

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escola Tècnica Superior d' Arquitectura de Barcelona

Departament de Construccions Arquitectòniques I

Programa Tecnología de la Arquitectura, de la Edificación y del Urbanismo

TESIS DOCTORAL

PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO PARA LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

Aplicación al caso de Viviendas de Interés Social en la ciudad de Saltillo,
Coahuila, México

Doctorando:

Luis Matias Barajas Saldaña

Director de Tesis:

Dr. Arq. Joan Lluís Zamora Mestre

Codirector de Tesis:

Dr. Jaume Roset Calzada

Ponente:

Dr. Arq. Francisco Muñoz Salinas

Barcelona, Julio de 2015

Índice	
Introducción	1
Justificación	2
Objetivos	4
Contenido de la Tesis	5
Capítulo I	
Estado de conocimientos y ámbito de estudio	7
Hipótesis	86
Método de trabajo	87
Capítulo II	
Definición de parámetros de la VIS	88
Capítulo III	
Análisis Energéticos de la VIS	102
Capítulo IV	
Propuesta del Procedimiento Alternativo para la VIS	144
Capítulo V	
Verificación del Procedimiento Alternativo	177
Capítulo VI	
Conclusiones	220
Referencias consultadas	224

Introducción

A partir de 1917 en la CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, en su artículo 4º expone, “Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La Ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo”¹ y en su apartado del Título sexto del trabajo y de la previsión social en el artículo 123, se considera la creación de un organismo del Gobierno Federal, de los trabajadores y de los patrones, que administre los recursos del fondo nacional de la vivienda, y establece un fondo nacional de la vivienda, que servirá para que los beneficiarios de estos fondos, créditos o servicios se les permita otorgar y “que adquieran en propiedad habitaciones cómodas e higiénicas, o bien para construirlas, repararlas, mejorarlas o pagar pasivos adquiridos por estos conceptos”².

Hasta la actualidad se han creado diferentes organismos que fomenten y administren los diferentes fondos económicos, sobre la construcción de la vivienda; no existe registro general en donde estos fondos u organizaciones, regulen cómo edificarlas o a que se le llama “cómodas”, respecto a sus dimensiones, o del **confort** que se genera en las mismas, para los habitantes.

Conforme al paso del tiempo, cada estado de la República ha creado sus propios reglamentos de construcción donde se determinan las dimensiones y tipologías de la vivienda, respecto a diferentes características y coste económico; donde no existía si no hasta el 9 de agosto del año 2011 que el gobierno federal publicó en el diario oficial a través de la secretaría de energía, la regulación del máximo **gasto energético** que estas generan, y sobre la eficiencia energética las demandas máximas de **calefacción** o **refrigeración** respecto a los diferentes climas de la República Mexicana.

En esta tesis doctoral se realiza una investigación sobre la vivienda llamada “de Interés Social”, se analiza su tipología, sistema constructivo y comportamiento energético actual en la ciudad natal del doctorando, aplicando sus características a la normativa actual mexicana que regula la eficiencia energética en edificaciones, a partir de la envolvente de edificios para uso habitacional, y contrastarla con la normativa que regula la edificación energéticamente de las viviendas en España.

¹ SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN, *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos Vigésima Primera edición*, Septiembre 2014, pág. 21

² SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN, *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos Vigésima Primera edición*, Septiembre 2014, pág. 205

Justificación

La creación de un procedimiento metodológico alternativo que nos guíe en la edificación de las viviendas de interés social o unifamiliares es útil; para la proyección, diseño y construcción de una vivienda, siendo mejor si esta nos beneficia a realizar una construcción energéticamente amigable con el medio ambiente.

En México, el desarrollo de vivienda de interés social tiene el fin de ayudar a familias de bajos ingresos. Este tipo de fondos no solo ha permitido a familias de bajos ingresos a tener un lugar donde vivir, sino que también ha promovido la difusión de los desarrollos habitacionales con modelos de casas de similares características en zonas de muy diversas procedencias geográficas y climáticas de México.

A pesar de que algunas de las viviendas tienen algunas diferencias en función de la región a la que pertenecen, no reflejan adaptaciones climáticas a las regiones donde se ubican. Es común encontrar diseños similares que habitan en climas contrastantes, como caliente o frío húmedo templado, con algunas diferencias en su programa arquitectónico ornamento, y terminación, incluso los sistemas de construcción tienden a ser muy similares entre sí.

Esta situación podría causar deficiencias al funcionamiento incorrecto de las viviendas, básicamente relacionados con la falta de confort térmico y el alto consumo de energía, lo que lleva a problemas sociales y económicos como consecuencia de ello.

La investigación se desarrolla para las viviendas unifamiliares de Interés Social en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México, teniendo en cuenta diferentes procedimientos generales o simplificados aplicados en la certificación energética de viviendas de nueva construcción, enfocado y priorizando el ejemplo en la metodología aplicada en España y sus diferentes comunidades autónomas; ya que en la zona de estudio existe solo una metodología para certificar energéticamente las viviendas de nueva construcción. También apoyado en las nuevas tecnologías, EPS³ y programas computacionales de simulación energética utilizados actualmente para analizar energéticamente los edificios y viviendas, para así poder lograr y obtener un apoyo metodológico para la edificación en la ciudad de Saltillo en el estado de Coahuila; pretendiendo así, poder llegar a nivel nacional y poder aportar a la arquitectura en México un avance sostenible; por medio de una certificación energética, para las VIS⁴ en las ciudades Mexicanas.

Como apuntan en las conclusiones del artículo *“aplicación de la nom-020-ener-2011 en edificaciones ubicadas en diferentes regiones climáticas de México; demuestran que las viviendas con los sistemas constructivos actuales y que son construidas de manera masiva en México, no cumplen con la NOM-020 y es necesario seguir estudiando mejores estrategias para la evaluación y legislación de la eficiencia energética de las edificaciones en el país”*⁵.

La investigación se realiza para la creación de una etiqueta de calificación energética, se delimita a estudiar las viviendas unifamiliares en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. De clasificación Interés Social; se ha realizado en el transcurso de la tesis doctoral un análisis inicial de una tipología de VIS, en la ciudad de Saltillo de manera en la que actualmente se edifica, y con los materiales más utilizados en la construcción de las mismas, a través de la

³ Energy Performance Simulación

⁴ Viviendas de Interés Social; a partir de ahora denominadas en esta tesis doctoral como “VIS”

⁵ M. Guadalupe Alpuche, José M. Ochoa, Irene Marincic, Ileana González, Víctor Fuentes, Pablo E. López, Héctor Valerdi, Marcos E. González, Armando Alcántara, *“APLICACIÓN DE LA NOM-020-ENER-2011 EN EDIFICACIONES UBICADAS EN DIFERENTES REGIONES CLIMÁTICAS DE MÉXICO”*, 2012.

NOM-020⁶ que establece “la normalización para la eficiencia energética en edificios para uso habitacional y determina mejorar el diseño térmico de edificios, y lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía”⁷

Esta normativa tiene como objetivo “limitar la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento”⁸.

Esto lleva a realizar una investigación de certificaciones energéticas utilizadas en España y que determina el Ministerio de Industria, Energía y Turismo a través de la Secretaría de Estado de Energía, con el apoyo del análisis de los procedimientos establecidos como obligatorios reconocidos en la edificación de edificios de nueva construcción y certificación de eficiencia energética que es utilizada a nivel de viviendas singulares/unifamiliares, y establecer una procedimiento alternativo metodológico propio para el caso de estudio.

⁶ Norma Oficial Mexicana, Eficiencia Energética en Edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional

⁷ SENER – Secretaría de Energía, NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional, DIARIO OFICIAL Martes 9 de agosto, 2011, pág. 3

⁸ SENER – Secretaría de Energía, NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional, DIARIO OFICIAL Martes 9 de agosto, 2011, pág. 3

Objetivos

La investigación que se realiza es para conocer los diferentes aspectos que intervienen en la calificación energética de las viviendas unifamiliares de nueva construcción en España, para poder lograr la eficiencia energética en la edificación de las Viviendas de Interés Social de Saltillo, Coahuila y tiene como objetivos:

*Realizar una serie de recomendaciones para implementar un Procedimiento Alternativo de cálculo y evaluación energética de la vivienda, para realizar los proyectos bajo el término de la Eficiencia Energética.

*Mejorar en un futuro el consumo energético de la vivienda de nueva construcción.

*Conocer y evaluar el consumo energético en la actual construcción de Viviendas unifamiliares.

*Realizar y presentar los distintos factores implicados en el proceso del análisis energético en las Viviendas.

*Establecer criterios y parámetros energéticos para la proyección y diseño del sistema constructivo, en relación de recomendaciones o “buenas prácticas”.

Resultado esperado

*Desarrollar un programa informático donde se introduzcan los diferentes datos que utilizan los procedimientos de evaluación, para poder obtener rápidamente los resultados del gasto energético de la vivienda y establecer una etiqueta de Calificación Energética; ya sea por medio de una hoja de cálculo o un software de programación y calculo computacional.

Contenido de la tesis

Capítulo I

Dentro del primer capítulo de esta tesis se encuentra todo lo relacionado sobre la Eficiencia Energética (EE) y la Certificación Energética (CE), sus definiciones, decretos y normativas que tienen relación con la investigación, existentes en España; Se define también lo que es una Etiqueta de Eficiencia Energética para la edificación, y diferentes procedimientos empleados en la Certificación Energética de la edificación.

Se mencionan los diferentes procedimientos donde se analizará la VIS, los cuales son de diferentes normativas actuales utilizadas en México y España, estas son escogidas porque tienen características y métodos de cálculo similares, en el que se realiza la Certificación Energética, a través de un edificio de referencia.

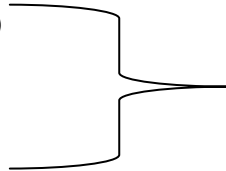
Las normativas son:

NOM-020_ENER-2011 (México)

Calener VYP (España)

CERMA (España)

Ce2 (España)



Actuales Programas de Certificación en España, Para vivienda de nueva construcción.

Por último se hace referencia a la Escala de Calificación energética utilizada en España, la cual será base para crear una escala de calificación propia de la zona de estudio en la investigación.

Se hace una reseña de los programas informáticos que se utilizan en la actualidad, los de uso obligatorio y otros alternativos para realizar certificaciones o análisis energéticos de eficiencia en la edificación.

La descripción de la zona donde se centra la investigación, la cual está ubicada en un país de Norte América, (México) para delimitar la zona de estudio.

Una descripción de la edificación estudio de esta tesis, la cual es la Vivienda de Interés Social (VIS) en México, como es su clasificación económica, espacial y constructiva.

Capítulo II

Dentro de este capítulo se describe y presentan los planos oficiales de la vivienda elegida para realizar la investigación, siendo esta una vivienda básica en diseño, forma, y geometría, describiendo las diferentes áreas que la conforman, así como sus dimensiones.

Se definen los cerramientos que conforman la vivienda y los cerramientos que se proponen para realizar el análisis, con los cerramientos básicos y más comunes de la zona de estudio, los cuales son definidos como "U BASICA" y los cerramientos que cumplen al mínimo con la normativa del Código Técnico de la Edificación, los cuales se definen como "U CTE", esto permitirá realizar una comparación de la VIS, entre los procedimientos propuestos, ya que pertenecen a diferentes legislaciones.

Se define la zona climática de estudio de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, a través de datos de temperatura y radiación, obtenidos en una estación meteorológica ubicada en la zona de estudio y la cual permite ubicar la VIS en territorio español, y hace que la comparación de las demandas y gasto energético sean correspondientes a los valores mínimos establecidos.

Capítulo III

Dentro de este capítulo se encuentran los análisis de la VIS, realizados en los diferentes procedimientos, se presenta un resumen del informe que se obtiene como resultado final de cada uno de los procedimientos, con su resultado final correspondiente a la Etiqueta de Eficiencia Energética.

