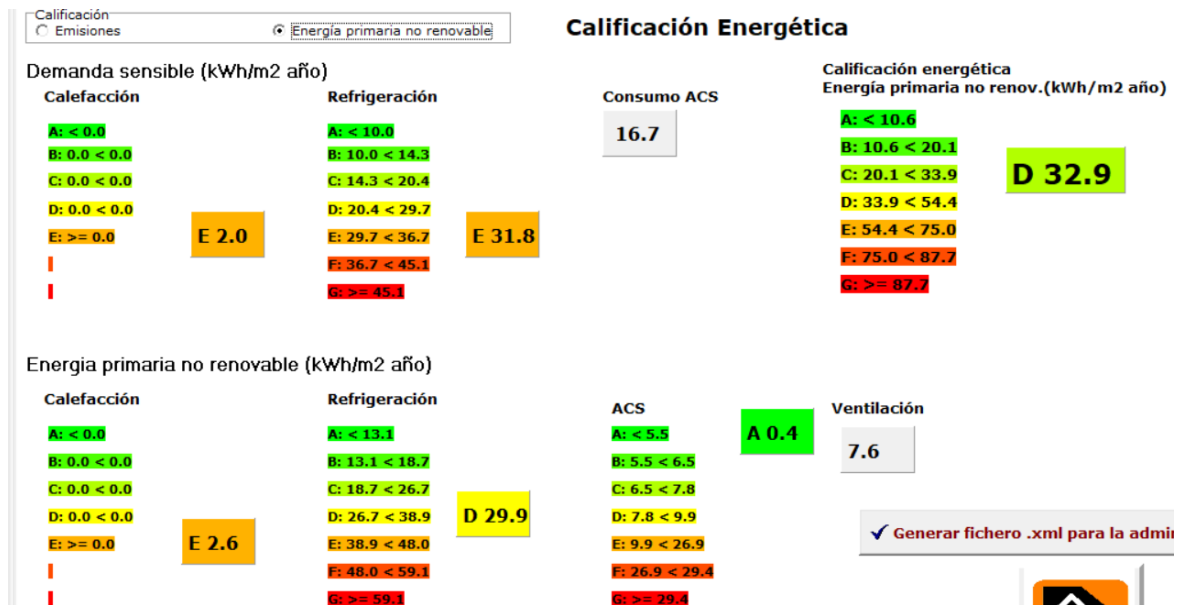
Con la alternativa B se mejora la letra de una E de 17.5 (kg/m<sup>2</sup> año) a una D de 10.6 (kg/m<sup>2</sup> año) para calificación energética en base a emisiones y se mejora de una E de 58.9 (kWh/m<sup>2</sup> año) a una D de 32.9 (kWh/m<sup>2</sup> año) para el indicador de energía primaria no renovable.

Figura 30: Calificación de la alternativa B para la parte de emisiones.



Fuente: CERMA

Figura 31: Calificación de la alternativa B para la parte de Energía primaria no renovable.



### 7.2.2. Viabilidad económica.

En la Figura 32 se muestra el costo que según la empresa Ener-G-solar tienen los paneles con una potencia de 2.28 kWp que es de \$2 280 (la instalación tiene un costo de \$400). Los datos son recopilados de la empresa ENER-G-SOLAR que está ubicada en Quito, Ecuador. Esta empresa también cotizo el mantenimiento y según la empresa sería \$200 anuales.

Figura 32: Costo aproximado de paneles fotovoltaicos.

The advertisement for ENER-G-SOLAR 'KIT CONECTADO 6 PANELES KIT 1.2' features the following details:

- Specifications:** 2,28KWP/2,5KVA. Includes 6 Monocrystalline Panels (2.28kWp total), 1 Bifacial Inverter (220-230vac), 2.5kva Output Power, Wi-Fi Monitor, 4mm² DC Cable, MC4 Connectors, DC System, DC Breaker, and Spd Type II Dc + Ac.
- Price:** 2 280\$USD\* PVP (\*producto exento de IVA).
- Warranty:** 25 años de garantía en paneles, 10 años de garantía en el inversor residencial, 20 años de garantía en el sistema de anclaje.
- Additional Info:** 'Pedir oferta para cualquier otro kit lo diseñaremos para su consumo. ¡¡¡Hasta 1000kwp Para Industrias!!!'.
- Contact:** Dirección Almacén de exhibición y ventas: MEGAKYWI - TUMBAGO, Av. Oswaldo Guayasamín, Quito - Ecuador - Valle de Tumbaco. Teléfono: 593 23341830 / 593 23342906. Celular: +593 980119640. www.energsolar.com

Fuente: (Ener-g-solar, 2021).

### 7.2.3. Amortización de la alternativa B.

La amortización contable y lineal en base a la vida útil se explicó en el anterior apartado entonces se calcula de la misma forma. Se investigo que el tiempo de vida útil de paneles solares es de 25 años (Blog solar, s. f.) y conociendo que el valor de adquisición es de \$2 280 más \$400 de instalación, para mantenimiento se necesita \$200 por año y dura 25 años. Suponiendo que cuando ya no sirvan después de este tiempo se pueden vender en \$400 (esto sería el valor residual) (Blog solar, s. f.).

$$Amortización\ anual = \frac{Valor\ de\ adquisición - valor\ residual}{Años\ de\ vida\ útil} = \frac{\$7\ 680 - \$400}{25\ Años}$$

$$Amortización\ anual = \$291.2/Año$$

### 7.3. Alternativa C.

En la alternativa C se combinan la alternativa A y la B. En resumen, se mejora la envolvente añadiendo aislamiento a muros exteriores, cubierta, piso y se cambian las ventanas de vidrio monolítico y marco metálico con rotura de puente térmico a Doble con bajo emisivo y cambiar el marco a PVC tres cámaras. También se añaden paneles solares para observar que pasa si se mejora tanto envolvente y se aumenta la producción de energía por medio de fuentes renovables. Se espera que mejorando tanto envolvente como añadiendo paneles se mejore la calificación mucho más.

#### 7.3.1. Certificado de eficiencia energética de la Alternativa C.

En la Figura 33 se muestra la letra que se obtiene con la Alternativa C que como se esperaba la mejora es notable. En esta alternativa se logra una mejorar hasta una B de 3.9 (kg/m<sup>2</sup> año) desde una E de 17.5 (kg/m<sup>2</sup> año) en la parte de emisiones y en la parte de energía primaria no renovable se mejora a una B de 7.2 (kWh/m<sup>2</sup> año) desde una E de 58.9 (kWh/m<sup>2</sup> año).

Figura 33: Emisiones Alternativa C.

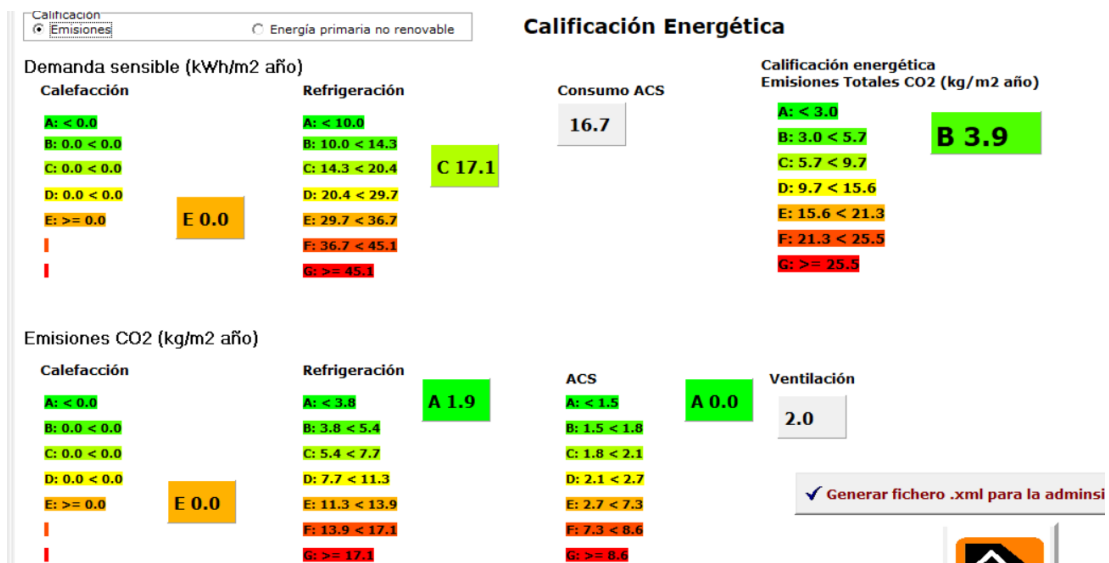
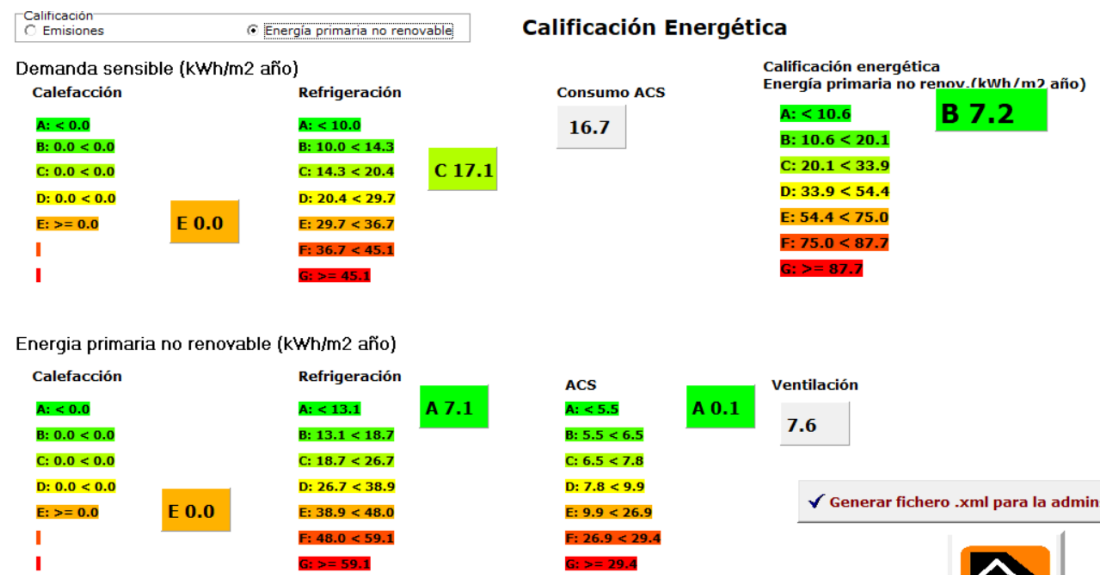


Figura 34: Alternativa C (Indicador de energía primaria no renovable).



Fuente: CERMA

### 7.3.2. Amortización de la alternativa C.

La amortización contable y lineal en base a la vida útil se explicó en el apartado de la alternativa A y al ser una unión de las dos alternativas anteriores ya se tiene los datos para comparar de la cuota anual fija de amortización. En la tabla 31 se observan los datos de la amortización lineal.

**Tabla 31:** *Cuotas anuales fijas de amortización.*

<b>Mejora</b>	<b>Amortización lineal</b>
Lana mineral	\$399.52/año
Ventanas de PVC	\$64.568/año
Paneles solares fotovoltaicos	\$291.2/Año

El total de la inversión de la alternativa C es de \$16 804 más los \$2 280 y \$400 de instalación dando como resultado \$19 484.

#### 7.4. Comparativa de las alternativas

##### 7.4.1. Análisis técnico de las alternativas.

En la tabla 32 se observa una comparativa de las calificaciones energéticas en base a los indicadores de emisiones y energía primaria no renovable. Recordando que para la alternativa A se añade aislante térmico y se cambian las ventanas, en la alternativa B se añaden paneles solares fotovoltaicos y para la alternativa C se combinan ambas mejoras para observar que pasa si se mejora tanto envolvente y equipos.

Sabiendo que el edificio original tiene una calificación de E de 17.5 (kg/m<sup>2</sup> año) para emisiones y para energía primaria no renovable tiene una calificación de E de 58.9 (kWh/m<sup>2</sup> año). La alternativa A tiene una letra en el indicador de emisiones de D de 10.7 (kg/m<sup>2</sup> año) y de D de 32.7 (kWh/m<sup>2</sup> año) en el indicador de energía primaria no renovable. La alternativa B tiene una calificación de D de 10.6 (kg/m<sup>2</sup> año) en el indicador de emisiones y de D de 32.9 (kg/m<sup>2</sup> año) en el indicador de energía primaria no renovable. Mientras que la alternativa C tiene una calificación de B de 3.9 (kg/m<sup>2</sup> año) para emisiones y de B de 7.2 (kWh/m<sup>2</sup> año) para energía primaria no renovable.

Se observa en la Tabla 9 que la mejor alternativa es la C pues disminuye la demanda energética al mejorar el envolvente de tal manera de que pasa de no cumplir con la transmitancia límite en: muros de fachada, suelos, cubiertas, ventanas y marcos, puertas y permeabilidad a cumplir en Muros de fachada, suelos y cubierta. Por lo tanto, ya se acerca a

cumplir con el HE1 del CTE. Además, se recuerda que al mejorar la envolvente se disminuye las pérdidas de energía en calefacción y refrigeración.

La alternativa C cumple el HE4 ya que la casa ya poseía captadores solares térmicos y además se planea poner paneles solares de una potencia de 2.28 kWp. Estos paneles generan electricidad por medio de fuentes renovables y conociendo que el mayor problema de la casa sería los equipos y electrodomésticos que hay dentro porque no existe demanda ni de aire acondicionado ni de calefacción serían una gran alternativa para mejorar su calificación.