Se desarrolla un análisis completo por medio de una simulación dinámico térmica en uno de los software más avanzados en la actualidad, DesignBuilder herramienta para el control del estado de energía del edificio que muestra el comportamiento “real” de la vivienda.

En cada uno se pueden observar los resultados finales que se obtienen, y la diferencia en los valores, se analizan y comparan entre los diferentes procedimientos, cuál es más riguroso en sus resultados y de cuál de ellos se obtienen más resultados.

Capítulo IV

Dentro de este capítulo se encuentra el desarrollo principal de la propuesta de esta investigación, un procedimiento alternativo para realizar un Cálculo Energético a la VIS, que se establece como una Calificación Energética propia para la VIS y del cual se obtiene un modelo de Etiqueta de Calificación Energética.

Se realiza la propuesta alternativa, donde se establece una Escala de Calificación para la VIS, por medio del análisis de mejoras a la envolvente de las dos condiciones iniciales del estudio, se establecen las formulas matemáticas y las unidades de la propuesta del procedimiento alternativo para realizar un Cálculo Energético de las demandas y emisiones de dióxido de carbono y por último se establece la propuesta de un modelo de Etiqueta de Calificación.

Capítulo V

Dentro de este capítulo se realiza la verificación del procedimiento alternativo a la VIS en las dos condiciones que se plantean en el estudio. Se realiza la aplicación de las formulas matemáticas por medio de la hoja de cálculo de referencia que se creó para el procedimiento alternativo se analizan y comparan los resultados y gráficas obtenidos.

Capítulo VI

Dentro de este capítulo se realiza la validación de las Hipótesis de la investigación.

Las conclusiones de esta tesis doctoral se elaboran como conclusiones parciales dentro de cada capítulo, que hacen referencia a los diferentes procedimientos analizados y comparados. Y conclusiones generales sobre el procedimiento alternativo propuesto para la VIS y el comportamiento energético de la vivienda en la zona de estudio.

Así como las propuestas de futuras líneas de investigación que se pueden desarrollar una vez concluida esta tesis doctoral.

CAPITULO I

ESTADO DE CONOCIMIENTOS Y AMBITO DE ESTUDIO

Eficiencia Energética.....	8
Certificación Energética.....	8
Etiqueta de Eficiencia Energética.....	10
Certificación de Eficiencia Energética de los edificios.....	11
Calificación de la Eficiencia Energética de un edificio.....	12
Metodologías de Eficiencia Energética.....	14
REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero.....	17
REAL DECRETO 235/2013, de 5 de abril.....	19
Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011.....	21
Código Técnico de la Edificación.....	30
Procedimiento general para edificios en proyecto y terminado Lider y Calener VYP...35	
Procedimiento simplificado para edificios de nueva construcción, en proyecto y terminado Cerma.....	39
Procedimiento simplificado para certificación de eficiencia energética de edificios de vivienda Ce2.....	43
Etiqueta de Eficiencia Energética Lider, Calener VyP, Cerma y Ce2.....	45
Escala de Calificación Energética para edificios de nueva construcción.....	50
Escala de Calificación para edificios destinados a vivienda.....	54

ÁMBITO DE ESTUDIO

Zona de Estudio.....	66
Vivienda de Interés Social (VIS).....	75
Sistema constructivo de la VIS.....	78
Programas informáticos.....	81
Conclusiones Parciales.....	86

ESTADO DE CONOCIMIENTOS Y AMBITO DE ESTUDIO

Existen diferentes conceptos y definiciones alrededor de la eficiencia energética y el ahorro de energía. En este capítulo se pretende aclarar algunos de ellos y de cómo son definidos por algunos documentos establecidos y que son de uso obligatorio. Normalmente la eficiencia energética, se puede definir como la capacidad de un uso, equipo, instalación o proceso para realizar su función con el menor consumo energético posible.

De la misma forma se puede entender el ahorro de energía como la disminución del consumo en las demandas de energía primaria de una edificación o centro de consumo de energía por la implementación de medidas de índole técnica o no técnica, sin producir mayor impacto ambiental que la situación primitiva.

Eficiencia Energética (EE)

Eficiencia energética de un edificio; la directiva 2002/91/CE del parlamento europeo y del consejo de 16 de diciembre de 2002 la define:

“Cantidad de energía consumida que se estima necesaria para satisfacer las distintas necesidades asociadas a un uso estándar del edificio, en la que se incluyen, la calefacción, el calentamiento del agua (ACS), la refrigeración, la ventilación y la iluminación.

«eficiencia energética del edificio»: cantidad de energía calculada o medida que se necesita para satisfacer la demanda de energía asociada a un uso normal del edificio, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en la calefacción, la refrigeración, la ventilación, el calentamiento del agua y la iluminación;

El consumo del edificio deberá quedar reflejada en uno o más indicadores cuantitativos calculados mediante una metodología teniendo en cuenta, el aislamiento, las características técnicas y de la instalación, el diseño y la orientación, esto en relación con los aspectos climáticos, la exposición solar y la influencia de construcciones próximas, la generación de energía propia y otros factores, incluidas las condiciones ambientales interiores, que influyan en la demanda de energía”.

Certificación Energética (CE)

Certificado de eficiencia energética de un edificio, la directiva 2002/91/CE del parlamento europeo y del consejo de 16 de diciembre de 2002 lo define:

“Certificado reconocido por un Estado miembro de la UE, o por una persona u organismo jurídico designado, en el que se incluye la eficiencia energética de un edificio calculada con arreglo de una metodología basada en el marco general que se establece en dicha directiva”.

La certificación Energética de los edificios en la Unión Europea es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE, En lo referente a España esta exigencia se traspone dentro del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, en el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

En dicho documento se expresan las siguientes definiciones, que intervienen en el proceso de la CE:

Calificación de eficiencia energética de un edificio:

Expresión de la eficiencia energética de un edificio que se determina de acuerdo con una metodología de cálculo y se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética.

Certificación de eficiencia energética de proyecto:

Proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto y que conduce a la expedición del certificado de eficiencia energética del proyecto.

Certificación de eficiencia energética del edificio terminado:

Proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto con la del edificio terminado y que conduce a la expedición del certificado de eficiencia energética del edificio terminado.

Certificado de eficiencia energética de proyecto:

Documentación suscrita por el proyectista como resultado del proceso de certificación, que incluye la calificación de eficiencia energética del proyecto, señalada en la escala de eficiencia energética.

Certificado de eficiencia energética del edificio terminado:

Documentación suscrita por la dirección facultativa de la obra como resultado del proceso de certificación, que incluye la calificación de eficiencia energética del edificio terminado, señalada en la escala de eficiencia energética.

Etiqueta de eficiencia energética: Distintivo que señala el nivel de calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto de un edificio o por el edificio terminado.

Por lo expuesto anteriormente, la certificación energética tendrá que reunir las siguientes características:

1. Limitar las emisiones de CO₂

Esto implica que las medidas incluidas en la certificación energética tendrán que ser susceptibles de evaluación en términos de emisiones de CO₂. Supone también que la consecución de menores valores de emisión de CO₂ se logre mediante la mejora de eficiencia energética, lo que implica desde el punto de vista energético menor consumo de energía primaria y empleo de formas de energía y sistemas de transformación menos contaminantes.

2. Facilitar la transparencia del mercado inmobiliario

Las actuaciones realizadas en la Unión Europea para examinar el alcance y las características de la certificación energética parecen haber llegado al consenso de que la información final a los intervinientes en el sector edificatorio, especialmente a promotores y usuarios, debe ser clara y concreta.

3. Otros aspectos a considerar

Debe incluir una descripción de las características energéticas.

Aporta una información sobre la eficiencia energética, de manera que la nueva descripción de las características energéticas informe al usuario no cualificado de la bondad de las mismas.

Con carácter opcional, incluye la posibilidad de mejorar dichas características energéticas

En la medida que el consumo de energía por unidad de producto producido o de servicio prestado sea cada vez menor, aumenta la eficiencia energética. Tanto la tecnología disponible, como los hábitos responsables, hacen posible un menor consumo de energía, mejorando la competitividad de las empresas y la calidad de vida personal. (IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).

Etiqueta de Eficiencia Energética

La obtención de un CE otorga el derecho de utilización y durante un periodo determinado el uso y exposición de una etiqueta de eficiencia energética.

La etiqueta debe ser incluida en toda oferta, promoción y publicidad dirigida a la venta o arrendamiento de una edificación que ha sido evaluada con alguna metodología cálculo de EE, debe figurar siempre, de forma clara e inequívoca en la etiqueta, si se refiere al certificado de eficiencia energética del proyecto o al del edificio terminado.

La etiqueta deberá ser conforme al formato normalizado dentro de cada metodología con objeto de permitir un mejor reconocimiento por parte de los consumidores, en el que se incluyen, normalmente la siguiente información:

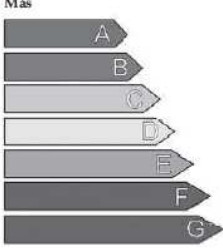
Calificación de eficiencia energética de Edificios proyecto/edificio terminado	
<p>Más</p>  <p>Menos</p> <p>Edificio: _____</p> <p>Localidad/Zona climática: _____</p> <p>Uso del Edificio: _____</p> <p>Consumo Energía Anual: _____ kWh/año (_____ kWh/m²)</p> <p>Emisiones de CO₂ Anual: _____ kgCO₂/año (_____ kgCO₂/m²)</p> <p><i>El Consumo de Energía y sus Emisiones de Dióxido de Carbono son las obtenidas por el Programa _____, para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación</i></p> <p><i>El Consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono dependerán de las condiciones de operación y funcionamiento del edificio y de las condiciones climáticas, entre otros factores.</i></p>	<ol style="list-style-type: none">1) Zona climática donde se ubica el edificio la localidad y uso.2) Referencia al valor numérico del consumo de energía primaria estimado del edificio, expresado en kWh/año, y de emisiones de dióxido de carbono, expresado en kgCO₂/año, así como a los ratios por m² de superficie.3) La inclusión de un texto que haga referencia al consumo de energía y sus emisiones de dióxido de carbono y por medio de cómo fue obtenido; ya sea por medio de una metodología o programa informático de referencia o alternativo y en sus condiciones normales de funcionamiento y ocupación del edificio.4) Reflejar si se refiere a la calificación de eficiencia energética del proyecto o del edificio terminado.5) Incluir la fecha de expedición y la fecha de validez de la etiqueta energética, con un rótulo: "Expedida el dd/mm/aaaa" y "Válida hasta dd/mm/aaaa".

Figura 1: Ejemplo de Etiqueta de Eficiencia Energética

Certificación de Eficiencia Energética de los edificios

Las exigencias relativas a la certificación energética de edificios establecidas en la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, se transpusieron en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, mediante el que se aprobó un Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Con posterioridad, la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, ha sido modificada mediante la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, circunstancia que ha obligado a transponer de nuevo al ordenamiento jurídico español las modificaciones que introduce con respecto a la Directiva modificada.

Si bien esta transposición podría realizarse mediante una nueva disposición que modificara el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, y que a la vez completara la transposición contemplando los edificios existentes, parece pertinente que se realice mediante una única disposición que refundiendo lo válido de la norma de 2007, la derogue y complete, incorporando las novedades de la nueva directiva y amplíe su ámbito a todos los edificios, incluidos los existentes.

En consecuencia, mediante este real decreto se transpone parcialmente la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, en lo relativo a la certificación de eficiencia energética de edificios, refundiendo el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, con la incorporación del Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes.

Este 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, entró en vigor el día siguiente de su publicación en el Boletín Oficial del Estado nº 89 (13/04/2013), siendo voluntaria su aplicación hasta el 1 de junio de 2013. A partir de ese momento, la presentación o puesta a disposición de los compradores o arrendatarios del certificado de eficiencia energética de la totalidad o parte de un edificio, según corresponda, será exigible para los contratos de compraventa o arrendamiento celebrados a partir de dicha fecha.