Al comparar la alternativa B y la A pues ambas generan casi la misma certificación energética ósea ambas pasan de una E a una D. Simplemente que la una disminuye la demanda energética y la otra aumenta la contribución de energía renovable y recordando que en Ecuador los paneles solares están exentos de IVA para incentivar a la gente a comprarlos. Sin embargo, si se decide elegir entre ambas, la alternativa B sería una mejor solución para el alto consumo de energía que es causado por electrodomésticos dentro de la casa y no por la demanda de calefacción ni refrigeración.

**Tabla 32:** *Tabla de comparación de Calificaciones.*

<b>Calificación En CERMA</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>Alternativa C: Combinadas A+B</b>
Emisiones	E (17.5)	D (10.7)	D (10.6)	B (3.9)
Energía primaria no renovable.	E (58.9)	D (32.7)	D (32.9)	B (7.2)

Fuente: (Elaboración propia)

#### 7.4.2. Análisis económico.

Es importante analizar la parte económica porque uno de los puntos principales es generar un menor gasto para la familia involucrada. Para comparar esta parte se obtuvieron datos aproximados de los costos para comprar las alternativas y elegir la más viable. En esta parte hay que recordar que no siempre se va a poder elegir la que más mejore la eficiencia de la edificación sino se elegiría la que sea viable técnica y económicamente para la familia de la casa.

Un dato importante que ya se mencionó anteriormente es que según la factura de noviembre de la empresa eléctrica Quito cuesta \$0.11/kWh la electricidad. Entonces se conoce que la alternativa que más mejora la calificación energética es la C (lo que es lógico porque es la unión de ambas alternativas), pero también es la más costosa con un costo de \$19 484. La alternativa A tiene un costo de \$16 804 y mejora de una E a una D de la misma forma que la alternativa B, pero la alternativa B solo cuesta \$2 280. En conclusión, del punto de vista económico la Alternativa B mejora de una E a una D costando solo \$2 280 por lo que tardaría menos en tiempo amortizarse y aumenta el aporte de energía renovable. Además, en Ecuador existe la tarifa dignidad para consumos menores de 110 kWh por mes por lo que al reducir y llegar a este límite incluso el valor de la energía sería menor (Factura eléctrica, 2021).

**Tabla 33:** *Tabla comparativa de costos entre las alternativas.*

Calificación	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Costos	\$16 804	\$2 280	\$19 484.

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, técnicamente la mejor alternativa es la C ya que disminuye tanto la demanda energética y además los paneles solares que aumentan el aporte de energías renovables. Sin embargo, esta es la más costosa con un valor de \$19 484. La alternativa B es la que es más viable técnica y económicamente ya que mejora a una letra D en ambos indicadores y tiene un costo solo de \$2 280. También hay que tener en cuenta que el problema de la casa es los electrodomésticos ya que no posee ni aire acondicionado ni calefacción.

## 8. Propuesta de aplicación de una energía renovable

### 8.1. Mantener el captador solar para ACS

Se propone mantener y simplemente dar mantenimiento a los captadores solares para agua caliente sanitaria ya que aportan un porcentaje de energías renovables para cumplir con el HE4 (Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria). El costo de instalación y del captador solar con el tanque fue de \$1 250. Los captadores fueron diseñados para una capacidad de 300L que sería para unas 5 personas.

Estos captadores no tienen impuestos para incentivar al ciudadano a que incremente su porcentaje de producción energética por medio de renovables (SA, 2019). También, estos paneles tampoco tienen impuestos. Sin embargo, la gente prefiere calentar el agua por medio de gas natural ya que en Ecuador este gas tiene subsidio (una bobina de 15kg cuesta \$1,6). No obstante, para la casa se optó energía solar porque reduce los gases de efecto invernadero, reduce la dependencia energética y por seguridad (El comercio, 2020). Al hablar de seguridad se refiere a que ha habido muchos accidentes en los que un cilindro de gas explota y personas mueren o quedan heridas (Sandoval, 2020).

### 8.2. Cotizar un panel solar fotovoltaico.

Al provenir el mayor consumo energético de la casa de equipos se propone instalar paneles solares. El proveedor cotizó que para la casa se necesitaran 6 paneles monocristalinos con una potencia pico de 2.28KWp, un inversor bifásico 220-230vac, una potencia de salida de 2.5 kva, monitoreo por wifi, cable Dc 4 mm<sup>2</sup>, conectores Mc4, sistema de anclaje, seccionador Dc, spd Tipo li Dc + Ac. Se cotizó a la empresa Energy solar y el costo es de \$2 280. Gracias a estos paneles fotovoltaicos se planea reducir lo que se paga de electricidad mensualmente.

**Figura 35:** Panel Fotovoltaico de Ener-g-solar.





## 9. Resultados

Recordando que para la alternativa A se añade una capa de lana mineral al tejado, muros exteriores y solera y se cambian las ventanas de vidrio monolítico y marco metálico con rotura de puente térmico a Doble con bajo emisivo y cambiar el marco a PVC tres cámaras. En cambio, para la alternativa B se añaden paneles solares fotovoltaicos. Finalmente, para la alternativa C se combinan las mejoras A y B.

### 9.1. Alternativa A.

#### 9.1.1. Ahorros de la alternativa A

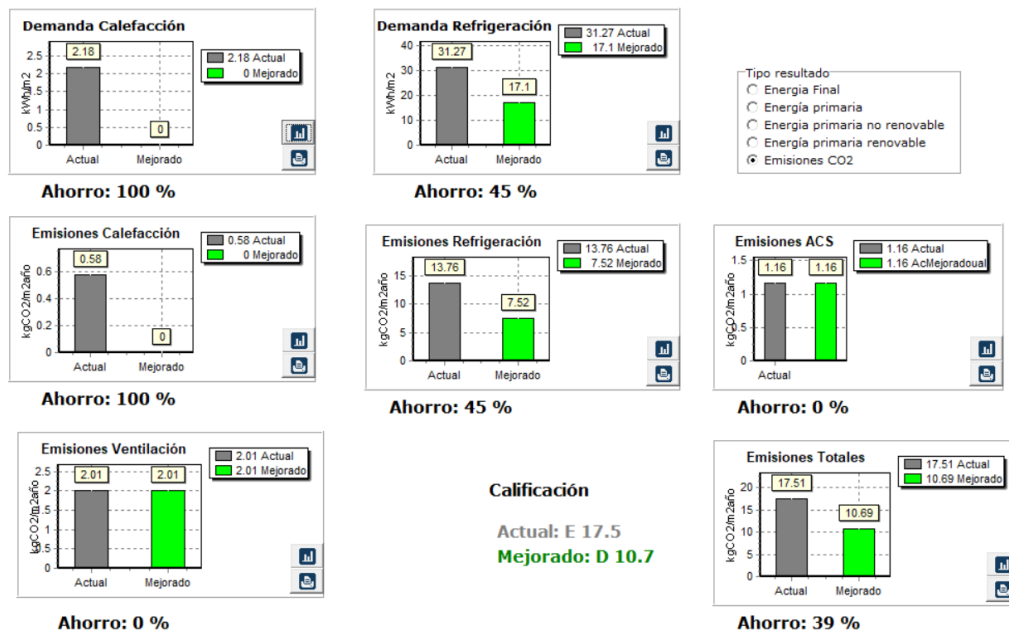
A continuación, se presentan los resultados de la parte de mejoras de CERMA siendo la barra ploma la que representa el edificio actual y la barra verde la que representa el edificio mejorado. La demanda de calefacción y refrigeración se miden en kWh/m<sup>2</sup>año, las emisiones de calefacción, refrigeración, ACS y totales se miden en kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.

En la Figura 36 se muestra que el ahorro en la demanda y emisiones de calefacción es del 100%. En cuanto a ventilación el ahorro es de 0%. El ahorro de la demanda y emisiones de refrigeración es de un 45%. Al mejorar la envolvente se evita la posibilidad de usar calefacción y refrigeración ya que se mejora las condiciones de habitabilidad interiores por eso se tiene ahorros en refrigeración y en calefacción.

Al mejorar la resistencia térmica de la envolvente se mejoró las condiciones de confort térmico dentro de la edificación sin depender de la calefacción y refrigeración. Básicamente, si la vivienda tuviera calefacción o refrigeración estas permanecerían prendidas menos tiempo ahorrando energía (Diulio et al., 2016,). En cuanto a ACS como no se hace ningún cambio por lo que no hay un ahorro pues la instalación ya posee una energía renovable.

En resumen, el ahorro total en el porcentaje de emisiones de CO<sub>2</sub> es de 39%. Esto ayuda a resolver el problema mencionado anteriormente del cambio climático y por lo tanto también la contaminación ambiental. La medida es recomendable porque es amigable con el medio ambiente.

Figura 36: Mejoras de la Alternativa A.

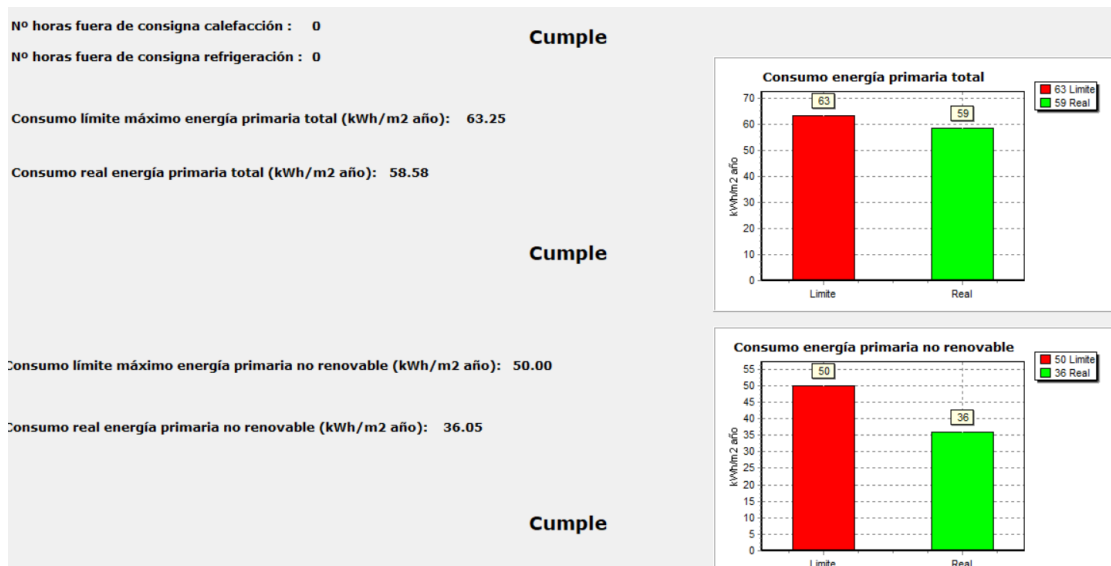


Fuente: CERMA

### 9.1.2. Cumplimiento del CTE para la alternativa A.

Para empezar, hay que resaltar la importancia de cumplir con el CTE. Por lo que aplicando las mejoras de la envolvente se observa que ahora se cumple el apartado HE0 (limitación de consumo energético). El consumo límite de energía primaria total es de 63.25 (kW/m<sup>2</sup> año) y el consumo es 58.58 (kW/m<sup>2</sup> año), de igual forma el máximo para energía primaria no renovable es de 50 (kW/m<sup>2</sup> año) y el consumo real de energía primaria no renovable es de 36 (kW/m<sup>2</sup> año).

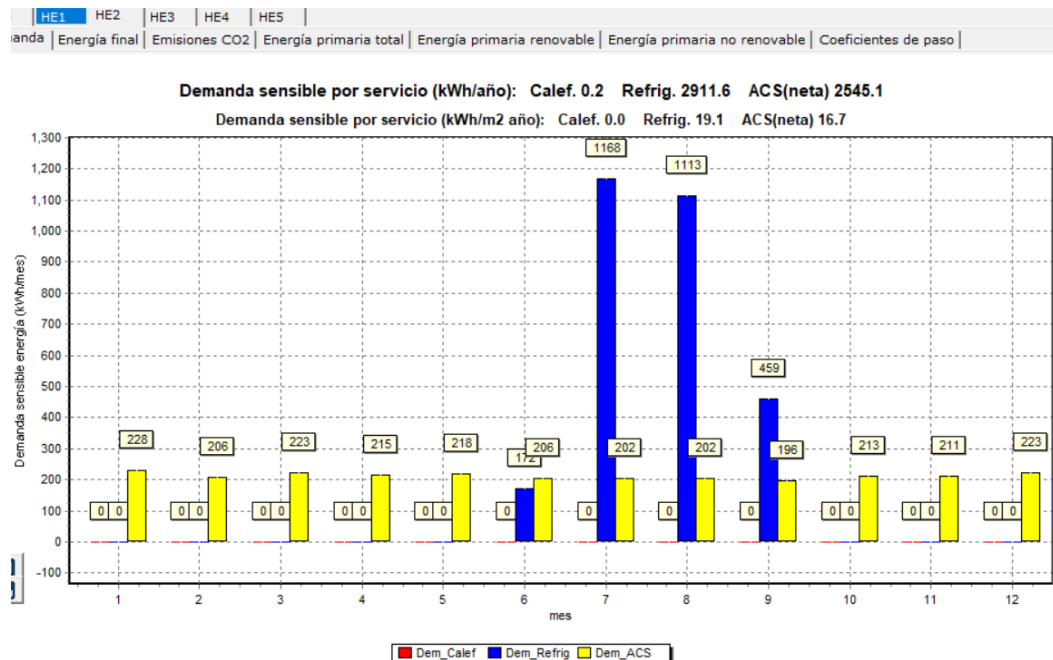
Figura 37: Cumplimiento de HE0.



Fuente: CERMA

En cuanto al cumplimiento de HE2 la edificación consume mucho en refrigeración en los meses desde junio a septiembre, pero en realidad en Quito no se necesita aire acondicionado entonces las condiciones de las instalaciones térmicas debería estar menos en estos meses para la demanda por refrigeración.

Figura 38: Cumplimiento de HE2.



Fuente: CERMA

En la Figura 38 se observa que el cumplimiento de la demanda de calefacción no existe lo que es correcto porque en Quito no se necesita calefacción. Las temperaturas no son extremas para necesitar calefacción para mantener las condiciones de confort internas.

En la Figura 39 se muestra que con las mejoras ya cumple con los valores de U máximos los muros de la fachada. En cuanto a la permeabilidad no cumple porque tiene un valor de 50 (m<sup>3</sup>/nh<sup>2</sup>) y el límite es 27 (m<sup>3</sup>/nh<sup>2</sup>). Tampoco cumple la transmitancia máxima de vidrios y ventanas con 5.31 (W/m<sup>2</sup>K) y el U límite es de 3.2 (W/m<sup>2</sup>K).

**Figura 39: Cumplimiento de HE1.**

**Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica. Valores máximos**  
Tablas 3.1.1.a Tabla 3.1.3.a Tabla 3.2 CTE-HE1 2019

CERRAMIENTO. Transmitancia termica (segun CTE)	U <sub>max,proy</sub>	U <sub>limite</sub>	CUMPLIMIENTO
Muros de fachada	0.42	0.80	Cumple
Cerramientos con el terreno, Hz. y Vert.	---	0.90	Cumple
Cerramientos con locales no habitables, Hz. y Vert.	---	0.90	Cumple
Cerramientos con otros locales. Medianeras	---	0.90	Cumple
Suelos con el exterior	---	0.80	Cumple
Cubiertas con el exterior	0.35	0.55	Cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	5.31	3.20	No cumple
Puertas	2.00	5.70	Cumple
Particiones interiores Hz. (mismo uso)	---	1.90	Cumple
Particiones interiores Vert.(mismo uso)	---	1.40	Cumple
Particiones interiores (distinto uso)	---	1.35	Cumple
Permeabilidad Huecos	50.00	27.00	No cumple

**No Cumple U valores máximos**

## 9.2. Alternativa B

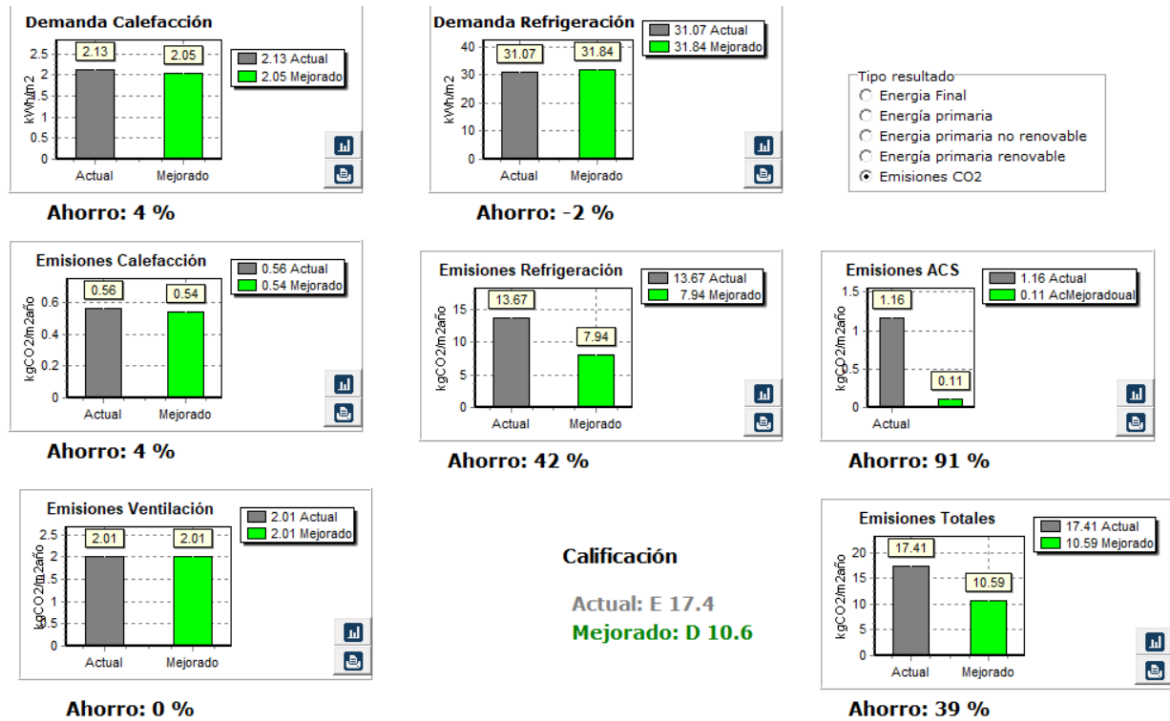
### 9.2.1. Ahorros de la alternativa B

Al poner paneles solares la letra mejora de E de 17.4 a una D de 10.6 y se observa que hay un ahorro de 91% en ACS, un 4% de ahorro en la demanda y emisiones de calefacción, hay un ahorro de 42% en las emisiones de refrigeración, en cuanto a la demanda de refrigeración no mejora sino empeora un 2% y para las emisiones totales hay un ahorro de 39% en emisiones de CO<sub>2</sub>. Lo que significa que se reduce la contaminación ambiental.

Como ya se mencionó el problema de la casa no es la refrigeración y calefacción, sino los equipos por lo que esta es una buena alternativa para bajar el costo de la factura eléctrica y por lo tanto el consumo eléctrico de la casa. Además, en Ecuador no existe I.V.A. para estos

paneles solares. Se observa que solo este cambio mejora la letra a una D y la inversión es de solo \$2 280. En la Figura 40 se observa la comparación de los ahorros de la alternativa B.

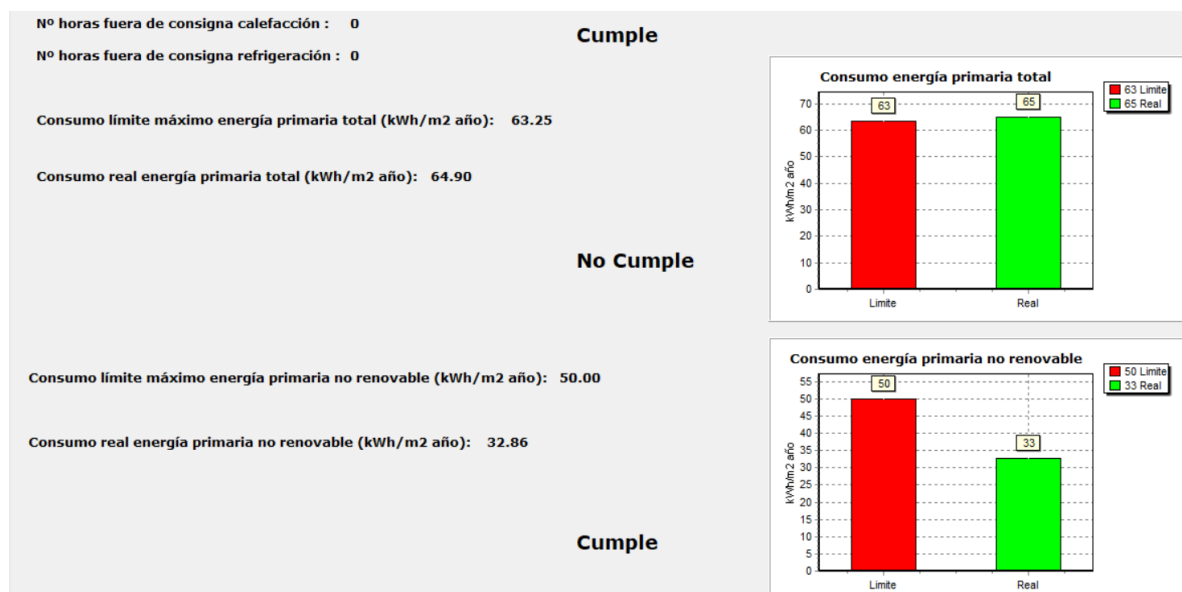
**Figura 40: Mejoras de la Alternativa B.**



### 9.2.2. Cumplimiento del CTE.

Para el HE 0 (Limitación del consumo energético) se observa que no cumple con el consumo máximo de energía primaria total ya que el límite es de 63.25 (kWh/m<sup>2</sup> año) y el consumo real de energía primaria total es de 64.9 (kWh/m<sup>2</sup> año). En cambio, si cumple con el límite de energía primaria no renovable que es de 50 (kWh/m<sup>2</sup> año) y el consumo real es de 32.86 (kWh/m<sup>2</sup> año). Se conoce que la edificación posee captadores solares para calentar el agua caliente de la casa y esta es la razón por la que cumple con el límite de energía primaria no renovable. En la Figura 41 se muestra esto.

**Figura 41: Cumplimiento del HE0.**



En la Figura 42 se observa que no cumple con el  $U_{\text{máximo}}$  para muros de fachada, cubiertas, vidrios y marcos y tampoco cumple con la permeabilidad porque tiene un valor de 50 ( $\text{m}^3/\text{nh}^2$ ) por la ventana abatible con ajuste bueno y el límite es 27 ( $\text{m}^3/\text{nh}^2$ ). En la Figura 42 se observa los parámetros por los que no cumple el HE1. Bueno se recuerda que en esta alternativa no se mejora las transmitancias de la envolvente solo se añade el panel solar fotovoltaico.

**Figura 42: Cumplimiento del HE1 para la alternativa A.**

**Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica. Valores máximos**  
Tablas 3.1.1.a Tabla 3.1.3.a Tabla 3.2 CTE-HE1 2019

CERRAMIENTO. Transmitancia termica (segun CTE)	$U_{\text{max,proy}}$	$U_{\text{limite}}$	CUMPLIMIENTO
Muros de fachada	2.23	0.80	No cumple
Cerramientos con el terreno, Hz. y Vert.	---	0.90	Cumple
Cerramientos con locales no habitables, Hz. y Vert.	---	0.90	Cumple
Cerramientos con otros locales. Medianeras	---	0.90	Cumple
Suelos con el exterior	---	0.80	Cumple
Cubiertas con el exterior	3.36	0.55	No cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	5.45	3.20	No cumple
Puertas	2.00	5.70	Cumple
Particiones interiores Hz. (mismo uso)	---	1.90	Cumple
Particiones interiores Vert.(mismo uso)	---	1.40	Cumple
Particiones interiores (distinto uso)	---	1.35	Cumple
Permeabilidad Huecos	50.00	27.00	No cumple

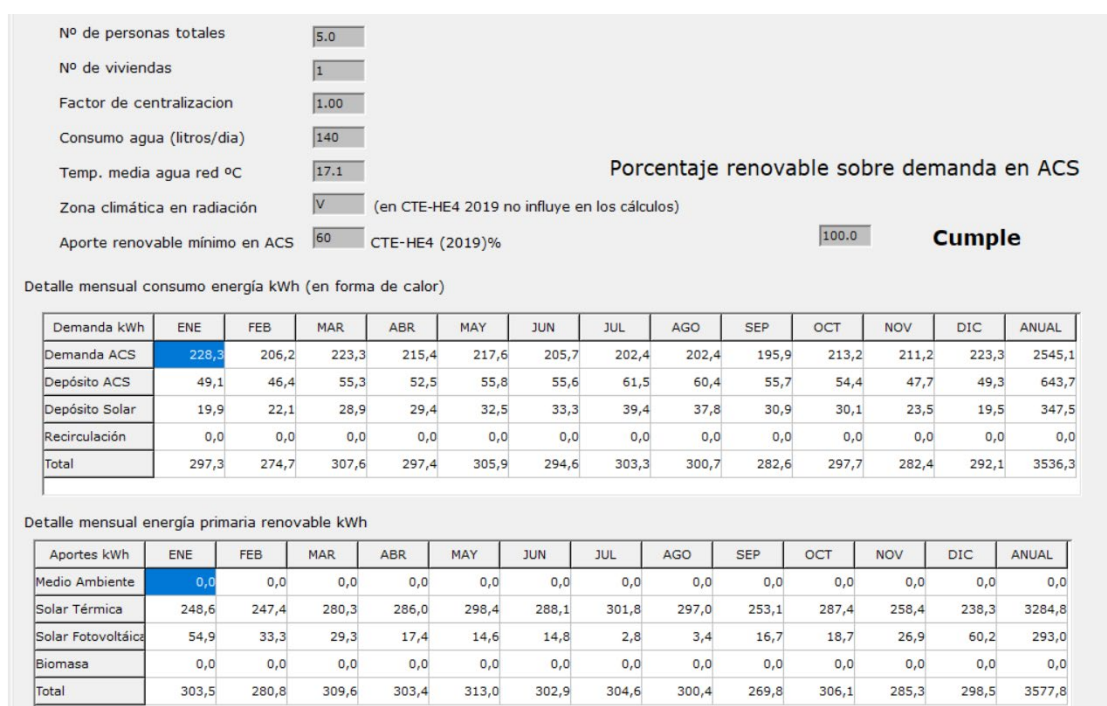
**No Cumple U valores máximos**

En la Figura 43 se observa el cumplimiento de HE4 gracias a los captadores solares se cumple con la contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente

sanitaria. Se conoce que porcentaje mínimo de aporte es el 60% y tiene el 100% por lo tanto cumple. En cuanto el HE5 la instalación fotovoltaica no es obligatoria para edificios residenciales, pero para cumplir con la demanda de los electrodomésticos de la casa en este caso sería una gran alternativa.

Aunque hay que recalcar que existe otra forma de bajar el consumo energético y es mejorar los hábitos de la familia. Esto podría ser eligiendo electrodomésticos con etiqueta tipo A ósea de menor consumo, desconectándolos cuando no se estén usando, no abrir la refrigeradora muy frecuentemente, usar la lavadora y secadora a la máxima carga, apagar los equipos que no se están usando y desconectarlos. En cuanto a luminarias limpiarlas, ubicarlas a la altura correcta, apagarlas cuando no se esté usando y usar focos más eficientes como LED (IDAE, 2010, p.5-50).