Registro general de documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética.

De acuerdo con el artículo 3 del citado Real Decreto, se crea este Registro con el fin de facilitar el cumplimiento de este Procedimiento básico. Está adscrito a la Secretaría de Estado de Energía, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, teniendo carácter público e informativo.

En el citado Registro se encuentran todos aquellos documentos que han recibido el reconocimiento conjunto de los Ministerios de Industria, Energía y Turismo y de Fomento, y ha sido estructurado en función de la aplicación que corresponde a cada documento reconocido.

Calificación de la Eficiencia Energética de un edificio

Los procedimientos para la calificación de eficiencia energética de un edificio deben ser documentos reconocidos y estar inscritos en el Registro general.

Cuando se utilicen componentes, estrategias, equipos y/o sistemas que no estén incluidos en los programas disponibles, para su consideración en la calificación energética se hará uso del procedimiento establecido en el documento informativo " *Aceptación de soluciones singulares y capacidades adicionales a los programas de referencia y alternativos de calificación de eficiencia energética de edificios* ", disponible en el Registro general.

Con todos los cambios establecidos en el marco de los dos reglamentos, en el ANEXO I de la DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010, se encuentra el Marco general común del cálculo de la eficiencia energética de los edificios, que establece su artículo 3, la cual expresa los siguientes puntos:

1. La eficiencia energética de un edificio se determinará partiendo de la cantidad, calculada o real, de energía consumida anualmente para satisfacer las distintas necesidades ligadas a su utilización normal, que refleje la energía necesaria para la calefacción y la refrigeración (energía necesaria para evitar un calentamiento excesivo) a fin de mantener las condiciones de temperatura previstas para el edificio y sus necesidades de agua caliente sanitaria.

2. La eficiencia energética de un edificio se expresará de forma clara e incluirá un indicador de eficiencia energética y un indicador numérico del consumo de energía primaria, basado en los factores de energía primaria por el suministrador de energía, que podrá basarse en unas medias anuales ponderadas, nacionales o regionales, o en un valor particular para la generación in situ.

La metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios debe tener en cuenta las normas europeas y se ajustará a la legislación correspondiente de la Unión, incluida la Directiva 2009/28/CE.

3. La metodología deberá establecerse teniendo en cuenta al menos los aspectos siguientes:

a) las siguientes características térmicas reales del edificio, incluidas sus divisiones internas:

i) capacidad térmica,

ii) aislamiento,

iii) calefacción pasiva,

iv) elementos de refrigeración, y

v) puentes térmicos;

b) instalación de calefacción y de agua caliente, y sus características de aislamiento;

c) instalaciones de aire acondicionado;

d) ventilación natural y mecánica, lo que podrá incluir la estanqueidad del aire;

e) instalación de iluminación incorporada (especialmente en la parte no residencial);

f) diseño, emplazamiento y orientación del edificio, incluidas las condiciones climáticas exteriores;

g) instalaciones solares pasivas y protección solar;

h) condiciones ambientales interiores, incluidas las condiciones ambientales interiores proyectadas;

i) cargas internas.

4. En el cálculo se tendrá en cuenta la incidencia positiva de los siguientes aspectos, cuando resulten pertinentes:

a) condiciones locales de exposición al sol, sistemas solares activos u otros sistemas de calefacción o producción de electricidad basados en energía procedente de fuentes renovables;

b) electricidad producida por cogeneración;

c) sistemas urbanos o centrales de calefacción y refrigeración;

d) iluminación natural.

5. A efectos del cálculo, los edificios deberían clasificarse adecuadamente en las siguientes categorías:

a) viviendas unifamiliares de distintos tipos;

b) edificios en bloque;

c) oficinas;

d) centros de enseñanza;

e) hospitales;

f) hoteles y restaurantes;

g) instalaciones deportivas;

h) edificios comerciales destinados a la venta al por mayor o al por menor;

i) otros tipos de edificios que consuman energía.

Metodologías de Eficiencia Energética

Existen diferentes metodologías de análisis para establecer la calidad energética de un edificio, las certificaciones energéticas y las auditorías energéticas, dependiendo de que la edificación sea nueva o ya este construida.

1. El sistema de listas de verificación (Checklist) es el más utilizado para las certificaciones “verde”, el método verifica las consideraciones y estrategias de diseño, construcción y/o gestión del proyecto o edificación utilizando como referente un listado de requerimientos definidos a partir de las prácticas reconocidas que colaboran para mitigar los impactos y mejorar las calidades ambientales de las edificaciones.
2. La metodología utilizada para la evaluación de edificaciones y también productos de construcción es el análisis de ciclo de vida (ACV).

Se trata de un método que, a través de la utilización de indicadores, busca evaluar el impacto potencial de un sistema a lo largo de todo su ciclo de vida mediante la cuantificación de los recursos empleados y los residuos generados, desde la extracción y producción de los productos, hasta el final de la vida útil del objeto evaluado.

3. La metodología «auto-referente», mediante el cual el edificio a certificar se compara con otro denominado de referencia que cumple determinadas condiciones normativas y se evalúa si alcanza la misma o superior eficiencia energética.

Según las principales organizaciones certificadoras, son tres los objetivos generales de las certificaciones para la edificación:

- 1- Promover un cambio en el sector de la actividad de la construcción por medio de la introducción de nuevos criterios y estrategias verdes;
- 2- Reconocer y promover las buenas prácticas, convirtiéndolas en referentes para el sector; *-*(objetivo de la investigación)
- 3- Incorporar criterios medioambientales o de sostenibilidad como valor añadido a los productos y servicios, incentivando la competencia en el sector.

De manera genérica, para establecer la certificación energética de un edificio, debemos considerar una serie de condicionantes que quedan reflejados en la figura 2.

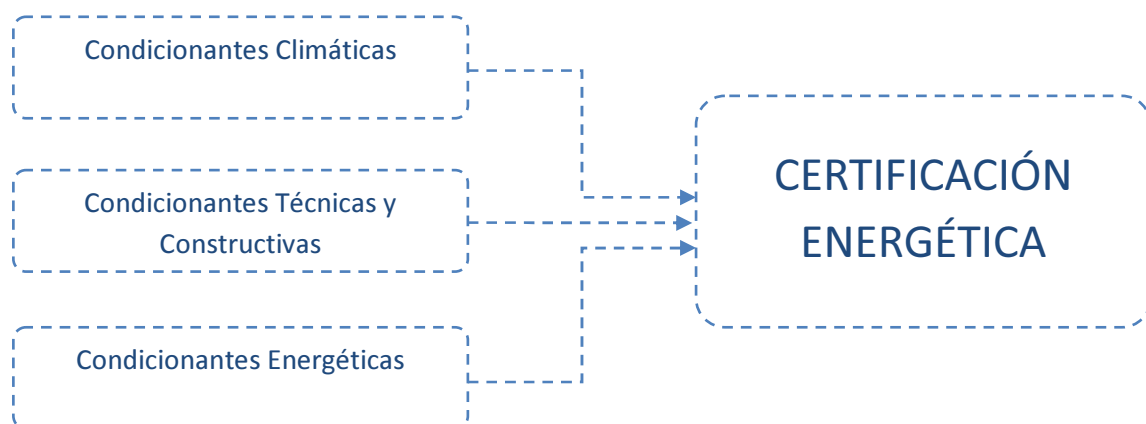


Figura 2: Condicionantes de una Certificación Energética

Las actuaciones para la mejora de la eficiencia energética en el sector residencial se basan tanto en la mejora del equipamiento electrodoméstico como en las mejoras de la edificación residencial. Las mejoras en la edificación residencial pueden clasificarse en tres grandes grupos: mejoras en la envolvente del edificio, del rendimiento de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado y del rendimiento de los equipos de iluminación.

La distribución del consumo de energía en las viviendas españolas se muestra en la figura⁹ 3.

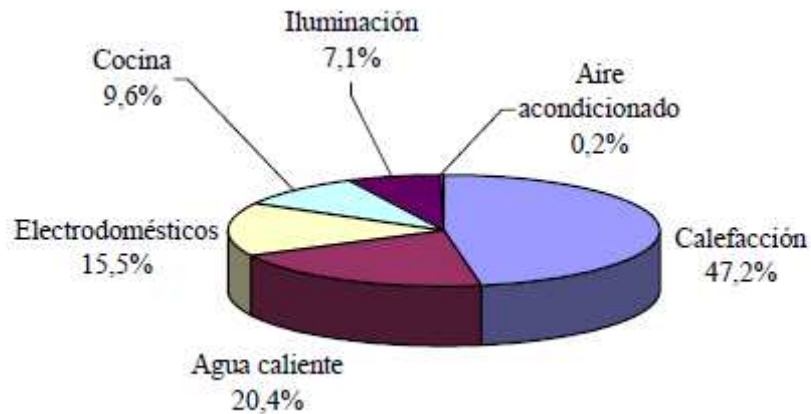


Figura 3: Distribución del consumo de energía en las viviendas españolas

La distribución en el consumo de energía en las viviendas Mexicanas se muestra en la figura¹⁰ 4.

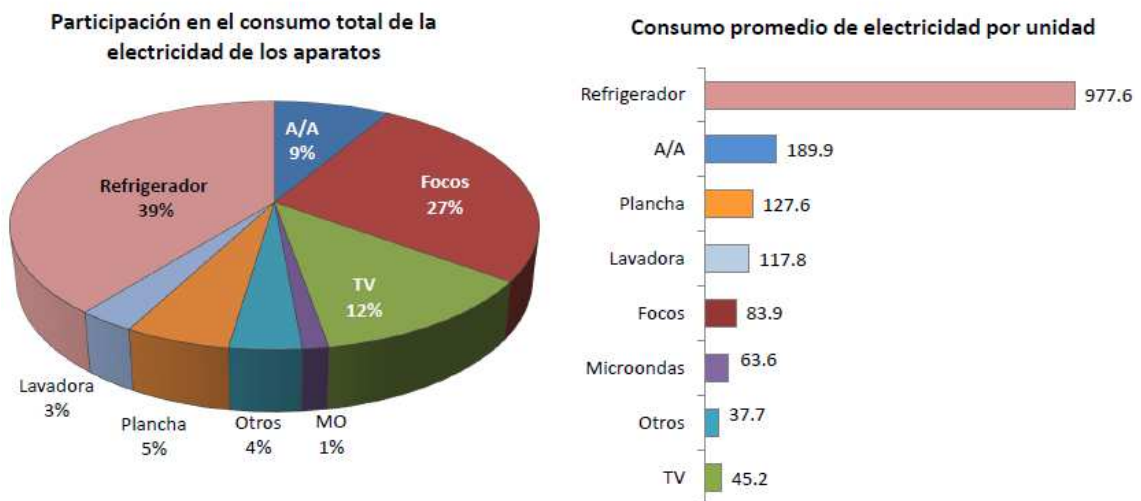


Figura 4: Distribución del consumo de energía en las viviendas mexicanas

⁹ F. Javier Rey Catedrático ETSII Universidad de Valladolid, CERTIFICACION ENERGETICA EN EDIFICIOS

¹⁰ SENER – Secretaría de Energía; Agencia Internacional de Energía, *Indicadores de Eficiencia Energética en México 5 sectores, 5 retos*, México, 2011.

Las metodologías de cálculo de la eficiencia energética de los edificios deberán de integrar los aspectos siguientes:

- a) características térmicas del edificio (cerramientos exteriores e internos, etc.). Estas características podrán incluir la estanqueidad del aire
- b) instalaciones de calefacción y de agua caliente, y sus características de aislamiento
- c) instalaciones de aire acondicionado y ventilación
- e) instalaciones de iluminación artificial (especialmente en la parte no residencial)
- f) disposición y orientación de los edificios, incluidas las condiciones climáticas exteriores
- g) sistemas solares pasivos y protección solar
- h) ventilación natural
- i) condiciones ambientales interiores, incluidas las condiciones ambientales interiores proyectadas

REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero

En él se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

El objetivo principal de este real decreto consiste en establecer el Procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética.