**Figura 43: Cumplimiento del HE4.**



### 9.3. Alternativa C

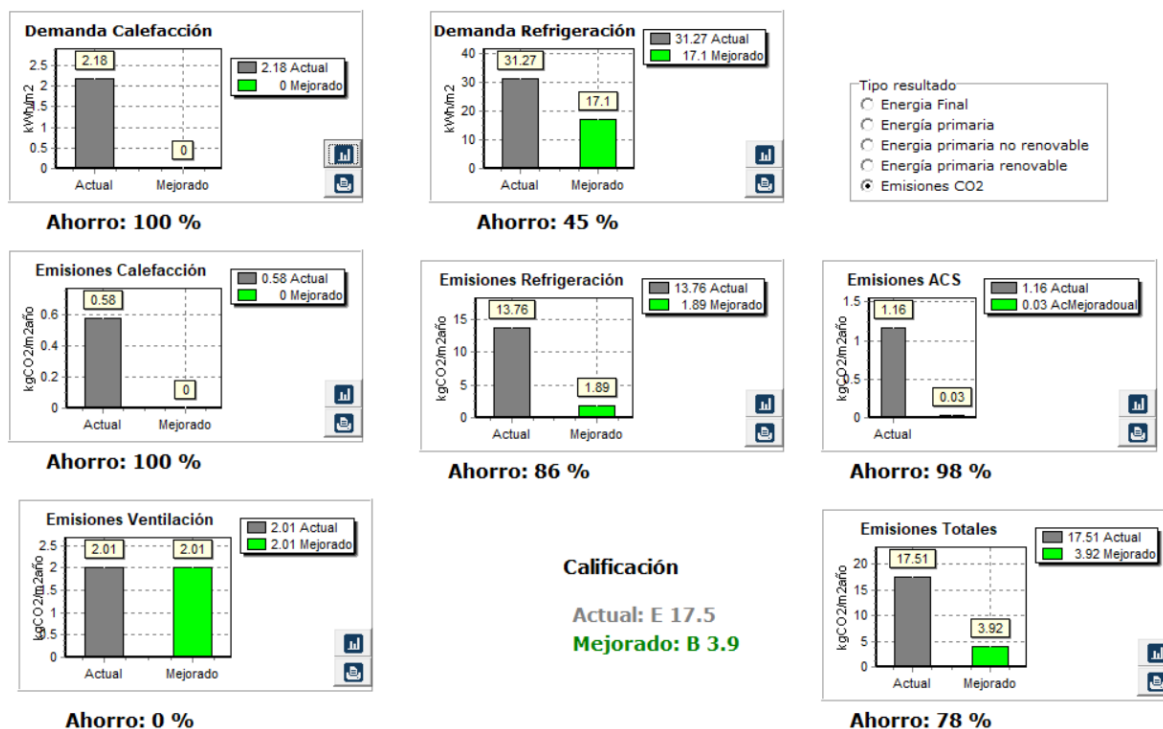
#### 9.3.1. Ahorros

De las tres alternativas como era de esperarse la que proporciona un mayor ahorro y una mejor calificación energética es la Alternativa C pues se mejora de una E de 17.5 a una B de 3.9 en ambos indicadores. El ahorro de emisiones totales fue de 78% lo que significa que es la alternativa más amigable con el medio ambiente. El ahorro en emisiones de ACS fue de



98%, el ahorro en emisiones de refrigeración fue de 86%, el ahorro en la demanda de refrigeración fue de 45%, no hubo ahorro en emisiones de ventilación, en emisiones y demanda de calefacción el ahorro fue del 100%. Por los porcentajes esta alternativa es la más amigable con el medio ambiente.

**Figura 44: Ahorros para la Alternativa C.**



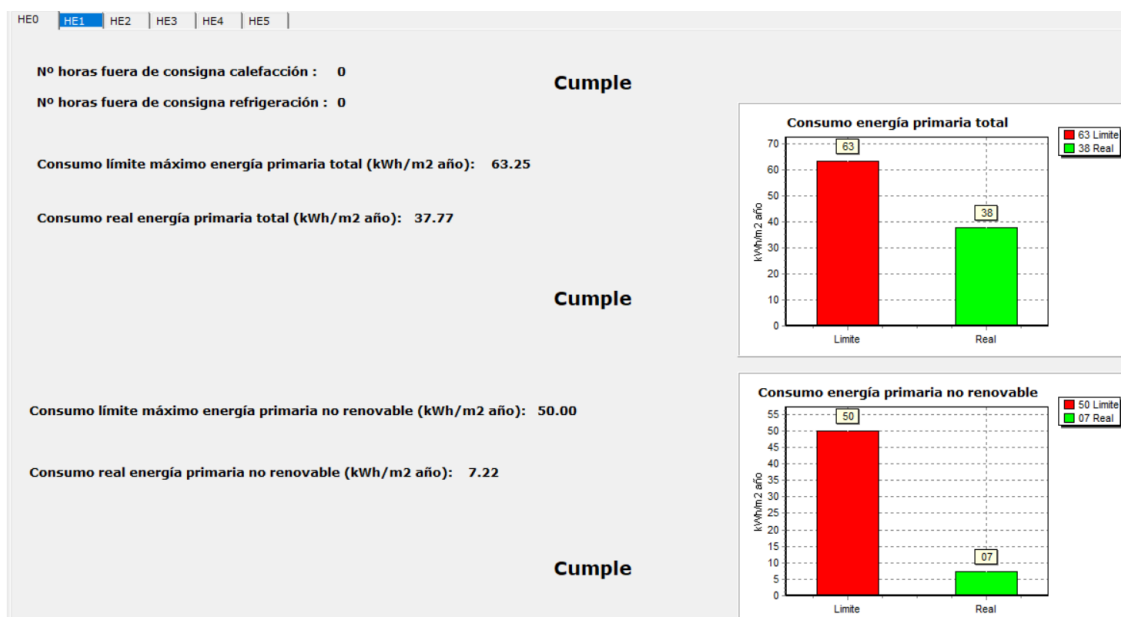
### 9.3.2. Cumplimiento del CTE

En cuanto al cumplimiento del HE se tiene lo siguiente:

Se cumple el HE0 (Limitación del consumo energético). El límite máximo de consumo de energía primaria total es de 63.25 (kWh/m<sup>2</sup> año) y el consumo real de energía primaria total fue de 37.77 (kWh/m<sup>2</sup> año) por lo tanto se cumple. Por otro lado, el consumo límite máximo de energía primaria no renovable es de 50 (kWh/m<sup>2</sup> año) y el consumo real de energía primaria no renovable fue de 7.22 (kWh/m<sup>2</sup> año).



Figura 45: Cumplimiento del HE0



En la Figura 46 se muestra el cumplimiento de HE1 (Condiciones para el control de la demanda energética). En rojo se resalta que no se cumple con la transmitancia máxima para vidrios, marcos y lucernarios siendo el U límite de 3.2 W/m<sup>2</sup>K y la U max de 5.31 W/m<sup>2</sup>K

Figura 46: Cumplimiento del HE1

**Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica. Valores máximos**  
Tablas 3.1.1.a Tabla 3.1.3.a Tabla 3.2 CTE-HE1 2019

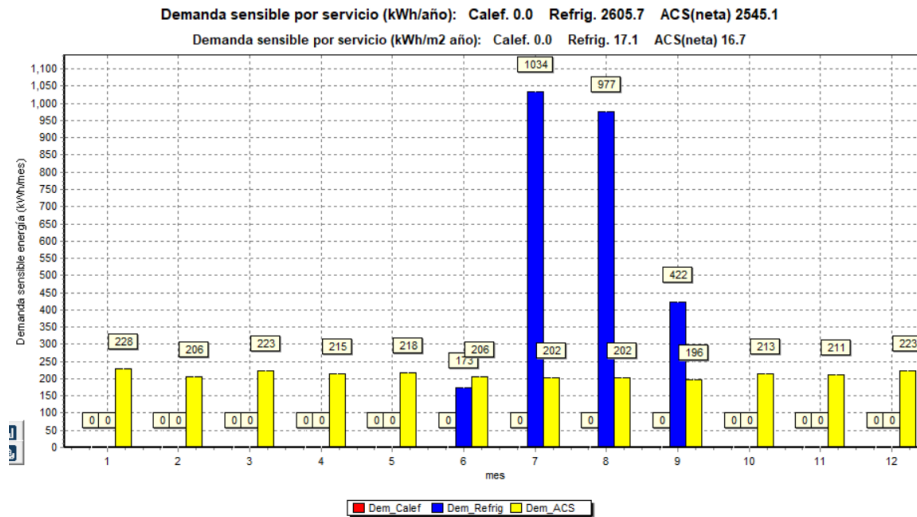
CERRAMIENTO. Transmitancia termica (segun CTE)	Umax,proy	Ulimite	CUMPLIMIENTO
Muros de fachada	0.42	0.80	Cumple
Cerramientos con el terreno, Hz. y Vert.	---	0.90	Cumple
Cerramientos con locales no habitables, Hz. y Vert.	---	0.90	Cumple
Cerramientos con otros locales. Medianeras	---	0.90	Cumple
Suelos con el exterior	---	0.80	Cumple
Cubiertas con el exterior	0.35	0.55	Cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	5.31	3.20	No cumple
Puertas	2.00	5.70	Cumple
Particiones interiores Hz. (mismo uso)	---	1.90	Cumple
Particiones interiores Vert.(mismo uso)	---	1.40	Cumple
Particiones interiores (distinto uso)	---	1.35	Cumple
Permeabilidad Huecos	50.00	27.00	No cumple

**No Cumple U valores máximos**

En la Figura 47 se muestra el cumplimiento de HE2 (Condiciones de las instalaciones térmicas). En amarillo se muestra la demanda de ACS que es casi igual durante los doce meses, en verano la demanda de refrigeración se dispara, pero en realidad en Ecuador la

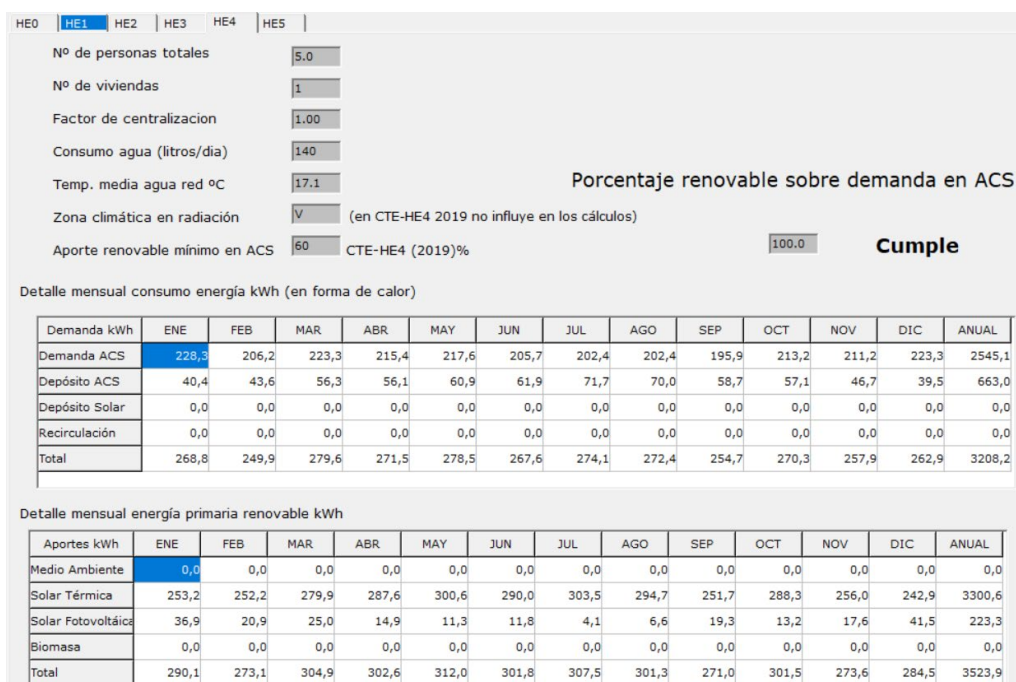
casa se mantiene fresca y no se necesita aire acondicionado. Por último, se observa que no existe demanda de refrigeración.

**Figura 47: Cumplimiento de HE2**



En la Figura 48 se muestra el cumplimiento de HE4 (Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria) siendo el aporte mínimo de 60% y el porcentaje de energía renovable sobre la demanda en ACS es de 100% por lo tanto cumple. Además, en la Figura 47 se muestra la demanda, depósito de ACS, depósito solar y el total del detalle mensual del consumo de energía. Después, se muestra el detalle mensual de energía primaria renovable en kWh.

**Figura 48: Cumplimiento de HE4**



Finalmente, en cuanto a las cuotas fijas de amortización la más baja es la de los paneles solares fotovoltaicos siendo \$291.2/Año por lo que tiene un valor de adquisición menor que la mejora A (Esto significa que es más rentable económicamente). También, se recuerda que la amortización lineal es una forma de amortizar activos mediante una serie de cuotas anuales fijas para que se refleje el gasto en las cuentas. En cuanto a la amortización lineal de la lana mineral estas cuotas tienen un valor de \$399.52/año y para las ventanas de PVC tiene un valor de \$64.568/año. La mejora A y C tardara más en amortizarse por su alto valor de adquisición.

## 10. Conclusiones

### 10.1. Resumen del problema tratado.

La casa ubicada en Cumbaya, Quito, Ecuador consume mucha energía lo que involucra una factura con un precio muy alto. La casa consume en promedio 260 kWh y paga en promedio \$60. Por lo tanto, se quiere mejorar la eficiencia de la casa para reducir lo que se paga en electricidad. Otra razón por la que se quiere mejorar la eficiencia es porque al reducir lo que se consume en electricidad también se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia energética.

### 10.2. Verificación de si se cumplen los objetivos propuestos.

Una vez realizado el análisis de eficiencia energética de la casa se procederá a verificar si los objetivos planteados en este TFM y si la hipótesis se cumple. En los siguientes párrafos se muestran los objetivos y la forma en que se logró cumplirlos.

El objetivo general de este Trabajo fin de Máster, es realizar una Auditoria Energética por medio del programa CERMA a una vivienda en Quito, Ecuador y proponer tres tipos de mejoras: una en la envolvente del edificio, otra solo instalaciones y otra que combina envolvente e instalaciones. Para cumplir con este objetivo se usó el software informático del MINETUR, CERMA para obtener la calificación energética. Además, se concluye que en las tres mejoras planteadas se logró mejorar la calificación energética por lo que se puede decir que el objetivo principal del TFM se cumple.

De la misma forma, para cumplir con el objetivo principal se plantearon los siguientes objetivos específicos y se muestra la forma en que se cumplieron:

El primer objetivo específico es: Obtener los datos requeridos para realizar la auditoria energética como los materiales con los que fue construido la edificación, el clima del lugar en el que se encuentra ubicada la instalación, entre otros datos. Para cumplir con este objetivo se obtuvo los datos requeridos para realizar la auditoria energética como los materiales con los que fue construida la edificación preguntando a la constructora, el clima del lugar en el que se encuentra ubicada la instalación, entre otros datos. Se empezó obteniendo la zona climática que resulto ser Alpha 4 pero se eligió Santa Cruz de Tenerife porque sus condiciones climáticas son similares a Quito y está en la zona climática Alpha 3.

Después, se ingresó los datos obtenidos en el programa de calificación energética para obtener una letra para cada indicador de la casa y de las mejoras.

El segundo objetivo específico es: calificar la vivienda por medio del software CERMA y obtener la calificación energética. Este objetivo se cumplió calificando la vivienda por medio del software y se obtuvo la calificación energética para la alternativa A que en el indicador de emisiones mejora de una E de 17.5 kg/m<sup>2</sup> año a una D de 10.7 kg/m<sup>2</sup> año. Para esta alternativa B se mejora la letra del edificio original de una E de 17.5 kg/m<sup>2</sup> año a una D de 10.6 kg/m<sup>2</sup> año. Por último, la alternativa C es la mejor técnicamente cambiando la letra de una E de 17.5 kg/m<sup>2</sup> a una B de 3.9 kg/m<sup>2</sup>. Esta alternativa consiste en mejorar la envolvente y añadir paneles solares fotovoltaicos.

El tercer objetivo específico es: proponer tres medidas de mejora para la calificación energética de tal manera que se mejore la eficiencia energética. Además, evaluarlas técnica y económicamente. Para este objetivo se propuso tres medidas de mejora para la calificación energética de tal manera que se mejore la eficiencia energética. Además, se las evaluó técnica y económicamente. En los siguientes párrafos se observa la descripción de cada una de las mejoras.

Para la alternativa A se propuso poner MW Lana mineral [0.05 W/[mK]] (0,080m) en los muros exteriores y el suelo y para el tejado se propuso poner MW Lana mineral [0.031 W/[mK]] (0,080m). También se propuso cambiar las ventanas de vidrio monolítico con U de  $5.7 \frac{W}{m^2K}$  y marco metálico con rotura de puente térmico  $> 12 \text{ mm}$  con U de  $3.2 \frac{W}{m^2K}$  a vidrio doble con bajo emisivo  $< 0.03$  4-20-661a  $U = 1.4 \frac{W}{m^2K}$  y cambiar el marco a PVC tres cámaras  $U = 1.8 \frac{W}{m^2K}$ . Al mejorar la envolvente en la alternativa A la transmitancia del muro exterior cambia de  $U_M = 2.23 \frac{W}{m^2K}$  pasa a  $U_M = 0.42 \frac{W}{m^2K}$ . La transmitancia del tejado pasa de  $U_c = 3.36 \frac{W}{m^2K}$  a  $U_c = 0.35 \frac{W}{m^2K}$  y la de la solera pasa de  $U_s = 2.39 \frac{W}{m^2K}$  a  $U_s = 0.5 \frac{W}{m^2K}$ . Además, se conoce que el costo de la alternativa A es de \$16 804.

Para la Alternativa B se plantea poner 6 paneles monocristalinos con una potencia pico de 2.28KWp, un inversor bifásico 220-230vac, una potencia de salida de 2.5 kva, monitoreo por wifi, cable Dc 4 mm<sup>2</sup>, conectores Mc4, sistema de anclaje, seccionador Dc, spd Tipo li Dc +

Ac. Se recuerda que el costo de la alternativa B es de \$2 280 más \$400 dólares de instalación.

La alternativa C como ya se mencionó consiste en mejorar la envolvente e instalar paneles solares fotovoltaicos (es la unión de la alternativa A y B) y tiene un costo de \$19 484.

El cuarto objetivo específico es: encontrar y analizar los sistemas de consumo, y proponer alternativas de mejora.

El quinto objetivo específico es: reducir la demanda de la vivienda para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el costo de la electricidad.

Para cumplir con estos dos últimos objetivos se encontró y analizo los sistemas de consumo, y se propuso las alternativas de mejora mencionadas anteriormente. Al no tener calefacción ni aire acondicionado se conoce que el mayor problema son los electrodomésticos y aparatos dentro de la casa. Por lo tanto, la mejor solución para bajar el consumo de la casa sería poner paneles solares fotovoltaicos. Además, es la solución más económica y la que tiene una cuota de amortización lineal más baja.

Finalmente, para el quinto objetivo se redujo la demanda de la vivienda para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el costo de la electricidad. En la parte de resultados se observan los porcentajes de mejora para cada una de las alternativas lo que explica en que porcentaje se reducen las emisiones. La alternativa más amigable con el medio ambiente es la C con un ahorro de emisiones totales del 78%. Se recuerda que la alternativa B tiene un ahorro de 39% y para la alternativa A también tiene un ahorro de 39%.

Finalmente se concluye que la hipótesis planteada se cumple después de realizar la evaluación, análisis y comparación de las propuestas de mejora elegidas. También, en el análisis técnico y económico se evidencia la viabilidad y el cumplimiento en todo momento de la legislación de eficiencia energética. Principalmente el Código Técnico de la Edificación, RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios) o RD 1027/2007, RD 235/2013 y el RD 564/2017. Igualmente se demuestra como mejora la calificación energética y la casa comienza a consumir de manera correcta la energía primaria y se reduce la generación de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono.

### 10.3. Limitaciones y trabajos a futuro.

La mayor limitación de este TFM es que la edificación se encuentra fuera de España y las condiciones climáticas de Ecuador son completamente diferentes como se observó en el cálculo de la zona climática que el resultado fue Alpha 4 y no existe. En Ecuador no se necesita ni aire acondicionado ni calefacción, pero el software (CERMA) analiza la demanda de aire acondicionado también por lo que se recomendaría crear un software para Latino América y si es posible para Ecuador. Claro al ser más pequeño, Ecuador tendría menos zonas climáticas.

En cuanto a los paneles solares fotovoltaicos como se observa aumenta mucho la eficiencia de la casa y conociendo que en el condominio son 48 casas de las cuales 43 son idénticas y tiene suficiente espacio en sus techos para paneles. Habría que analizar qué pasaría al poner paneles en las 48 casas y como beneficia esto al medio ambiente y a disminuir la dependencia energética del país.

Si se llega a un acuerdo en las 48 viviendas, se podría ver reducido el coste de inversión, por el volumen de compra. Se podría acordar un mejor precio con el vendedor porque se compran más paneles. Pues se conoce que la empresa tiene una mayor ganancia al vender más unidades que solo un solo panel y al producir a gran escala estaría bajando sus costos de fabricación (Ramírez et al., 2008, p.2).

## Referencias bibliográficas

*Amortización contable lineal—Definición, qué es y concepto.* (s. f.). Economipedia. Recuperado 20 de enero de 2022, de <https://economipedia.com/definiciones/amortizacion-contable-lineal.html>

ARCONEL. (2020). Balance Nacional de Energía Eléctrica – ARCONEL [Gubernamental]. ARCONEL. <https://www.regulacioneolica.gob.ec/balance-nacional/>

Blog solar. (s. f.). *¿Qué vida útil tiene un panel solar?* Recuperado 20 de enero de 2022, de <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/vida-util-de-los-paneles-solares>

*Cálculo de la amortización: Métodos y ejemplos.* (s. f.). IONOS Startupguide. Recuperado 20 de enero de 2022, de <https://www.ionos.es/startupguide/gestion/calculo-de-la-amortizacion/>

Clima de Quito. (s. f.). *Hotel Carlota.* Recuperado 4 de noviembre de 2021, de <https://www.carlota.ec/quito-weather/>

CMNUCC. (s. f.). *¿Qué es el Acuerdo de París? | CMNUCC.* Recuperado 21 de agosto de 2021, de <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>

Código Técnico de la Edificación. (2017). *Documento Básico. Ahorro de Energía (CTE-DB-HE).*  
Madrid: Ministerio de Fomento.  
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DcCHE.pdf>

Código Técnico de la Edificación. (2019). *Documento Básico. Ahorro de Energía (CTE-DB-HE).*  
Madrid: Ministerio de Fomento.



Comisión Europea. (2016, noviembre 23). *Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020* [Text]. Acción Por El Clima - European Commission.

[https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_es)

CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA. (2007). *CONSEJO EUROPEO DE BRUSELAS 8 Y 9 DE MARZO DE 2007*. [https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/es/ec/93146.pdf](https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/es/ec/93146.pdf)

CTE. (2010). *Código técnico de la edificación. Catálogo de elementos constructivos del cte*. Ministerio de vivienda y consejo superior de investigaciones Científicas. [https://muralit.es/wp-content/uploads/2018/07/6\\_Cat%C3%A1logo-de-elementos-constructivos-cte-1.pdf](https://muralit.es/wp-content/uploads/2018/07/6_Cat%C3%A1logo-de-elementos-constructivos-cte-1.pdf)

Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. (2010). *relativa a la eficiencia energética de los edificios*. Diario Oficial de la Unión Europea, L153, 18 de junio de 2010.

Directiva 2012/27/UE del parlamento europeo y del consejo. (2012). *Relativa a la eficiencia energética*, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE, L 315/1,4 de enero de 2003.

Diulio, M. de la P., Netto, G. R., Berardi, R., & Czajkowski, J. D. (2016). Impacto de la envolvente en la demanda de energía en calefacción residencial de la región metropolitana de La Plata, tomando como caso testigo el reciclado energético de una vivienda. *Ambiente Construído*, 16, 55–70. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000100060>

Doc-DB-HE-0. (2017). *Documento descriptivo climas de referencia*. Ministerio de Fomento Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo.

EKOS. (s. f.). *Ecuador tiene tarifas eléctricas más económicas que Colombia y Perú*. Ekos Negocios.

Recuperado 20 de enero de 2022, de <https://www.ekosnegocios.com/articulo/ecuador-tiene-tarifas-electricas-mas-economicas-que-colombia-y-peru>

*El clima en Quito, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador)—Weather Spark*. (s. f.).

Recuperado 21 de octubre de 2021, de <https://es.weatherspark.com/y/20030/Clima-promedio-en-Quito-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

El comercio. (2020, septiembre 25). *¿Qué pasará con los precios de los derivados en el Ecuador?* -

*El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/decreto-subsidio-gas-domestico-combustibles.html>

Empresa Eléctrica Quito. (s. f.). *Interpretación de la factura del servicio eléctrico—Empresa*

*Eléctrica Quito*. Recuperado 8 de diciembre de 2021, de <http://www.eeq.com.ec:8080/servicios/servicios-adicionales/interpreta-tu-factura>

Ener-g-solar. (2021). *Precio de paneles solares*. Energysource.

Factura electrica. (2021). *Empresa electrica Quito S.A.E.E.Q.*

Factura electrica de noviembre. (2021). *Empresa eléctrica Quito*.

Fane, S. (2013). *Wastewater reuse | YourHome*. yourhome.

<https://www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse>

García, A. (2016, septiembre). *Energy for a sustainable post-carbon society—ProQuest*.

<https://bv.unir.net:2210/materialscienceengineering/docview/1927150527/fulltextPDF/6552CE425E844240PQ/1?accountid=142712>

Giagnorio, M., Ricceri, F., Tagliabue, M., Zaninetta, L., & Tiraferri, A. (2019). Hybrid Forward Osmosis–Nanofiltration for Wastewater Reuse: System Design. *Membranes*, 9(5), 61.

<https://doi.org/10.3390/membranes9050061>

Google Maps. (2021). *Localizacion*. Fotografía del inmueble en estudio.

[https://www.google.com/maps/place/Port%C3%B3n+de+Cumbaya/@-0.196934,-](https://www.google.com/maps/place/Port%C3%B3n+de+Cumbaya/@-0.196934,-78.4364114,17z/data=!4m5!3m4!1s0x91d5913c57cc6739:0xe36e7fb197965052!8m2!3d-0.1994613!4d-78.4330959)

[78.4364114,17z/data=!4m5!3m4!1s0x91d5913c57cc6739:0xe36e7fb197965052!8m2!3d-](https://www.google.com/maps/place/Port%C3%B3n+de+Cumbaya/@-0.196934,-78.4364114,17z/data=!4m5!3m4!1s0x91d5913c57cc6739:0xe36e7fb197965052!8m2!3d-0.1994613!4d-78.4330959)

[0.1994613!4d-78.4330959](https://www.google.com/maps/place/Port%C3%B3n+de+Cumbaya/@-0.196934,-78.4364114,17z/data=!4m5!3m4!1s0x91d5913c57cc6739:0xe36e7fb197965052!8m2!3d-0.1994613!4d-78.4330959)

Guillén, V., Quesada, F., López, M., Orellana, D., & Serrano, A. (2014, octubre 25). *Eficiencia energética en edificaciones residenciales—Materials Science & Engineering Collection—ProQuest*.