Especificaciones técnicas de la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética.

El método a emplear se basa en el sistema denominado «auto-referente», mediante el cual el edificio a certificar se compara con otro denominado de referencia que cumple determinadas condiciones normativas y se evalúa si alcanza la misma o superior eficiencia energética.

1. Edificio a certificar y edificio de referencia.

El edificio a certificar se considerará tal cual ha sido proyectado en geometría (forma y tamaño), orientación e instalaciones.

El edificio de referencia que servirá como elemento de comparación para el edificio a certificar, deberá tener las siguientes características:

- a) La misma forma y tamaño que el edificio a certificar.
- b) La misma zonificación interior y el mismo uso de cada zona que tenga el edificio a certificar.
- c) Los mismos obstáculos remotos del edificio a certificar.
- d) Unas calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta, por un lado, y unos elementos de sombra, por otro, que garanticen el cumplimiento de los requisitos mínimos de eficiencia energética que figuran en la opción simplificada de la sección HE1 – Limitación de demanda energética– del documento básico de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación.
- e) El mismo nivel de iluminación que el edificio a certificar y un sistema de iluminación que cumpla con los requisitos mínimos de eficiencia energética que figuran en la sección HE 3 – Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación– del documento básico de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación.
- f) Las instalaciones térmicas de referencia en función del uso y del servicio del edificio cumplirán los requisitos mínimos de eficiencia energética que figuran en la sección HE 2 – Rendimiento de las instalaciones térmicas, desarrollados en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) – y en la sección HE 4 –Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria– del documento de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación.
- g) En los casos en que así lo exija el documento básico de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, una contribución solar fotovoltaica mínima de energía eléctrica, según la sección HE-5.

2. Condiciones normales de funcionamiento y ocupación del edificio.

El cálculo de la calificación de eficiencia energética se realizará considerando unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación del edificio, que estarán recogidas en un documento reconocido, en función de los distintos usos de los edificios.

3. Cálculo de la demanda energética y del rendimiento.

Cuando se utilice un programa informático este deberá calcular el consumo de energía final hora a hora, mediante el cálculo de la demanda horaria y el cálculo del rendimiento medio horario de los sistemas que cubren las necesidades anteriormente descritas.

Para el cálculo de las demandas de refrigeración y calefacción el programa informático deberá cumplir el nivel mínimo de modelización exigido por la opción general de la sección HE-1 de demanda energética del capítulo de Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación.

Para el cálculo del rendimiento medio horario de los sistemas el programa informático deberá integrar al menos los siguientes aspectos:

- a) Cálculo del consumo horario de todos los equipos que intervengan en las necesidades energéticas anteriormente citadas, tales como: luminarias, calderas, plantas enfriadoras, equipos autónomos en expansión directa, ventiladores, bombas, sistemas de condensación, etc.
- b) Cálculo del consumo horario de los equipos, teniendo en cuenta el comportamiento a carga parcial de los mismos.
- c) Cálculo del consumo horario de los equipos, teniendo en cuenta la variación horaria de los parámetros de operación de los equipos, tales como: temperatura de distribución, temperatura de aire exterior, etc.
- d) Cálculo de los consumos horarios asociados a las demandas sensibles y latentes.

REAL DECRETO 235/2013, de 5 de abril

Este documento se publico en el Boletín Oficial del Estado (BOE) en España, en su número 89, el día sábado 13 de abril de 2013, en su sección I, página 27548 el cual se refiere a:

“El real decreto establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de éste puedan comparar y evaluar su eficiencia energética. Los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios o unidades de éste no se incluyen en este real decreto, ya que se establecen en el Código Técnico de la Edificación. De esta forma, valorando y comparando la eficiencia energética de los edificios, se favorecerá la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía. Además, este real decreto contribuye a informar de las emisiones de CO2 por el uso de la energía proveniente de fuentes emisoras en el sector residencial, lo que facilitará la adopción de medidas para reducir las emisiones y mejorar la calificación energética de los edificios”.

El dicho documento mencionado dispone de un artículo único:

Aprobación del Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

1. Se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.
2. Cuando se construyan, vendan o alquilen edificios o unidades de éstos, el certificado de eficiencia energética o una copia de éste se deberá mostrar al comprador o nuevo arrendatario potencial y se entregará al comprador o nuevo arrendatario, en los términos que se establecen en el Procedimiento básico.

La disposición transitoria primera, del documento se refiere a:

Adaptación al procedimiento.

Como complemento de los procedimientos y programas ya aprobados como documentos reconocidos para la calificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, con anterioridad a 1 de junio de 2013, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) pondrá a disposición del público los programas informáticos de calificación de eficiencia energética para edificios existentes, que serán de aplicación en todo el territorio nacional y que tendrán la consideración de documento reconocido y, por otra parte, se procederá a desarrollar un plan de formación e información a los sectores afectados por la certificación de eficiencia energética de los edificios existentes. La presentación o puesta a disposición de los compradores o arrendatarios del certificado de eficiencia energética de la totalidad o parte de un edificio, según corresponda, será exigible para los contratos de compraventa o arrendamiento celebrados a partir de dicha fecha.

Donde la Disposición derogatoria única, del documento se refiere a:

Derogación normativa.

1. Queda derogado el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

2. Asimismo, quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo establecido en el presente real decreto.

Y su disposición final, establece:

Incorporación de derecho de la Unión Europea.

Mediante este real decreto se incorpora al derecho español la regulación de la certificación de eficiencia energética de edificios prevista en la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

En el documento se encuentra la disposición general del Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, donde su artículo 1, define lo siguiente:

Calificación de la eficiencia energética de un edificio o parte del mismo: expresión de la eficiencia energética de un edificio o parte del mismo que se determina de acuerdo con la metodología de cálculo establecida en el documento reconocido correspondiente al Procedimiento básico y se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética.

Certificado de eficiencia energética del proyecto: documentación suscrita por el proyectista como resultado del proceso de certificación, que contiene información sobre las características energéticas y la calificación de eficiencia energética del proyecto de ejecución.

Certificado de eficiencia energética del edificio terminado: documentación suscrita por la dirección facultativa del edificio por el que se verifica la conformidad de las características energéticas y la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto de ejecución con la del edificio terminado.

Edificio: una construcción techada con paredes en la que se emplea energía para acondicionar el ambiente interior; puede referirse a un edificio en su conjunto o a partes del mismo que hayan sido diseñadas o modificadas para ser utilizadas por separado.

Eficiencia energética de un edificio: consumo de energía, calculado o medido, que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en calefacción, la refrigeración, la ventilación, la producción de agua caliente sanitaria y la iluminación.

Etiqueta de eficiencia energética: distintivo que señala el nivel de calificación de eficiencia energética obtenida por el edificio o unidad del edificio.

Envolvente del edificio: elementos integrados que separan su interior del entorno exterior.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011

Eficiencia Energética en edificaciones. Envoltente de edificios para uso habitacional

La Norma Oficial Mexicana fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE).

En México el acondicionamiento térmico de estas edificaciones repercute en gran medida en la demanda pico del sistema eléctrico, siendo mayor su impacto en las zonas norte y costeras del país, en donde es más común el uso de equipos de enfriamiento que el de calefacción.

En este sentido, esta norma optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envoltente, obteniéndose como beneficios, entre otros, el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento.

Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana limita la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional a través de su envoltente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana aplica a todos los edificios nuevos para uso habitacional y las ampliaciones de los edificios para uso habitacional existentes.

Método de Cálculo

La metodología utilizada en esta Norma es de cálculo por referencia; los cálculos de la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio para uso habitacional proyectado y del edificio para uso habitacional de referencia.

Cálculo de la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio para uso habitacional proyectado.

La ganancia de calor a través de la envoltente del edificio para uso habitacional proyectado, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\phi_p = \phi_{pc} + \phi_{ps}$$

En donde:

ϕ_p : es la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio para uso habitacional proyectado, en W;

ϕ_{pc} : es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y no opacas de la envoltente del edificio para uso habitacional proyectado, en W;

ϕ_{ps} : es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes no opacas de la envoltente del edificio para uso habitacional proyectado, en W.

Ganancia de calor por conducción

Es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, techo y superficie inferior y utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{pc} = \sum_{i=1}^6 \phi_{pci}$$

en donde:

i: son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste y 6 es superficie inferior.

Cualquier porción de la envolvente directamente sobre la tierra se considera que tiene una ganancia de calor de cero. Sin embargo, si el edificio para uso habitacional proyectado tiene ganancia de calor a través del piso, éste debe considerarse como una superficie inferior, y su ganancia de calor debe sumarse a la del resto de la envolvente.

La ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación *i*, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{pci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ei} - t)]$$

en donde:

ϕ_{pci} : es la ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación *i*, en W;

j: son las diferentes porciones que forman la parte de la componente de la envolvente. Cada porción tendrá un coeficiente global de transferencia de calor;

K_j: es el coeficiente global de transferencia de calor de cada porción, determinado según el Apéndice B, en W/m² K;

A_{ij}: es el área de la porción *j* con orientación *i*, en m²;

T_{ei}: es el valor de la temperatura equivalente promedio, para la orientación *i*, en °C;

t: es el valor de la temperatura interior del edificio para uso habitacional, en °C.

La ganancia de calor por radiación

Es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{ps} = \sum_{i=1}^5 \phi_{psi}$$

en donde:

i: son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste.

La ganancia de calor por radiación solar a través de la componente con orientación *i*, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{psi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS_j \times FG_i \times SE_{ij}]$$

en donde:

ψ_{psi}: es la ganancia de calor por radiación solar a través de las porciones no opacas de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, en W;

j: son las diferentes porciones transparentes que forman la parte de la componente de la envolvente. Cada porción tendrá un coeficiente de sombreado, un factor de ganancia de calor solar y un factor de corrección por sombreado exterior. Una porción típica de una parte no opaca es una pared de vidrio, o con bloques de vidrio;

A_{ij}: es el área de la porción transparente *j* con orientación *i*, en m²;

CS_j: es el coeficiente de sombreado del vidrio de cada porción transparente, según la especificación del fabricante, con valor a dimensional entre cero y uno;

FG_i: es la ganancia de calor solar por orientación, en W/m²;

SE_{ij}: es el factor de corrección por sombreado exterior para cada porción transparente, determinado según el elemento utilizado para sombrear con valor a dimensional entre cero y uno.

Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia

Para que el edificio para uso habitacional de referencia corresponda al edificio para uso habitacional proyectado, el área total de cada una de las componentes para cada orientación debe ser igual para ambos.

Las paredes del edificio para uso habitacional de referencia se consideran con 90% de parte opaca (muro) y 10% de parte no opaca (transparente) y el techo con 100% de parte opaca y 0% de parte no opaca.

La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\phi_r = \phi_{rc} + \phi_{rs}$$

en donde:

ϕ_r : es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, en W;

ϕ_{rc} : es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia por conducción, en W;

ϕ_{rs} : es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia por radiación solar, en W;

Ganancia de calor por conducción

Es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, y utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rc} = \sum_{i=1}^5 \phi_{rci}$$

en donde:

i: son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste.

La ganancia de calor por radiación solar a través de la componente con orientación i, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ei} - t)]$$

en donde:

ϕ_{rc} : es la ganancia de calor por conducción a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, en W;

j: son las diferentes partes de la componente de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia;

Kj: es el coeficiente global de transferencia de calor de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia j. Para las partes opacas se determina, en dos condiciones: edificio para uso habitacional hasta de tres niveles y condominios horizontales con muros compartidos, y edificios para uso habitacional de más de tres niveles; para las partes transparentes de los techos es 5,952 W/m² K y para las partes transparentes de las paredes es 5,319, en W/m² K;

Aij: es el área de cada parte de la envolvente j, con orientación i, en m²;

tei: es el valor de la temperatura equivalente promedio, para la orientación i, determinado, en °C;

t: es el valor de la temperatura interior del edificio para uso habitacional, en °C.