[https://bv.unir.net:2210/materialscienceengineering/docview/2101869250/621583DFDB34](https://bv.unir.net:2210/materialscienceengineering/docview/2101869250/621583DFDB34593PQ/6?accountid=142712)

[593PQ/6?accountid=142712](https://bv.unir.net:2210/materialscienceengineering/docview/2101869250/621583DFDB34593PQ/6?accountid=142712)

IDAE. (2009). *Escala de calificación energética para edificios de nueva construcción*. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. [instituto para la diversificación y ahorro de la energía](http://www.idae.es/instituto-para-la-diversificacion-y-ahorro-de-la-energia)

IDAE. (2010). *“Guía Práctica de la Energía. Consumo Eficiente y Responsable”*. IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción (2010). *Catálogo de elementos constructivos*. Madrid: IDAE. Recuperado de:

[http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/aplicaciones/nCatalog\\_infoEConstr/CAT-EC-v06.3\\_marzo\\_10.pdf](http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/aplicaciones/nCatalog_infoEConstr/CAT-EC-v06.3_marzo_10.pdf)

IPCC. (2019). *Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C*.

Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático.

<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5->

[SPM\\_es.pdf](#)

Lleopard, O. (2021, julio 15). Arquitectura Solar Pasiva: Invernaderos y Muros trombe. *Engineers & Architects*. <https://www.e-zigurat.com/blog/es/arquitectura-solar-pasiva-invernaderos-muros-trombe-muros-parietodinamicos/>

Marketing, M. S. C. C., Br, Management, s C. P., & email, M. +49 6331 56-1804 F. +49 6331 56-1515 S. an. (s. f.). *KÖMMERLING on the shirt until 2024 | KÖMMERLING*. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de <https://www.koemmerling.com/en/news-and-media/press/news/koemmerling-on-the-shirt-until-2024/>

Ministerio de transporte. (2020). *Actualización 2020 de la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en españa*. Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/es\\_ltrs\\_2020.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/es_ltrs_2020.pdf)

Moriarty, P., & Honnery, D. (2019). *Energy Efficiency or Conservation for Mitigating Climate Change?* Energies MDPI.

Naciones Unidas. (1992). *CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO*. Naciones Unidas. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

NASA. (2021). *NASA POWER Data Access Viewer*. NASA POWER Data Access Viewer. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

*Permeabilidad al aire de puertas y ventanas en la certificación energética con el nuevo HE 2019*. (s. f.). Recuperado 26 de noviembre de 2021, de

<https://www.certificadosenergeticos.com/permeabilidad-al-aire-de-puertas-y-ventanas-en-la-certificacion-energetica>

Products | KÖMMERLING. (s. f.). Recuperado 28 de noviembre de 2021, de <https://www.koemmerling.com/en/products/>

Quito climate: Average Temperature, weather by month, Quito weather averages—Climate-Data.org. (s. f.). Recuperado 21 de octubre de 2021, de <https://en.climate-data.org/south-america/ecuador/provincia-de-pichincha/quito-1012/>

Ramírez, N., Mungaray, A., Ramírez, M., y Taxis, M. Economías de escala y rendimientos crecientes: Una aplicación en microempresas mexicanas. *Economía mexicana. Nueva época*, 19(2), 213-230. Recuperado desde [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-20452010000200001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-20452010000200001&lng=es&tlng=es).

Real Decreto 56/2016 de 12 de febrero. (2016). Por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 38, de sábado 13 de febrero de 2016, páginas 11655 a 11681.

Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero. (2016) por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 38, sábado 13 de febrero de 2016.

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril. (2013) por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. *Boletín Oficial del Estado*, 89, 13 de abril de 2013, páginas 27548 a 27562.

Real Decreto 238/2013. (2013) de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. *BOE. núm. 89, de 13 de abril de 2013*, páginas 27563 a 27593 (31 págs.).

Real Decreto 314/2006. (2006). *de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, núm. 74, Martes 28 marzo de 2006.*

Real Decreto 390/2021, de 1 de junio. (2021), por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. *Boletín Oficial del Estado, núm. 131, miércoles 2 de junio de 2021.*

Real Decreto 564/2017, de 2 de junio. (2017), por el que se modifica el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. *Boletín Oficial del Estado, núm. 134, martes 6 de junio de 2017, páginas 11655 a 11681.*

Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre. (2019). Por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. *Boletín Oficial del Estado, núm. 311, de 27 de diciembre de 2019, páginas 140488 a 140674.*

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. (2007). Por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. *Boletín Oficial del Estado, núm. 207, Miércoles 29 agosto 2007, páginas 35931 a 35984.*

REHAU. (s. f.). *Cuánto tiempo duran las ventanas de PVC - REHAU*. Recuperado 21 de enero de 2022, de <https://www.rehau.com/es-es/cuanto-tiempo-duran-ventanas-pvc>

RITE. (2007). *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Ministerio de la Industria, Turismo y Comercio. Ministerio de la Vivienda*. <http://www.madrid.org/bdccm/normativa/PDF/Instalaciones/Instalaciones%20termicas/Normas%20Tratadas/ESRd10272007.pdf>

ROCKWOOL. (2021). *Precios recomendados para productos y sistemas de aislamiento de lana de roca ROCKWOOL*. [https://p-cdn.rockwool.com/siteassets/rw-es/herramientas/biblioteca-de-documentos/tarifas/tarifa-rockwool\\_mayo\\_2021\\_es.pdf?f=20210601163737](https://p-cdn.rockwool.com/siteassets/rw-es/herramientas/biblioteca-de-documentos/tarifas/tarifa-rockwool_mayo_2021_es.pdf?f=20210601163737)

SA, E. (2019, noviembre 14). *Beneficios Económicos Y Tributarios De La Energía Solar En Ecuador*. Enercity S.A. <https://enercitysa.com/blog/beneficios-economicos-y-tributarios-de-la-energia-solar-en-ecuador/>

Sandoval, C. (2020, octubre 10). *Explosión en Cumbayá deja heridos y daños en viviendas y en vehículos*. El Comercio. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/explosion-parque-cumbaya-tanque-gas.html>

Schonfeld, & Martin. (2013, noviembre 5). *Climate change and renewable energy: Kristin Shrader-Frechette: What will work: Fighting climate change with renewable energy, not nuclear power. New York & Oxford: Oxford University Press, 2011, 350pp, £27.50 HB - Materials Science & Engineering Collection - ProQuest*. <https://bv.unir.net:2210/materialscienceengineering/docview/1531570261/fulltextPDF/BBE3334210A44E77PQ/10?accountid=142712>

Schwarzopt, T. (2011). *Plano de la casa tipo B para el conjunto Portón de Cumbaya*. Constructora Schwarzopt.

United Nations Climate Change. (s. f.). *¿Qué es el Protocolo de Kyoto? | CMNUCC*. Recuperado 4 de octubre de 2021, de [https://unfccc.int/es/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/es/kyoto_protocol)

*Ventajas y diferencias entre la lana de vidrio y la lana mineral*. (s. f.). Recuperado 20 de enero de 2022, de [https://cir62.com/blog/35\\_lana-de-vidrio-lana-mineral-ventajas-y-aplicaciones](https://cir62.com/blog/35_lana-de-vidrio-lana-mineral-ventajas-y-aplicaciones)



## Bibliografía

Asociación Española de Normalización y Certificación (2011). Puentes térmicos en la edificación.

Transmitancia térmica lineal. Método simplificado y valores por defecto. UNE ISO 14683/2011. Madrid: AENOR.

Asociación Española de Normalización y Certificación (2011). Materiales y productos para la

edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño. UNE EN ISO 10456/2012.

Madrid: AENOR.

Código Técnico de la Edificación (2013). Documento de Apoyo al Documento Básico Ahorro de

energía. Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos (DA-DB-HE2). Madrid: Ministerio de Fomento. Recuperado de:

[http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-2 -  
\\_Condensaciones.pdf](http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-2_-_Condensaciones.pdf)

Código Técnico de la Edificación (2020). Documento de Apoyo al Documento Básico Ahorro de

energía. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente (DA-DB-HE1). Madrid: Ministerio de Fomento. Recuperado de:

<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>

Código Técnico de la Edificación (2014). Documento de Apoyo al Documento Básico Ahorro de

energía. Puentes térmicos (DA-DB-HE3). Madrid: Ministerio de Fomento. Recuperado de:

[http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-  
3 Puentes termicos.pdf](http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-3_Puentes_termicos.pdf)

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) (2010). Guía Técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto. Madrid: IDAE. Recuperado de: [http://idae.electura.es/publicacion/360/gu%EF%BF%BDa\\_t%EF%BF%BDcnica\\_condiciones\\_clim%EF%BF%BDticas\\_exteriores\\_proyecto](http://idae.electura.es/publicacion/360/gu%EF%BF%BDa_t%EF%BF%BDcnica_condiciones_clim%EF%BF%BDticas_exteriores_proyecto)

## ANEXO A.

En este anexo se muestran las temperaturas para invierno según la NASA.

**Tabla 34: Temperaturas de octubre de 2020.**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2020	10	1	10.33	7.29	8.81	11.62	9.15	15.34	6.19
2020	10	2	10.70	6.72	8.71	12.15	13.24	17.05	3.80
2020	10	3	10.36	7.74	9.05	11.51	8.28	15.15	6.87
2020	10	4	9.95	7.40	8.67	11.00	7.38	14.23	6.85
2020	10	5	9.89	6.69	8.30	11.26	8.62	15.01	6.38
2020	10	6	9.84	6.79	8.32	11.01	9.77	14.71	4.94
2020	10	7	10.31	6.13	8.23	11.87	10.22	16.12	5.90
2020	10	8	9.32	6.57	7.94	10.39	8.23	14.33	6.10
2020	10	9	10.22	6.31	8.26	11.38	10.09	15.40	5.31
2020	10	10	10.52	4.94	7.73	11.77	10.34	16.51	6.17
2020	10	11	10.45	7.52	8.98	11.48	7.71	15.12	7.41
2020	10	12	10.56	7.84	9.20	11.57	9.01	15.65	6.63
2020	10	13	10.26	6.97	8.62	11.58	8.31	14.93	6.62
2020	10	14	10.58	7.62	9.09	11.89	10.09	15.86	5.76
2020	10	15	11.01	8.50	9.76	12.05	9.41	15.96	6.55
2020	10	16	11.76	9.07	10.42	12.90	6.74	15.61	8.87
2020	10	17	11.82	8.88	10.35	13.12	8.26	16.58	8.33
2020	10	18	11.32	8.75	10.04	12.55	9.87	16.70	6.83
2020	10	19	11.19	8.90	10.05	12.13	8.52	16.33	7.82
2020	10	20	11.99	8.98	10.48	13.34	10.27	17.94	7.67
2020	10	21	10.75	8.40	9.58	11.46	6.07	14.40	8.33
2020	10	22	10.63	7.74	9.19	11.77	8.12	15.28	7.17
2020	10	23	10.92	7.37	9.15	12.22	8.76	16.09	7.33
2020	10	24	11.32	8.51	9.91	12.62	9.69	17.03	7.34
2020	10	25	11.80	8.60	10.19	12.73	9.51	17.57	8.06
2020	10	26	12.23	9.55	10.89	13.13	7.42	16.96	9.54
2020	10	27	11.31	9.76	10.54	11.51	7.98	15.35	7.37
2020	10	28	10.63	8.58	9.60	11.62	10.05	17.27	7.22
2020	10	29	11.39	8.77	10.08	12.55	11.04	17.51	6.47
2020	10	30	11.24	8.16	9.70	12.20	8.91	16.63	7.73
2020	10	31	11.72	8.25	9.98	13.10	8.59	16.74	8.15

Fuente: (NASA, 2021)

**Tabla 35: Temperaturas de noviembre de 2020.**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2020	11	1	11.80	8.80	10.30	13.24	9.34	17.52	8.18
2020	11	2	11.81	7.37	9.59	13.27	12.61	18.51	5.90
2020	11	3	10.66	1.09	5.88	10.85	16.09	19.44	3.34
2020	11	4	11.48	2.54	7.01	11.44	12.95	18.65	5.70
2020	11	5	11.87	8.61	10.24	13.19	9.23	17.70	8.47
2020	11	6	11.61	8.24	9.92	12.89	8.72	16.75	8.04
2020	11	7	11.05	7.47	9.26	12.37	8.91	16.48	7.57
2020	11	8	9.79	6.61	8.19	10.62	9.16	14.21	5.05
2020	11	9	10.71	7.82	9.26	11.43	8.44	15.44	7.01
2020	11	10	11.29	8.98	10.13	12.17	7.84	16.05	8.21
2020	11	11	10.40	8.46	9.44	10.87	5.88	13.76	7.89
2020	11	12	10.01	7.40	8.71	11.13	9.74	15.52	5.78
2020	11	13	10.62	8.36	9.49	11.51	7.02	15.11	8.08
2020	11	14	10.20	7.79	8.99	11.37	8.98	15.54	6.55
2020	11	15	9.60	7.05	8.33	10.78	9.91	14.89	4.98
2020	11	16	10.10	8.40	9.25	10.65	7.00	14.00	6.99
2020	11	17	11.06	8.77	9.92	11.80	7.91	15.73	7.80
2020	11	18	10.72	8.55	9.64	11.66	7.52	15.23	7.71
2020	11	19	10.15	8.76	9.46	10.67	5.15	13.19	8.05
2020	11	20	9.55	7.87	8.72	10.15	7.81	13.41	5.60
2020	11	21	10.55	7.62	9.08	11.87	11.27	16.70	5.43
2020	11	22	11.59	9.37	10.48	12.37	8.60	16.48	7.88
2020	11	23	10.85	8.27	9.56	11.67	8.31	15.83	7.51
2020	11	24	11.05	8.20	9.62	12.12	10.38	16.72	6.34
2020	11	25	12.03	9.00	10.51	13.10	10.45	17.68	7.23
2020	11	26	10.49	8.12	9.30	11.05	8.77	15.95	7.18
2020	11	27	10.07	7.24	8.65	11.27	8.94	15.42	6.48
2020	11	28	11.08	8.60	9.83	12.08	8.95	16.57	7.62
2020	11	29	10.10	7.58	8.84	10.69	9.07	15.06	6.00
2020	11	30	10.72	8.31	9.51	11.62	9.61	15.96	6.35

Fuente: (NASA, 2021)

**Tabla 36: Temperaturas de diciembre de 2020.**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2020	12	1	11.37	8.81	10.09	12.46	9.09	16.47	7.39
2020	12	2	11.33	9.15	10.24	12.41	8.09	16.10	8.01
2020	12	3	11.14	8.97	10.05	11.91	6.78	15.44	8.65
2020	12	4	11.14	7.97	9.55	12.14	9.95	16.81	6.87
2020	12	5	10.54	8.69	9.62	11.12	7.43	14.90	7.48
2020	12	6	10.56	8.33	9.44	11.45	8.94	15.93	7.00
2020	12	7	10.87	8.51	9.69	11.78	10.52	16.57	6.05
2020	12	8	10.37	8.57	9.48	10.87	7.09	14.80	7.70
2020	12	9	10.83	7.98	9.40	11.52	9.03	15.98	6.95
2020	12	10	11.23	8.74	9.98	12.04	8.83	16.30	7.46
2020	12	11	10.33	7.81	9.07	10.39	5.73	13.62	7.89
2020	12	12	10.55	7.32	8.94	11.30	11.66	16.71	5.05
2020	12	13	10.57	8.96	9.76	11.10	7.83	14.87	7.04
2020	12	14	10.47	8.69	9.58	10.69	7.08	14.17	7.09
2020	12	15	10.33	8.44	9.38	10.96	7.20	14.92	7.71
2020	12	16	10.59	8.19	9.39	11.51	10.05	16.21	6.16
2020	12	17	10.65	8.67	9.66	11.27	8.34	15.36	7.02
2020	12	18	11.05	8.76	9.90	11.94	7.83	15.86	8.03
2020	12	19	10.50	8.51	9.50	10.95	5.88	13.73	7.86
2020	12	20	10.58	8.27	9.43	11.47	10.97	16.17	5.20
2020	12	21	11.20	8.58	9.90	12.16	9.45	16.60	7.15
2020	12	22	10.50	8.44	9.48	11.09	7.08	14.44	7.37
2020	12	23	11.15	9.07	10.11	11.77	6.55	15.03	8.48
2020	12	24	10.97	8.69	9.83	11.65	8.87	16.33	7.46
2020	12	25	10.97	8.29	9.63	12.20	10.94	17.26	6.32
2020	12	26	9.92	8.19	9.05	10.68	7.23	14.26	7.05
2020	12	27	10.58	7.76	9.17	11.96	9.69	16.20	6.51
2020	12	28	9.67	8.08	8.87	10.40	6.12	13.02	6.90
2020	12	29	10.30	8.31	9.30	10.99	6.48	13.96	7.48
2020	12	30	11.01	8.52	9.76	12.06	8.09	16.04	7.95
2020	12	31	10.55	8.96	9.75	11.18	6.27	14.29	8.02

Fuente: (NASA, 2021)

**Tabla 37: Temperatura de enero de 2021.**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2021	1	1	9.77	7.85	8.81	10.38	7.52	14.21	6.69
2021	1	2	10.54	8.75	9.64	11.08	7.84	14.86	7.01
2021	1	3	11.24	8.94	10.09	12.27	8.70	16.44	7.74
2021	1	4	10.96	9.22	10.08	11.83	6.71	15.04	8.33
2021	1	5	9.93	8.62	9.28	10.49	5.30	13.19	7.88
2021	1	6	10.73	8.58	9.65	11.87	8.04	15.84	7.81
2021	1	7	9.15	7.30	8.23	9.76	6.70	12.59	5.89
2021	1	8	9.69	7.72	8.71	10.57	7.80	14.51	6.71
2021	1	9	9.85	7.80	8.82	10.49	7.97	14.65	6.68
2021	1	10	9.60	7.44	8.52	10.19	8.78	14.79	6.01
2021	1	11	9.94	7.84	8.90	10.67	9.73	15.47	5.74
2021	1	12	9.81	7.70	8.76	10.40	8.61	14.54	5.93
2021	1	13	10.58	8.56	9.57	11.22	8.70	15.60	6.90
2021	1	14	10.68	8.74	9.71	11.29	8.73	15.25	6.51
2021	1	15	10.59	8.87	9.73	11.08	7.09	14.55	7.46
2021	1	16	10.51	8.36	9.44	10.90	6.06	14.06	8.00
2021	1	17	10.84	8.79	9.82	11.23	8.16	15.86	7.69
2021	1	18	10.69	8.55	9.62	11.17	8.77	15.72	6.94
2021	1	19	10.06	7.44	8.75	10.95	9.96	15.55	5.58
2021	1	20	10.28	7.19	8.74	11.19	9.02	15.66	6.65
2021	1	21	8.61	6.65	7.63	8.76	6.61	12.15	5.54
2021	1	22	9.34	7.64	8.49	9.76	7.74	13.62	5.87
2021	1	23	9.92	7.96	8.94	10.44	7.70	14.31	6.62
2021	1	24	10.15	8.00	9.08	10.76	8.99	15.40	6.41
2021	1	25	10.76	8.71	9.73	11.58	8.54	15.52	6.98
2021	1	26	10.83	8.89	9.86	11.65	8.55	15.68	7.12
2021	1	27	10.31	8.55	9.43	10.76	7.53	14.46	6.93
2021	1	28	11.34	9.22	10.28	12.22	9.25	16.50	7.25
2021	1	29	12.00	9.67	10.83	13.01	7.98	16.87	8.90
2021	1	30	9.91	6.40	8.15	10.90	10.23	15.50	5.27
2021	1	31	9.58	7.09	8.33	10.34	13.04	15.68	2.63

Fuente: (NASA, 2021)

**Tabla 38: Temperaturas de febrero de 2021**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2021	2	1	11.56	9.08	10.33	12.58	8.28	16.31	8.03
2021	2	2	10.78	8.58	9.68	11.44	8.44	15.76	7.33
2021	2	3	10.37	8.75	9.55	10.62	7.09	14.22	7.12
2021	2	4	10.40	8.81	9.61	10.90	7.65	14.52	6.87
2021	2	5	10.69	8.30	9.50	11.48	8.67	15.40	6.73
2021	2	6	10.87	8.78	9.82	11.50	8.51	15.94	7.43
2021	2	7	11.16	8.83	10.00	11.83	11.15	16.82	5.68
2021	2	8	11.74	10.01	10.87	12.17	7.62	16.11	8.49
2021	2	9	10.61	8.48	9.55	11.31	7.30	15.38	8.08
2021	2	10	11.63	9.65	10.64	12.56	8.73	16.80	8.06
2021	2	11	12.08	10.17	11.12	12.96	6.77	15.93	9.15
2021	2	12	12.43	10.30	11.36	13.34	7.77	17.17	9.40
2021	2	13	12.22	9.66	10.94	13.34	9.26	17.50	8.24
2021	2	14	11.18	8.91	10.05	12.12	10.81	17.08	6.26
2021	2	15	10.48	8.65	9.57	11.29	8.23	14.11	5.88
2021	2	16	11.09	8.89	9.99	12.01	7.77	15.62	7.84
2021	2	17	10.92	9.05	9.98	12.00	6.55	14.60	8.06
2021	2	18	10.74	8.51	9.62	12.19	8.68	15.68	7.00
2021	2	19	10.63	8.38	9.51	12.00	9.56	15.80	6.23
2021	2	20	10.85	8.42	9.64	12.08	9.69	16.43	6.74
2021	2	21	10.64	8.05	9.34	12.08	10.22	16.97	6.74
2021	2	22	8.80	7.33	8.07	9.48	6.73	12.07	5.33
2021	2	23	9.89	8.27	9.08	10.22	5.19	12.56	7.37
2021	2	24	10.58	8.73	9.65	11.15	7.47	14.89	7.42
2021	2	25	10.04	8.57	9.30	10.36	5.56	13.33	7.76
2021	2	26	10.58	9.14	9.86	10.98	7.68	14.43	6.75
2021	2	27	10.95	9.39	10.17	11.48	7.41	15.37	7.96
2021	2	28	10.67	9.00	9.83	11.26	6.73	14.49	7.75

Fuente: (NASA, 2021)

**Tabla 39: Temperatura de marzo de 2021.**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2021	3	1	10.66	8.94	9.80	11.25	5.89	14.33	8.44
2021	3	2	10.20	8.53	9.37	10.78	5.06	13.35	8.29
2021	3	3	10.45	8.12	9.29	11.89	8.46	15.08	6.62
2021	3	4	9.87	7.65	8.76	10.94	8.80	14.74	5.94
2021	3	5	9.85	7.69	8.76	10.90	9.20	15.18	5.98
2021	3	6	10.73	8.33	9.53	11.78	10.15	16.22	6.07
2021	3	7	10.88	8.84	9.87	11.76	9.27	16.02	6.76
2021	3	8	10.05	8.23	9.14	10.55	6.00	13.10	7.10
2021	3	9	10.34	8.25	9.30	11.17	6.79	14.51	7.72
2021	3	10	9.69	7.32	8.50	10.76	8.59	14.57	5.98
2021	3	11	9.44	7.67	8.56	10.26	7.01	13.61	6.60
2021	3	12	9.65	7.52	8.59	10.98	10.33	15.42	5.09
2021	3	13	9.72	7.81	8.76	10.76	8.22	14.80	6.58
2021	3	14	10.19	7.58	8.88	11.70	9.65	16.18	6.53
2021	3	15	9.14	7.28	8.21	9.86	5.59	12.46	6.87
2021	3	16	9.24	7.50	8.37	9.85	6.05	12.74	6.69
2021	3	17	10.32	7.87	9.09	10.86	9.42	15.28	5.86
2021	3	18	9.65	8.32	8.98	9.95	3.74	11.82	8.07
2021	3	19	10.44	8.50	9.47	11.10	6.65	14.44	7.79
2021	3	20	9.62	7.64	8.63	10.44	7.59	13.69	6.09
2021	3	21	11.04	8.05	9.54	12.19	9.05	16.58	7.54
2021	3	22	9.86	8.13	8.99	10.74	5.07	13.11	8.04
2021	3	23	10.63	8.33	9.48	11.76	8.60	15.46	6.87
2021	3	24	10.15	8.80	9.48	10.51	5.84	13.22	7.37
2021	3	25	10.33	8.41	9.37	10.65	6.93	14.37	7.44
2021	3	26	10.88	8.73	9.80	11.77	9.15	15.75	6.60
2021	3	27	10.83	9.09	9.96	11.63	6.74	14.94	8.21
2021	3	28	10.55	8.32	9.43	11.56	9.75	15.76	6.00
2021	3	29	9.87	7.96	8.91	10.63	8.74	14.84	6.10
2021	3	30	8.62	6.87	7.75	9.23	7.48	12.86	5.37
2021	3	31	10.04	8.19	9.12	10.78	9.17	15.21	6.04

Fuente: (NASA, 2021)

**Tabla 40: Temperatura de abril de 2021**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2021	4	1	10.25	8.30	9.27	10.90	10.70	15.93	5.23
2021	4	2	11.07	9.18	10.12	12.00	10.55	16.75	6.20
2021	4	3	10.98	9.13	10.05	11.80	8.19	15.88	7.69
2021	4	4	9.58	7.82	8.70	10.09	6.55	13.22	6.65
2021	4	5	10.15	7.82	8.98	11.07	10.20	15.88	5.68
2021	4	6	9.73	7.75	8.74	10.47	9.74	14.94	5.20
2021	4	7	9.98	8.26	9.12	10.77	7.75	14.57	6.83
2021	4	8	10.15	8.23	9.19	10.90	9.13	15.38	6.25
2021	4	9	10.73	8.87	9.80	11.57	9.91	16.40	6.50
2021	4	10	10.54	8.70	9.62	11.26	7.50	15.19	7.69
2021	4	11	10.15	8.28	9.22	10.68	8.27	14.51	6.24
2021	4	12	9.80	8.16	8.98	10.43	7.23	13.75	6.51
2021	4	13	10.12	8.36	9.24	10.73	7.27	14.40	7.13
2021	4	14	10.39	8.71	9.55	11.15	9.25	15.68	6.43
2021	4	15	9.87	8.24	9.05	10.47	7.63	14.23	6.60
2021	4	16	10.23	8.56	9.39	10.81	8.45	14.69	6.24
2021	4	17	10.12	8.58	9.35	10.39	6.62	14.30	7.69
2021	4	18	10.28	8.62	9.45	10.72	7.49	14.02	6.53
2021	4	19	10.35	8.85	9.60	10.88	6.16	13.74	7.58
2021	4	20	9.92	8.00	8.96	10.55	9.05	15.01	5.95
2021	4	21	10.19	8.06	9.12	10.89	10.64	15.83	5.19
2021	4	22	11.09	8.85	9.97	12.06	10.14	16.60	6.46
2021	4	23	10.78	9.09	9.94	11.47	9.27	15.73	6.47
2021	4	24	10.60	8.76	9.68	11.19	8.48	15.60	7.12
2021	4	25	11.05	9.15	10.11	11.80	9.40	16.24	6.84
2021	4	26	10.88	9.49	10.19	11.19	5.53	14.19	8.65
2021	4	27	10.45	9.03	9.74	10.75	5.20	13.49	8.29
2021	4	28	10.67	8.95	9.81	11.55	7.88	15.23	7.35
2021	4	29	10.37	8.72	9.55	10.90	7.49	14.97	7.48
2021	4	30	9.01	7.67	8.33	9.51	4.52	11.77	7.26