Ganancia de calor por radiación

Es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rs} = \sum_{i=1}^5 \phi_{rsi}$$

en donde:

i: son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste.

La ganancia de calor por radiación solar a través de la componente con orientación *i*, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rsi} = \sum_{i=1}^5 [Ar_i \times CSr_i \times FG_i]$$

en donde:

φ_{rsi}: es la ganancia de calor por radiación solar a través de la parte transparente de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, con orientación, en W;

Ar_i: es el área de la parte transparente de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, con orientación *i*, en m²;

CSr_i: es el coeficiente de sombreado del vidrio empleado en el edificio para uso habitacional de referencia, con orientación *i*, con valor a dimensional de 1.0 para todas la paredes;

FG_i: es la ganancia de calor solar por orientación, en W/m²;

Determinación del coeficiente global de transferencia de calor (**K**) de las porciones de la envolvente

Los valores del coeficiente global de transferencia de calor de las porciones de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, se determinaran de acuerdo al método de cálculo, coeficiente global de transferencia de calor, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$K = \frac{1}{M}$$

donde:

K: es el coeficiente global de transferencia de calor de una porción de la envolvente del edificio para uso habitacional, de superficie a superficie, en W/ m² K;

M: es el aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, en m² K/W;

para el edificio de uso habitacional de referencia los valores de (**K**) la NOM-020-ENER-2011, contiene dentro de su Apéndice normativo, las tablas para cada una de las ciudades dentro de la República mexicana, con los valores para el Cálculo del Flujo de Calor a Través de la Envolvente; donde aparecen directamente los valores establecidos para la ciudad de Saltillo, Coahuila.

Barreras de Vapor

La NOM-020-ENER-2011, contiene dentro de su Apéndice normativo, las tablas para cada una de las ciudades dentro de la República mexicana, donde es necesario colocar una barrera de vapor para que la envolvente del edificio de uso habitacional no pierda sus características térmicas; los valores establecidos para la ciudad de Saltillo, Coahuila, no muestran necesidad de una Barrera de vapor.

Orientación

Debido a que la ganancia de calor a través de las paredes varía con la orientación, se establecen en la NOM-020-ENER-2011, las siguientes convenciones:

NORTE: cuyo plano normal está orientado desde 45° al oeste y menos de 45° al este del norte.

ESTE: cuyo plano normal está orientado desde 45° al norte y menos de 45° al sur del este.

SUR: cuyo plano normal está orientado desde 45° al este y menos de 45° al oeste del sur.

OESTE: cuyo plano normal está orientado desde 45° al sur y menos de 45° al norte del oeste.

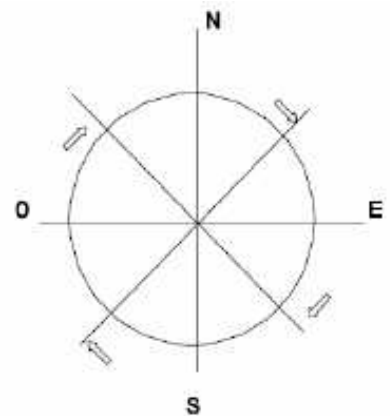


Figura 5: Establecimiento de la orientación según NOM-020-ENER-2011

Criterio de aceptación

El criterio de aceptación de la NOM-020-ENER-2011, está dado a partir del presupuesto energético obtenido por medio de la metodología de cálculo antes mencionada siempre que esta cumpla con lo establecido a continuación:

La ganancia de calor (ϕ_p) a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, debe ser menor o igual a la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia (ϕ_r), es decir:

$$\phi_p \leq \phi_r$$

Etiqueta de la NOM-020-ENER-2011

Los edificios para uso habitacional nuevos o las ampliaciones de edificios para uso habitacional existentes, incluidos en el campo de aplicación de la Norma Oficial Mexicana, deben mostrar una etiqueta que proporcione a los usuarios la información de la ganancia de calor máxima permitida por la Norma Oficial Mexicana (edificio para uso habitacional de referencia) y la ganancia de calor del edificio construido (edificio para uso habitacional proyectado) como se ejemplifica en la figura 6.

La etiqueta debe ir colocada en el acceso o vestíbulo principal del edificio para uso habitacional por medio de una placa de material plástico, acrílico o lámina galvanizada en color amarillo con caracteres en negro.

La etiqueta debe contener la información con las características propias de la NOM-020-ENER-2011, las cuales son:

El tipo de letra puede ser Arial o Helvética

Debe incluir la leyenda "EFICIENCIA ENERGETICA", en tipo negrita;

La leyenda "Ganancia de Calor", en tipo normal;

La leyenda "Determinada como se establece en la NOM-020-ENER-2011", en tipo normal.

La leyenda "Ubicación del Edificio para uso Habitacional" en tipo negrita.

La leyenda "Nombre", seguida del nombre del edificio para uso habitacional, en tipo normal.

La leyenda "Dirección", seguida de la dirección del edificio para uso habitacional, en tipo normal.

La leyenda "Colonia", seguida de la colonia en la que se encuentra el edificio para uso habitacional, en tipo normal.

La leyenda "Ciudad", seguida de la ciudad en la que se encuentra el edificio para uso habitacional, en tipo normal.

La leyenda "Delegación y/o Municipio", seguida de la delegación y/o estado en el que se encuentra el edificio para uso habitacional, en tipo normal.

La leyenda "Entidad Federativa", seguida de la entidad federativa en la que se encuentra el edificio para uso habitacional, en tipo normal.

La leyenda "Código Postal", seguida del código postal en el que se encuentra el edificio para uso habitacional, en tipo normal.

La leyenda "Ganancia de Calor del Edificio para uso habitacional de Referencia (Watts)", seguida del valor de la ganancia de calor.

La leyenda "Ganancia de Calor del Edificio para uso habitacional Proyectado (Watts)", seguida del valor de la ganancia de calor.

La leyenda "Ahorro de Energía", en tipo negrita

Una flecha con el porcentaje de ahorro de energía que tiene el edificio para uso habitacional comparado con el edificio para uso habitacional de referencia, obtenido con el siguiente cálculo, en tipo negrita.

Ahorro de Energía = $(1 - \text{ganancia de calor del edificio residencial proyectado} / \text{ganancia de calor del edificio residencial de referencia}) \times 100$

La flecha debe colocarse en el punto en que el ahorro de energía se presente gráficamente, de tal manera que coincida la punta y los tonos de la barra que están descritos en el inciso anterior.

La leyenda "Ahorro de Energía de este Edificio", en tipo normal, sobre la flecha

Una barra horizontal de 14 cm \pm 1,0 cm, de tonos crecientes de blanco hasta negro, con una escala en la parte interior de 0 a 100 en porcentaje, con divisiones de 10 en 10, en tipo normal, para edificios para uso habitacional hasta tres niveles y conjunto horizontal con muros compartidos y de 34 cm \pm 1,0 cm para edificios para uso habitacional de más de tres niveles.

Debajo de la barra en 0% debe colocarse la leyenda "menor ahorro", en tipo negrita y abajo de la barra en 100% debe colocarse la leyenda "mayor ahorro", en tipo negrita

La leyenda "Ahorro de Energía de este Edificio", en tipo normal, sobre la flecha

La leyenda "IMPORTANTE", en tipo negrita.

La leyenda "Cuando la ganancia calor del edificio proyectado sea igual a la del edificio de para uso habitacional el ahorro será del 0% y por lo tanto cumple con la norma. La etiqueta no debe retirarse del edificio" en tipo normal.

La leyenda "Fecha", seguida de la fecha en la que la Unidad de Verificación otorgó el dictamen de cumplimiento de acuerdo con la norma, en tipo normal.

La leyenda "Nombre y Clave de la Unidad de Verificación", seguida del nombre de la Unidad de Verificación que otorgó el dictamen de cumplimiento de acuerdo con la norma, en tipo normal.

Dimensiones

Las dimensiones de la etiqueta en la NOM-020-ENER-2011 deben ser:

Para edificios para uso habitacional hasta tres niveles y conjunto horizontal con muros compartidos:

Alto 30 cm \pm 1,0 cm

Ancho 20 cm \pm 1,0 cm

Para edificios para uso habitacional de más de tres niveles:

Alto 60 cm \pm 1,0 cm

Ancho 40 cm \pm 1,0 cm

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Ganancia de Calor

Determinada como se establece en la NOM-020-ENER-2011

Ubicación del Edificio para uso Habitacional

Nombre: _____

Dirección: _____

Colonia: _____

Ciudad: _____

Delegación y/o Municipio: _____

Entidad Federativa: _____

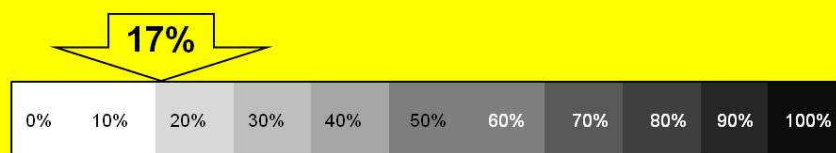
Código Postal: _____

Ganancia de Calor del Edificio para uso habitacional de Referencia (Watts): **346 392**

Ganancia de Calor del Edificio para uso habitacional Proyectado (Watts): **346 392**

Ahorro de Energía

Ahorro de Energía de este Edificio



Menor Ahorro

Mayor Ahorro

Fecha: _____

Nombre y Clave de la Unidad de Verificación: _____

Importante

Cuando la ganancia de calor del edificio proyectado sea igual a la del edificio de referencia el ahorro será del 0% y por lo tanto cumple con la norma. La etiqueta no debe retirarse del edificio.

Figura 6: Etiqueta de Eficiencia Energética según la NOM-020-ENER-2011

Código Técnico de la Edificación

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo en España que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

Las Exigencias Básicas de calidad que deben cumplir los edificios se refieren a materias de seguridad: seguridad estructural, seguridad contra incendios, seguridad de utilización; y habitabilidad: salubridad, protección frente al ruido y **ahorro de energía**.

En España la limitación de la demanda energética en los edificios está definida en el Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía, del Código Técnico de la Edificación - CTE.

El objeto este Documento Básico - DB tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía. Las secciones de este DB se corresponden con las exigencias básicas HE 1 a HE 5. La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Ahorro de energía".

En el artículo 15 de la Parte I del CTE, se establecen el objetivo del requisito básico "**Ahorro de energía**", como las exigencias básicas.

Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

1. El objetivo del requisito básico "Ahorro de energía" consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los *edificios*, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.

2. Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados del mismo.

3. El Documento Básico "DB HE Ahorro de energía" especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

15.1 Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

Los *edificios* dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la *demanda energética* necesaria para alcanzar el *bienestar térmico* en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los *puentes térmicos* para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

Dentro de los criterios generales de aplicación del DB-HE se menciona que pueden utilizarse otras soluciones diferentes a las contenidas en este DB, en cuyo caso deberá seguirse el procedimiento establecido en el artículo 5 de la Parte I del CTE, y deberá justificarse en el proyecto el cumplimiento de las exigencias básicas.

El "Catálogo de Elementos Constructivos del CTE" aporta valores para determinadas características técnicas exigidas en este documento básico. Los valores que el Catálogo asigna a soluciones constructivas que no se fabrican industrialmente sino que se generan en la obra tienen garantía legal en cuanto a su aplicación en los proyectos, mientras que para los productos de construcción fabricados industrialmente dichos valores tienen únicamente carácter genérico y orientativo.

De esta forma y de acuerdo a lo mencionado dentro del DB-HE y siendo este un documento oficial, los valores y elemento que se utilizan en él, podrán ser utilizados como base para el desarrollo de la metodología a proponer en esta investigación.

Sección HE 1

Limitación de demanda energética

Ámbito de aplicación

Esta Sección es de aplicación obligatoria para:

- a) edificios de nueva construcción;
- b) modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m² donde se renueve más del 25% del total de sus *cerramientos*.

Dentro del campo de aplicación de esta sección se excluyen:

- a) aquellas edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas;
- b) edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto;
- c) edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas;
- d) construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años;
- e) instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales;
- f) **edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m²¹¹.**

Procedimiento de verificación

Para la correcta aplicación de esta sección deben realizarse las verificaciones siguientes:

- a) en el proyecto se optará por uno de los dos procedimientos alternativos de comprobación siguientes:
 - i) opción simplificada, basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los *cerramientos* y *particiones interiores* que componen su envolvente térmica. La comprobación se realiza a través de la comparación de los valores obtenidos en el cálculo con los valores límite permitido. Esta opción

¹¹ Como reseña se menciona en letra negrita el inciso f) para hacer mención sobre la edificación a analizar en la investigación, siendo esta una vivienda unifamiliar asilada de más de 50 m², puede ser de entera aplicación los siguientes procedimientos y métodos.

podrá aplicarse a obras de edificación de nueva construcción y a obras de rehabilitación de edificios existentes;

ii) opción general, basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción. Esta opción podrá aplicarse a todos los edificios.

En ambas opciones se limita la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los *cerramientos* y se limitan las pérdidas energéticas debidas a las infiltraciones de aire, para unas condiciones normales de utilización de los edificios.

b) durante la construcción de los edificios se comprobarán las indicaciones, que en el proyecto se definirán y justificarán las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, así como las condiciones de ejecución de cada unidad de obra, con las verificaciones y controles especificados para comprobar su conformidad con lo indicado en dicho proyecto, según lo indicado en el artículo 6 de la Parte I del CTE.

Cálculo y dimensionado

Datos previos

Zonificación climática

Para la limitación de la demanda energética se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano. En general, la zona climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de los valores tabulados. En localidades que no sean capitales de provincia y que dispongan de registros climáticos contrastados, se podrán emplear, **previa justificación, zonas climáticas específicas.**

Clasificación de los espacios

Los espacios interiores de los edificios se clasifican en *espacios habitables* y *espacios no habitables*.

A efectos de cálculo de la demanda energética, los *espacios habitables* se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:

a) espacios con carga interna baja: espacios en los que se disipa poco calor. Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.

b) espacios con carga interna alta: espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio.

A efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los *espacios habitables* se caracterizan por el *exceso de humedad interior*. En ausencia de datos más precisos y de acuerdo con la clasificación que se expresa en la norma EN ISO 13788: 2002 se establecen las siguientes categorías:

a) espacios de clase de higrometría 5: espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías y piscinas;

b) espacios de clase de higrometría 4: espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar;

c) espacios de clase de higrometría 3 o inferior: espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes

La *envolvente térmica* del edificio, como muestra la figura 7, está compuesta por todos los *cerramientos* que limitan *espacios habitables* con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las *particiones interiores* que limitan los *espacios habitables* con los *espacios no habitables* que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

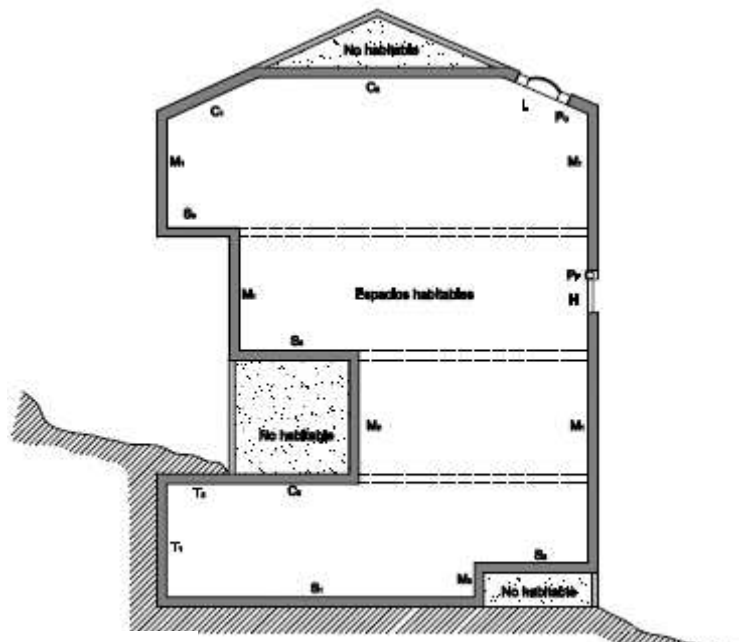


Figura 7: Esquema de envolvente térmica de un edificio

Los *cerramientos* y *particiones interiores* de los *espacios habitables* se clasifican según su situación en las siguientes categorías:

a) cubiertas, comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal;

b) suelos, comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un *espacio no habitable*;

c) fachadas, comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la figura 8. La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo α que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario;

- d) medianerías, comprenden aquellos *cerramientos* que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada;
- e) cerramientos en contacto con el terreno, comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno;
- f) particiones interiores, comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

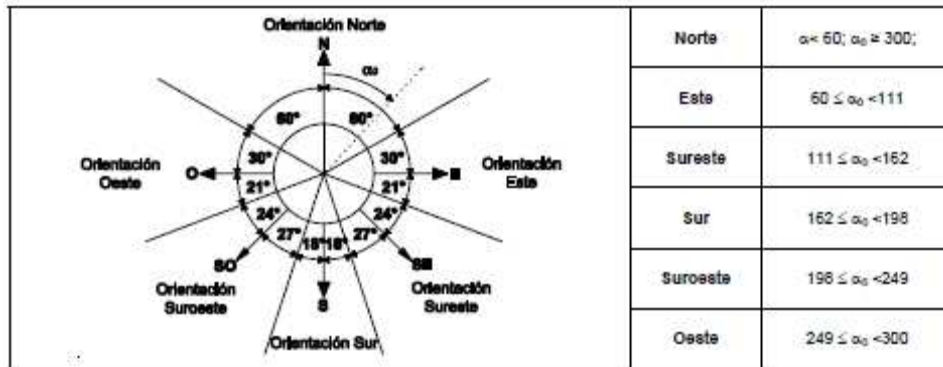


Figura 8: Orientaciones de Fachadas según CTE-HE1

Los *cerramientos* de los *espacios habitables* se clasifican según su diferente comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos en las siguientes categorías:

- a) cerramientos en contacto con el aire:
- i) parte opaca, constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados;
 - ii) parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas.
- b) cerramientos en contacto con el terreno, clasificados según los tipos siguientes:
- i) suelos en contacto con el terreno;
 - ii) muros en contacto con el terreno;
 - iii) cubiertas enterradas.
- c) *particiones interiores* en contacto con *espacios no habitables*, clasificados según los tipos siguientes:
- i) *particiones interiores* en contacto con cualquier *espacio no habitable* (excepto cámaras sanitarias);
 - ii) suelos en contacto con cámaras sanitarias.

Dentro del procedimiento de verificación del DB-HE1 se mencionan las opciones Simplificada y la General, las cuales forman parte del análisis de esta investigación a continuación definida cada una.

Procedimiento general para edificios en proyecto y terminado Lider y Calener VyP

Opción general

Aplicación de la opción general

Objeto

El objeto de la opción general es cuádruple y consiste en:

a) limitar la demanda energética de los edificios de una manera directa, evaluando dicha demanda mediante el método de cálculo especificado. Esta evaluación se realizará considerando el edificio en dos situaciones:

i) como **edificio objeto**, es decir, el edificio tal cual ha sido proyectado en geometría (forma y tamaño), construcción y operación;

ii) como **edificio de referencia**, que tiene la misma forma y tamaño del edificio objeto; la misma zonificación interior y el mismo uso de cada zona que tiene el edificio objeto;

los mismos obstáculos remotos del edificio objeto; y unas calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta por un lado y unos elementos de sombra por otro que garantizan el cumplimiento de las exigencias de demanda energética, establecidas en el DB-HE del CTE;

b) limitar la presencia de condensaciones en la envolvente térmica,

c) limitar las infiltraciones de aire para las condiciones establecidas.

Aplicabilidad

La única limitación para la utilización de la opción general es la derivada del uso en el edificio de soluciones constructivas innovadoras cuyos modelos no puedan ser introducidos en el programa informático que se utilice.

En el caso de utilizar soluciones constructivas no incluidas en el programa se justificarán en el proyecto las mejoras de ahorro de energía introducidas y que se obtendrán mediante método de simulación o cálculo al uso.

Conformidad con la opción

El procedimiento de aplicación para verificar que un edificio es conforme con la opción general consiste en comprobar que:

a) las demandas energéticas de la *envolvente térmica* del edificio objeto para régimen de calefacción y refrigeración son ambas inferiores a las del edificio de referencia. Por régimen de calefacción se entiende, como mínimo, los meses de diciembre a febrero ambos inclusive y por régimen de refrigeración los meses de junio a septiembre, ambos inclusive.

Como excepción, se admite que en caso de que para el edificio objeto una de las dos demandas anteriores sea inferior al 10% de la otra, se ignore el cumplimiento de la restricción asociada a la demanda más baja.

Además para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los *cerramientos y particiones interiores* de la *envolvente térmica* tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 1, en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianeras	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00
(1) Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m					
(2) Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de las cámaras sanitarias, se consideran como suelos					
(3) Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas					

Tabla 1: Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones de la envolvente térmica U en W/m²K

b) la humedad relativa media mensual en la superficie interior sea inferior al 80% para controlar las condensaciones superficiales. Comprobar, además, que la humedad acumulada en cada capa del cerramiento se seca a lo largo de un año, y que la máxima condensación acumulada en un mes no sea mayor que el valor admisible para cada material aislante.

c) el cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos.

d) en el caso de edificios de viviendas, la limitación de la transmitancia térmica de las *particiones interiores* que limitan las unidades de uso con las zonas comunes del edificio.

Estas comprobaciones se han de realizar mediante programas informáticos que desarrollen el método de cálculo.

Método de cálculo

Especificaciones del método de cálculo

El método de cálculo que se utilice para demostrar el cumplimiento de la opción general se basará en cálculo hora a hora, en régimen transitorio, del comportamiento térmico del edificio, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitaciones exteriores e interiores y considerando los efectos de masa térmica.

El desarrollo del método de cálculo debe contemplar los aspectos siguientes:

a) particularización de las solicitaciones exteriores de radiación solar a las diferentes orientaciones e inclinaciones de los *cerramientos* de la envolvente, teniendo en cuenta las sombras propias del edificio y la presencia de otros edificios u obstáculos que pueden bloquear dicha radiación;

b) determinación de las sombras producidas sobre los huecos por obstáculos de fachada tales como voladizos, retranqueos, salientes laterales, etc.;

c) valoración de las ganancias y pérdidas por conducción a través de cerramientos opacos y huecos acristalados considerando la radiación absorbida;

- d) transmisión de la radiación solar a través de las superficies semitransparentes teniendo en cuenta la dependencia con el ángulo de incidencia;
- e) valoración del efecto de persianas y cortinas exteriores a través de coeficientes correctores del factor solar y de la transmitancia térmica del hueco.
- f) cálculo de infiltraciones a partir de la permeabilidad de las ventanas;
- g) comprobación de la limitación de condensaciones superficiales e intersticiales;
- h) toma en consideración de la ventilación en términos de renovaciones/hora para las diferentes zonas y de acuerdo con unos patrones de variación horarios y estacionales.
- i) valoración del efecto de las cargas internas, diferenciando sus fracciones radiantes y convectivas y teniendo en cuenta variaciones horarias de la intensidad de las mismas para cada zona térmica;
- j) valoración de la posibilidad de que los espacios se comporten a temperatura controlada o en oscilación libre (durante los periodos en los que la temperatura de éstos se sitúe espontáneamente entre los valores de consigna y durante los periodos sin ocupación);
- k) acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio que se encuentren a diferente nivel térmico.