Fuente: (NASA, 2021)

**Tabla 41: Temperaturas de mayo de 2021.**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2021	5	1	9.98	8.18	9.08	10.55	6.73	14.22	7.49
2021	5	2	10.20	8.51	9.36	10.90	4.85	12.92	8.07
2021	5	3	9.12	7.10	8.11	10.05	7.16	13.69	6.53
2021	5	4	10.83	7.62	9.23	12.19	11.45	16.98	5.53
2021	5	5	11.03	9.15	10.08	11.67	6.70	14.99	8.30
2021	5	6	10.53	8.87	9.70	11.14	7.09	14.79	7.70
2021	5	7	10.33	8.48	9.40	11.23	7.96	14.94	6.98
2021	5	8	9.74	8.08	8.91	10.44	7.85	13.94	6.08
2021	5	9	9.95	8.19	9.08	10.75	7.22	14.15	6.94
2021	5	10	9.51	7.84	8.68	10.20	7.08	13.51	6.42
2021	5	11	8.50	6.87	7.69	9.19	5.74	12.01	6.26
2021	5	12	9.34	7.50	8.42	10.12	8.19	14.02	5.83
2021	5	13	9.58	7.82	8.69	10.38	9.65	14.54	4.89
2021	5	14	9.94	8.51	9.23	10.43	9.22	14.80	5.58
2021	5	15	9.90	8.59	9.25	10.22	6.78	13.56	6.78
2021	5	16	9.87	8.30	9.08	10.36	7.13	13.98	6.83
2021	5	17	9.94	8.24	9.09	10.58	8.36	14.54	6.19
2021	5	18	9.86	7.80	8.83	10.69	8.73	14.83	6.10
2021	5	19	9.83	7.78	8.80	10.68	9.86	15.06	5.20
2021	5	20	10.15	8.09	9.12	10.96	9.44	14.97	5.53
2021	5	21	10.61	8.65	9.63	11.29	11.02	16.50	5.48
2021	5	22	10.38	8.58	9.48	11.01	7.47	14.70	7.23
2021	5	23	9.55	7.64	8.59	10.28	6.24	13.25	7.01
2021	5	24	9.12	7.61	8.36	9.73	5.24	12.29	7.05
2021	5	25	10.49	8.87	9.68	11.09	6.66	14.07	7.40
2021	5	26	10.15	8.72	9.44	10.64	5.92	13.47	7.54
2021	5	27	9.83	8.10	8.97	10.45	8.49	14.55	6.06
2021	5	28	10.75	8.01	9.38	11.55	11.53	16.04	4.50
2021	5	29	11.37	9.55	10.46	11.84	7.67	15.65	7.97
2021	5	30	10.26	8.52	9.39	10.62	5.86	13.12	7.26
2021	5	31	9.33	7.56	8.44	9.75	7.16	13.63	6.47

Fuente: (NASA, 2021)

En este anexo se muestran las temperaturas para verano según la NASA.

**Tabla 42: Temperatura de junio de 2021.**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MMWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2021	6	1	10.15	8.02	9.08	10.98	8.87	15.13	6.26
2021	6	2	10.98	8.78	9.88	11.84	8.41	15.61	7.19
2021	6	3	9.20	7.48	8.33	9.69	7.49	13.17	5.68
2021	6	4	8.88	6.97	7.92	9.68	8.27	13.57	5.30
2021	6	5	9.48	7.44	8.46	10.00	9.95	14.59	4.64
2021	6	6	9.48	7.83	8.65	10.13	10.00	14.70	4.69
2021	6	7	9.26	7.80	8.53	9.60	6.76	13.26	6.50
2021	6	8	8.88	7.28	8.08	9.44	7.30	13.16	5.86
2021	6	9	8.82	6.84	7.83	9.38	8.73	13.73	4.99
2021	6	10	9.30	6.53	7.91	9.83	11.25	14.80	3.55
2021	6	11	9.74	7.79	8.76	10.37	9.32	14.89	5.57
2021	6	12	9.39	7.84	8.62	9.80	8.66	14.17	5.51
2021	6	13	8.98	7.55	8.26	9.23	6.08	12.76	6.69
2021	6	14	9.71	7.96	8.83	10.39	9.05	14.50	5.44
2021	6	15	9.15	7.65	8.40	9.56	6.22	12.84	6.62
2021	6	16	8.53	6.95	7.74	9.00	7.64	12.70	5.05
2021	6	17	9.01	7.33	8.17	9.76	8.34	13.85	5.50
2021	6	18	8.51	7.12	7.82	9.05	6.84	12.48	5.64
2021	6	19	8.62	7.41	8.01	8.96	5.66	11.85	6.19
2021	6	20	8.05	6.57	7.31	8.46	6.74	11.90	5.16
2021	6	21	7.61	6.07	6.83	8.19	7.71	11.93	4.22
2021	6	22	7.75	5.90	6.83	8.49	9.57	12.85	3.28
2021	6	23	8.47	6.65	7.56	9.08	7.82	12.83	5.00
2021	6	24	8.73	6.65	7.69	9.51	8.66	13.44	4.77
2021	6	25	8.59	6.65	7.62	9.05	8.67	12.99	4.33
2021	6	26	8.33	6.38	7.36	8.96	8.86	13.12	4.26
2021	6	27	7.83	5.81	6.83	8.33	8.54	12.30	3.76
2021	6	28	7.82	6.15	6.98	8.29	7.94	12.69	4.75
2021	6	29	7.70	6.01	6.86	8.44	6.93	11.72	4.79
2021	6	30	7.37	5.82	6.60	8.13	7.20	11.46	4.26

Fuente: (NASA, 2021)

**Tabla 43: Temperatura de Julio de 2021.**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MMWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2021	7	1	7.90	6.26	7.08	8.66	8.35	12.40	4.05
2021	7	2	7.88	6.32	7.10	8.58	8.20	12.23	4.01
2021	7	3	7.20	5.69	6.44	7.97	6.95	11.23	4.27
2021	7	4	6.68	4.85	5.76	7.49	8.38	11.87	3.50
2021	7	5	6.58	4.25	5.41	7.50	9.70	11.79	2.10
2021	7	6	7.61	6.12	6.86	8.38	8.77	12.39	3.62
2021	7	7	8.64	7.01	7.83	9.35	9.57	14.09	4.52
2021	7	8	8.94	7.48	8.22	9.48	8.35	13.60	5.25
2021	7	9	8.97	7.40	8.19	9.66	6.68	12.90	6.22
2021	7	10	8.96	7.59	8.28	9.53	6.38	12.83	6.45
2021	7	11	8.08	6.64	7.36	8.72	7.45	12.22	4.76
2021	7	12	7.91	6.70	7.31	8.30	6.60	11.08	4.48
2021	7	13	8.78	7.36	8.07	9.33	6.76	12.84	6.08
2021	7	14	8.90	7.40	8.15	9.51	8.28	13.66	5.38
2021	7	15	9.90	8.24	9.08	10.52	9.05	14.94	5.89
2021	7	16	9.86	8.47	9.16	10.37	6.28	13.60	7.32
2021	7	17	9.78	8.24	9.01	10.18	7.96	14.37	6.41
2021	7	18	8.65	7.52	8.08	8.98	4.91	11.58	6.68
2021	7	19	8.87	7.68	8.28	9.23	5.15	11.70	6.56
2021	7	20	8.53	7.17	7.85	9.01	4.84	11.38	6.55
2021	7	21	8.62	7.22	7.91	9.21	6.32	12.42	6.10
2021	7	22	7.87	6.58	7.23	8.40	5.42	10.90	5.48
2021	7	23	7.93	6.37	7.15	8.57	7.25	12.01	4.77
2021	7	24	7.94	6.49	7.22	8.41	7.72	12.15	4.44
2021	7	25	8.76	7.58	8.17	9.02	7.51	12.68	5.17
2021	7	26	9.65	8.14	8.90	10.19	8.45	14.15	5.69
2021	7	27	9.44	8.16	8.80	9.79	7.02	13.33	6.30
2021	7	28	9.66	8.12	8.90	10.22	6.77	13.65	6.89
2021	7	29	8.49	7.06	7.77	9.15	5.45	11.48	6.04
2021	7	30	7.84	6.59	7.22	8.44	5.93	11.09	5.16
2021	7	31	9.20	7.64	8.42	10.02	8.11	13.98	5.87

Fuente: (NASA, 2021)



**Tabla 44: Temperatura de agosto de 2021.**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2021	8	1	8.74	7.30	8.02	9.49	7.59	13.20	5.61
2021	8	2	7.88	6.55	7.22	8.52	5.03	10.94	5.90
2021	8	3	7.21	5.69	6.45	8.04	5.67	10.59	4.92
2021	8	4	6.26	4.60	5.43	7.15	7.50	10.44	2.94
2021	8	5	6.23	4.33	5.29	7.15	9.68	11.06	1.38
2021	8	6	7.73	6.16	6.94	8.58	9.48	13.05	3.58
2021	8	7	8.26	6.57	7.42	8.90	10.38	13.34	2.96
2021	8	8	9.17	7.27	8.23	9.78	11.41	14.80	3.39
2021	8	9	9.13	7.67	8.40	9.62	6.57	12.87	6.30
2021	8	10	9.23	7.65	8.44	9.90	7.21	13.26	6.05
2021	8	11	8.25	6.83	7.54	8.83	5.44	11.05	5.61
2021	8	12	9.16	7.23	8.19	10.06	6.31	12.90	6.58
2021	8	13	9.05	7.08	8.06	9.80	8.40	13.63	5.23
2021	8	14	8.59	6.75	7.67	9.26	7.23	12.56	5.33
2021	8	15	9.28	7.68	8.48	9.94	7.61	13.59	5.98
2021	8	16	8.97	7.32	8.14	9.64	8.20	13.56	5.35
2021	8	17	8.95	7.35	8.15	9.65	7.93	13.25	5.32
2021	8	18	8.83	7.40	8.12	9.26	7.18	12.79	5.61
2021	8	19	9.49	7.80	8.65	10.12	7.29	13.77	6.49
2021	8	20	9.98	7.35	8.66	10.78	10.67	15.66	4.99
2021	8	21	9.03	7.47	8.25	9.51	7.32	13.13	5.81
2021	8	22	8.94	7.28	8.11	9.50	6.38	12.59	6.22
2021	8	23	9.18	7.24	8.21	9.60	11.34	14.37	3.03
2021	8	24	10.05	8.61	9.33	10.23	7.36	13.82	6.46
2021	8	25	10.58	9.20	9.90	10.72	7.04	14.76	7.72
2021	8	26	9.88	8.38	9.13	10.34	7.16	13.92	6.76
2021	8	27	9.48	7.98	8.73	9.92	6.51	13.51	7.01
2021	8	28	9.76	8.23	9.00	10.31	7.03	14.00	6.97
2021	8	29	8.65	7.03	7.84	9.09	6.48	12.34	5.85
2021	8	30	8.46	7.01	7.73	9.01	6.71	12.06	5.35
2021	8	31	8.95	7.44	8.20	9.54	6.88	12.67	5.80

Fuente: (NASA, 2021)

**Tabla 45: Temperatura de septiembre de 2021.**

YEAR	MO	DY	T2M	T2MDEW	T2MWET	TS	T2M_RANGE	T2M_MAX	T2M_MIN
2021	9	1	7.83	6.23	7.03	8.38	6.38	11.60	5.23
2021	9	2	8.59	7.11	7.85	8.98	7.40	12.65	5.25
2021	9	3	8.94	7.30	8.12	9.48	10.51	14.08	3.58
2021	9	4	9.76	8.30	9.03	10.15	6.98	13.66	6.69
2021	9	5	9.71	8.20	8.95	10.31	9.21	14.23	5.01
2021	9	6	9.23	7.73	8.48	9.94	7.53	13.73	6.20
2021	9	7	8.99	7.33	8.16	9.73	9.33	13.66	4.33
2021	9	8	9.87	8.53	9.20	10.36	6.99	13.90	6.90
2021	9	9	9.35	7.63	8.49	10.04	8.99	13.66	4.67
2021	9	10	8.58	7.05	7.82	9.32	7.88	12.43	4.54
2021	9	11	9.03	7.51	8.27	9.86	6.12	12.65	6.52
2021	9	12	7.71	6.45	7.08	8.36	5.68	10.87	5.19
2021	9	13	7.83	5.23	6.53	8.69	9.32	13.15	3.83
2021	9	14	8.50	6.19	7.35	9.01	11.90	14.33	2.44
2021	9	15	8.15	6.41	7.28	8.72	7.77	12.39	4.62
2021	9	16	7.10	5.50	6.30	7.91	6.52	10.42	3.90
2021	9	17	8.65	7.01	7.83	9.44	7.45	13.14	5.69
2021	9	18	8.80	7.06	7.93	9.62	7.58	12.97	5.38
2021	9	19	9.23	7.00	8.11	9.97	10.44	14.45	4.02
2021	9	20	9.57	7.48	8.52	10.48	9.62	14.05	4.43
2021	9	21	9.05	7.61	8.33	9.54	7.17	13.01	5.83
2021	9	22	7.83	6.48	7.15	8.41	5.76	10.89	5.14
2021	9	23	7.80	6.32	7.06	8.58	6.84	11.79	4.94
2021	9	24	7.90	6.37	7.14	8.73	7.87	12.04	4.18
2021	9	25	6.93	5.72	6.32	7.23	3.51	8.75	5.24
2021	9	26	8.26	6.80	7.53	8.98	7.84	12.64	4.79
2021	9	27	7.83	4.80	6.31	8.75	11.95	14.15	2.21
2021	9	28	8.23	6.07	7.15	8.96	11.89	13.63	1.73
2021	9	29	9.68	8.37	9.02	10.12	6.20	13.71	7.51
2021	9	30	10.33	8.51	9.42	10.97	7.99	15.29	7.29

Fuente: (NASA, 2021)