Descripción del edificio necesaria para la utilización del método de cálculo

Para el uso de la opción general se debe disponer de los datos que se detallan a continuación. Para la definición geométrica será necesario especificar los siguientes datos o parámetros:

- a) situación, forma, dimensiones de los lados, orientación e inclinación de todos los cerramientos de *espacios habitables* y *no habitables*. De igual manera se precisará si están en contacto con aire o con el terreno;
- b) longitud de los puentes térmicos, tanto de los integrados en las fachadas como de los lineales procedentes de encuentros entre *cerramientos*;
- c) para cada cerramiento la situación, forma y las dimensiones de los huecos (puertas, ventanas, lucernarios y claraboyas) contenidos en el mismo;
- d) para cada hueco la situación, forma y las dimensiones de los obstáculos de fachada, incluyendo retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales y cualquier otro elemento de control solar exterior al hueco;
- e) para las persianas y cortinas exteriores no se definirá su geometría sino que se incluirán coeficientes correctores de los parámetros de caracterización del hueco;
- f) La situación, forma y dimensiones de aquellos obstáculos remotos que puedan arrojar sombra sobre los *cerramientos* exteriores del edificio.

Para la definición constructiva se precisarán para cada tipo de cerramiento los datos siguientes:

a) Parte opaca de los *cerramientos*:

i) espesor y propiedades de cada una de las capas (conductividad térmica, densidad, calor específico y factor de resistencia a la difusión del vapor de agua);

ii) absorptividad de las superficies exteriores frente a la radiación solar en caso de que el cerramiento esté en contacto con el aire exterior;

iii) factor de temperatura de la superficie interior en caso de que se trate de cerramientos sin capa aislante.

b) Puentes térmicos:

i) transmitancia térmica lineal

c) Huecos y lucernarios:

i) transmitancia del acristalamiento y del marco;

ii) factor solar del acristalamiento;

iii) absorptividad del marco;

iv) corrector del factor solar y corrector de la transmitancia para persianas o cortinas exteriores;

v) permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos para una sobrepresión de 100 Pa. (Para las puertas se proporcionará siempre un valor por defecto igual a 60 m³/hm²).

Se especificará para cada espacio si se trata de un *espacio habitable* o *no habitable*, indicando para estos últimos, si son de baja carga interna o alta carga interna.

Se indicarán para cada espacio la categoría del mismo en función de la clase de higrometría o, en caso de que se pueda justificar, la temperatura y la humedad relativa media mensual de dicho espacio para todos los meses del año.

Programa informático de referencia

El método de cálculo de la opción general se formaliza a través de un programa informático oficial o de referencia que realiza de manera automática los aspectos mencionados en el apartado anterior, previa entrada de los datos necesarios.

La versión oficial de este programa se denomina Limitación de la Demanda Energética, **LIDER**, y **CALENER VYP** tienen la consideración de Documento Reconocido del CTE, estando disponible al público para su libre utilización.

Métodos alternativos de cálculo

Para la verificación de la opción general se podrán utilizar otros programas de ordenador alternativos basados en el método de cálculo y que sean Documentos Reconocidos del CTE.

Con el fin de que cualquier programa informático que desarrolle el método de cálculo pueda ser aceptado como procedimiento válido para cumplimentar la opción general, éste debe ser validado con el procedimiento que se establezca para su reconocimiento.

Procedimiento simplificado para edificios de nueva construcción, en proyecto y terminado Cerma

CERMA es un Documento Reconocido para la certificación de eficiencia energética, según lo dispuesto en el artículo 3 del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento Básico para la certificación energética de **edificios residenciales de nueva construcción**, que tiene como base de cálculo para el procedimiento de verificación del DB-HE del CTE, el método de opción simplificada.

Opción simplificada

Aplicación de la opción

Objeto

El objeto de la opción simplificada es:

- a) limitar la demanda energética de los edificios, de una manera indirecta, mediante el establecimiento de determinados valores límite de los parámetros de transmitancia térmica U y del factor solar modificado F de los componentes de la *envolvente térmica*;
- b) limitar la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos para las condiciones ambientales establecidas en el DB-HE;
- c) limitar las infiltraciones de aire en los huecos y lucernarios;
- d) limitar en los edificios de viviendas la transmisión de calor entre las *unidades de uso* calefactadas y las zonas comunes no calefactadas.

Aplicabilidad

Puede utilizarse la opción simplificada cuando se cumplan simultáneamente las condiciones siguientes:

- a) que la superficie de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie;
- b) que la superficie de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.

Como excepción, se admiten superficies de huecos superiores al 60% en aquellas fachadas cuyas áreas supongan un porcentaje inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio.

Quedan excluidos aquellos edificios cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales tales como *muros Trombe*, *muros parietodinámicos*, *invernaderos adosados*, etc.

En el caso de obras de rehabilitación, se aplicarán a los nuevos cerramientos los criterios establecidos en esta opción.

Cerramientos y particiones interiores objeto de la opción

Son objeto de esta opción simplificada los *cerramientos y particiones interiores* que componen la *envolvente térmica* del edificio y que se define en el apartado de definición de la envolvente térmica del edificio del DB-HE.

A efectos de limitación de la demanda, se incluirán en la consideración anterior sólo aquellos *puentes térmicos* cuya superficie sea superior a 0,5 m² y que estén integrados en las fachadas, tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persiana.

No se incluirán en la consideración anterior las puertas cuyo porcentaje de superficie semitransparente sea inferior al 50 %.

Conformidad con la opción simplificada

El procedimiento de aplicación mediante la opción simplificada es el siguiente:

- a) determinación de la zona climática;
- b) clasificación de los espacios del edificio;
- c) definición de la *envolvente térmica* y cerramientos objeto;
- d) comprobación del cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire establecidas en el DB-HE, de las carpinterías de los huecos y lucernarios de la *envolvente térmica*;
- e) cálculo de los parámetros característicos de los distintos componentes de los *cerramientos y particiones interiores*;
- f) limitación de la demanda energética:
 - i) comprobación de que cada una de las transmitancias térmicas de los *cerramientos y particiones interiores* que conforman la *envolvente térmica* es inferior al valor máximo indicado en el DB-HE, en su apartado, Caracterización y cuantificación de las exigencias de la Demanda energética de los edificios;
 - ii) cálculo de la media de los distintos parámetros característicos para la zona con baja carga interna y la zona de alta carga interna del edificio;
 - iii) comprobación de que los parámetros característicos medios de la zona de baja carga interna y la zona de alta carga interna son inferiores a los valores límite de los parámetros característicos medios;
 - iv) en edificios de vivienda, limitación de la transmitancia térmica de las *particiones interiores* que separan las unidades de uso con las zonas comunes del edificio;
- g) control de las condensaciones intersticiales y superficiales.

Comprobación de la limitación de la demanda energética

Parámetros característicos medios

Tanto para las zonas de baja carga interna como para las zonas de alta carga interna de los edificios, se calculará el valor de los parámetros característicos de los *cerramientos* y *particiones interiores* como describe el cálculo de transmitancias térmicas del DB-HE y se agruparán en las categorías descritas anteriormente.

Para cada categoría se determinará la media de los parámetros característicos U y F, que se obtendrá ponderando los parámetros correspondientes a cada cerramiento según su fracción de área en relación con el área total de la categoría a la que pertenece.

Se obtendrán de esta manera, los siguientes valores:

- a) transmitancia media de cubiertas UCm, incluyendo en el promedio la transmitancia de los lucernarios UL y los puentes térmicos integrados en cubierta UPC;
- b) transmitancia media de suelos USm;
- c) transmitancia media de muros de fachada para cada orientación UMm, incluyendo en el promedio los puentes térmicos integrados en la fachada tales como contorno de huecos UPF1, pilares en fachada UPF2 y de cajas de persianas UPF3, u otros;
- d) transmitancia media de cerramientos en contacto con el terreno UTm;
- e) transmitancia media de huecos de fachadas UHm para cada orientación;
- f) factor solar modificado medio de huecos de fachadas FHm para cada orientación;
- g) factor solar modificado medio de lucernarios de cubiertas FHm.

Las áreas de los cerramientos se considerarán a partir de las dimensiones tomadas desde el interior del edificio.

Valores límite de los parámetros característicos medios

Tanto para las zonas de baja carga interna como para la zonas de alta carga interna de los edificios, los parámetros característicos medios de los *cerramientos* y *particiones interiores* que limitan los *espacios habitables* serán inferiores a los valores límite indicados en las tablas de transmitancia máxima del DB-HE, en función de la zona climática en la que se encuentre el edificio, de la siguiente manera:

- a) la transmitancia media de muros de fachada UMm para cada orientación y la transmitancia media de cerramientos en contacto con el terreno UTm serán inferiores a la transmitancia límite de muros UMLim;
- b) la transmitancia media de suelos USm será inferior a la transmitancia límite de suelos USlim;
- c) la transmitancia media de cubiertas UCm será inferior a la transmitancia límite de cubiertas UCLim;
- d) El factor solar modificado medio de lucernarios FLm será inferior al factor solar modificado límite de lucernarios FLLim.

e) la transmitancia media de huecos U_{Hm} en función del porcentaje de huecos y de la transmitancia media de muros de fachada U_{Mm} será inferior, para cada orientación, a la transmitancia límite de huecos U_{Hlim};

f) el factor solar modificado medio de huecos F_{Hm} en función del porcentaje de huecos y de la zona del edificio de la que se trate (de baja carga interna o de alta carga interna) será inferior, para cada orientación de fachada, al factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}.

El esquema de envolvente térmica de un edificio en la tabla 2 muestra el resumen la verificación.

Cerramientos y particiones interiores	Componentes		Parámetros característicos	Parámetros característicos medios	Comparación con los valores límites
CUBIERTAS	C ₁	En contacto con el aire	U _{C1}	$U_{ca} = \frac{\sum A_c \cdot U_c + \sum A_{lc} \cdot U_{lc} + \sum A_L \cdot U_L}{\sum A_c + \sum A_{lc} + \sum A_L}$	U _{ca} ≤ U _{clim}
	C ₂	En contacto con un espacio no habitable	U _{C2}		
	P _c	Puente térmico (Contorno de lucernario > 0,5 m ²)	U _{PC}		
	L	Lucernarios	U _L F _L	$F_{lm} = \frac{\sum A_p \cdot F_L}{\sum A_p}$	
FACHADAS	M ₁	Muro en contacto con el aire	U _{M1}	$U_{ma} = \frac{\sum A_o \cdot U_o + \sum A_{mo} \cdot U_{mo}}{\sum A_o + \sum A_{mo}}$	U _{ma} ≤ U _{mlim}
	M ₂	Muro en contacto con espacios no habitables	U _{M2}		
	P _{F1}	Puente térmico (contorno de huecos > 0,5 m ²)	U _{PF1}		
	P _{F2}	Puente térmico (pilares en fachada > 0,5 m ²)	U _{PF2}		
	P _{F3}	Puente térmico (cajas de persiana > 0,5 m ²)	U _{PF3}		
	H	Huecos	U _H	$U_{ho} = \frac{\sum A_o \cdot U_o}{\sum A_o}$		U_{ho} ≤ U_{Hlim}
F _H	$F_{hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$		F _{hm} ≤ F _{Hlim}		
SUELOS	S ₁	Apoyados sobre el terreno	U _{S1}	$U_{sa} = \frac{\sum A_s \cdot U_s}{\sum A_s}$	U _{sa} ≤ U _{salm}
	S ₂	En contacto con espacios no habitables	U _{S2}		
	S ₃	En contacto con el aire exterior	U _{S3}		
CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO	T ₁	Muros en contacto con el terreno	U _{T1}	$U_{sa} = \frac{\sum A_t \cdot U_t}{\sum A_t}$	U _{sa} ≤ U _{salm}
	T ₂	Cubiertas enterradas	U _{T2}		
	T ₃	Suelos a una profundidad mayor de 0,5 m	U _{T3}		

Tabla 2: Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite

En el caso de que en una determinada fachada el porcentaje de huecos sea superior al 60% de su superficie y suponga un área inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio, la transmitancia media de dicha fachada U_F (incluyendo parte opaca y huecos) será inferior a la transmitancia media que resultase si el porcentaje fuera del 60%.

Procedimiento simplificado para Certificación de Eficiencia Energética de edificios de vivienda – Ce2

Procedimiento simplificado de carácter prescriptivo para edificios de viviendas

Es un proyecto de investigación asignado al Grupo de Termotecnia de AICIA por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía, titulado: Certificación Energética Prescriptiva Para Viviendas de Protección Social En Andalucía. La propuesta citada fue aceptada en la ORDEN de 27 de Diciembre de 2006 (BOJA del 12 de Enero de 2007).

Este Procedimiento para certificar las viviendas de nueva construcción, toma en cuenta las diferentes demandas energéticas en la vivienda, correspondientes a la calefacción, refrigeración y uso de ACS (agua caliente sanitaria); de este procedimiento quedan excluidas las viviendas que no cumplan con cerramientos y características constructivas dentro de la normativa el CTE (Código Técnico de la Edificación)

Ámbito de aplicación

El procedimiento es aplicable a todos los edificios destinados a vivienda (unifamiliar y en bloque) ubicados en las 12 zonas climáticas en las que se ha subdividido la geografía española, con la excepción de los territorios no peninsulares, es decir, las localidades situadas en Islas Baleares, Islas Canarias y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla. Para estos territorios se desarrollará un procedimiento complementario personalizado, para tener en cuenta la especificidad de latitud (caso de Canarias), los coeficientes de reparto particulares de las capitales de provincia insulares y la situación particular de la producción de energía eléctrica.

Las otras limitaciones a su aplicación son las derivadas de la aplicabilidad de la opción simplificada del CTE DB-HE1, es decir, podrá utilizarse el procedimiento simplificado cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- a) que el porcentaje de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie;
- b) que el porcentaje de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.

Como excepción, se admiten porcentajes de huecos superiores al 60% en aquellas fachadas cuyas áreas supongan un porcentaje inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio.

Quedan excluidos de este procedimiento aquellos edificios cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales tales como muros Trombe, muros parietodinámicos, invernaderos adosados, fachadas ventiladas etc.

Esquema general de cálculo

La Clase de Eficiencia Energética obtenida por el edificio se expresa en función del Indicador de Eficiencia Energética Global IEEG. El procedimiento que se sigue para obtener el Indicador de Eficiencia Energética Global se representa mediante la figura 9:

La metodología que utiliza el esquema de cálculo es por medio de una lista y fichas de indicadores que se deben de completar de acuerdo a las diferentes especificaciones que integran la vivienda, como los datos generales del sistema constructivo y los diferentes sistemas y demandas de las instalaciones antes mencionadas. El proceso a seguir consiste en

seleccionar y cumplimentar las fichas que se correspondan con el tipo de edificio que estemos tratando y el clima concreto en el que se ubica dicho edificio.

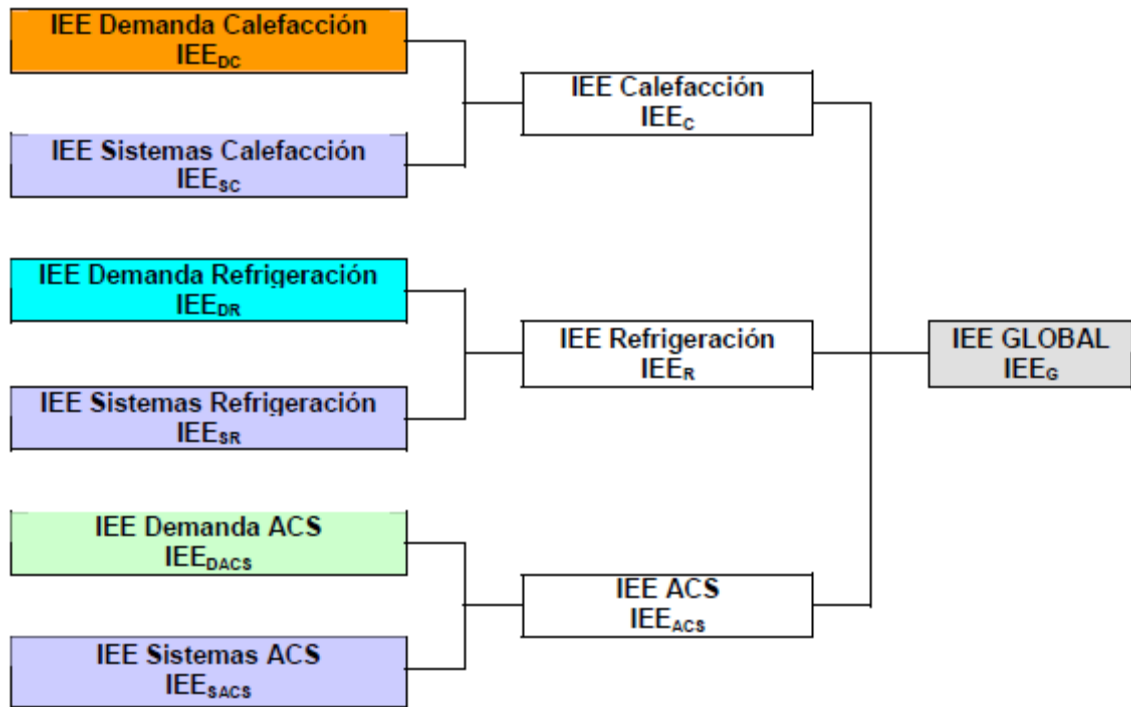


Figura 9: Esquema del general de cálculo por el que se obtiene el Indicador de Eficiencia Energética Global IEE_G.

Etiqueta de Eficiencia Energética Lider, Calener VyP, Cerma y Ce2

La etiqueta de eficiencia energética de edificios en territorio español se ajusta al contenido de la figura 10.

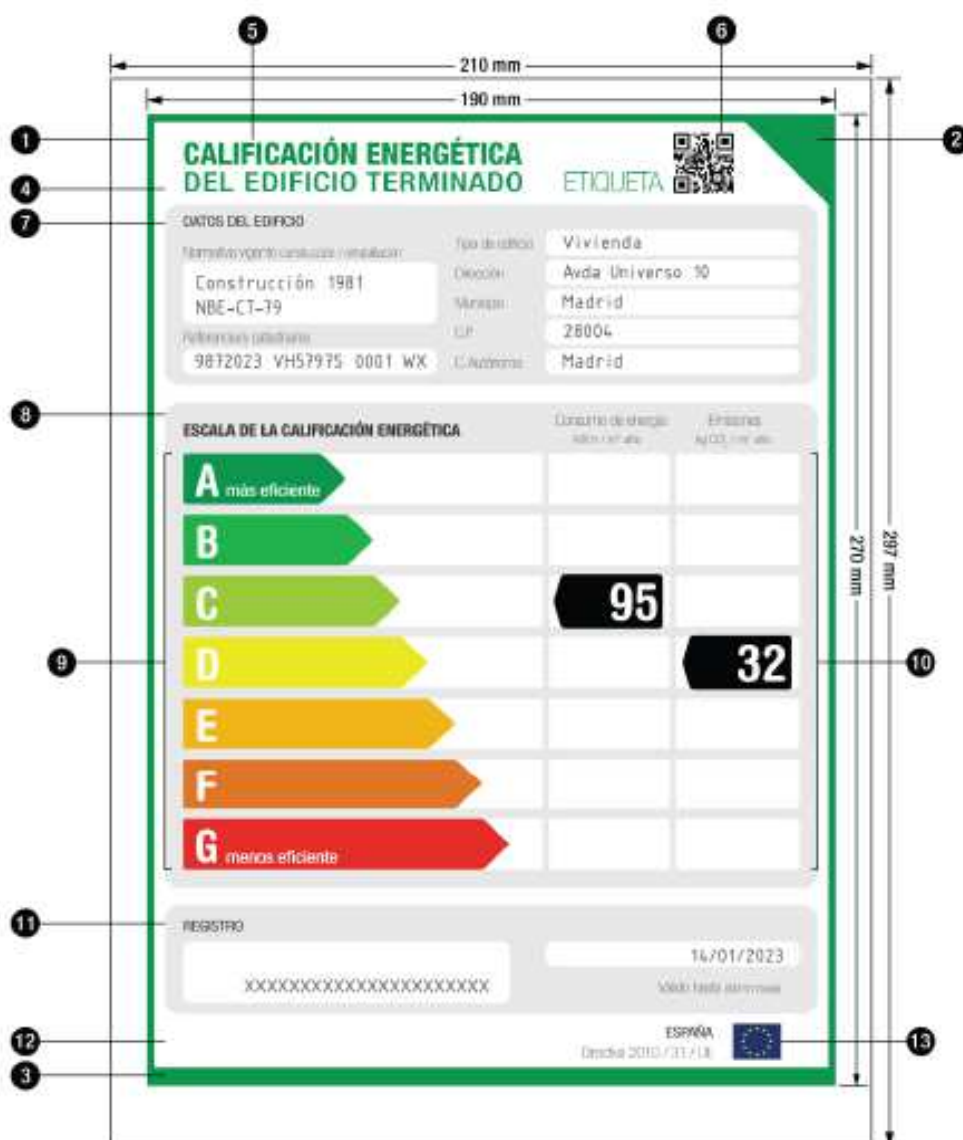


Figura 10: Etiqueta de Calificación Energética del territorio Español según CTE

Tiene en cuenta las siguientes precisiones:

- i. La etiqueta medirá al menos 190 mm de ancho y 270 mm de alto. Cuando se imprima en un formato mayor, su contenido deberá mantener las proporciones de las citadas especificaciones.
- ii. El fondo será blanco
- iii. Los colores serán CMYK (cian, magenta, amarillo y negro) con arreglo al ejemplo siguiente: 00-70-X-00: cian 0 %, magenta 70 %, amarillo 100 %, negro 0 %.
- iv. Serán válidas todas las lenguas oficiales del Estado Español.
- v. La etiqueta cumplirá todos los requisitos siguientes (los números se refieren a la figura anterior):

1. Reborde de la etiqueta: trazo 2 mm en bordes izquierdo, superior y derecho; y trazo de 4 mm en el borde inferior - color: para *edificios terminados*: verde 85-15-95-30; y para *proyectos*: naranja 10-65-100-10.
2. Esquina de la etiqueta: chaflán de 20 mm – 20 mm - color: para *edificios terminados*: verde 85-15-95-30; y para *proyectos*: naranja 10-65-100-10.
3. Borde inferior de la etiqueta: trazo 4 mm en borde inferior.
4. Cabecera de la etiqueta:
5. Título de la etiqueta: ancho: 180 mm – alto: 20 mm – fondo: 00-00-00-00.
 - a. 1ª línea: “CALIFICACIÓN ENERGÉTICA” fuente: Helvética Condensed Heavy 24 pt.
 - b. 2ª línea: “DEL EDIFICIO TERMINADO” o “DEL PROYECTO” fuente: Helvética Condensed Medium 24 pt.
 - c. Color: para *edificios terminados*: verde 85-15-95-30; y para *proyectos*: naranja 10-65-100-10.
6. Código BIDI: ancho: 18 mm – alto: 18 mm.
 - a. Título “ETIQUETA” fuente: Helvética Condensed Thin 24 pt. Color: para *edificios terminados*: verde 85-15-95-30; y para *proyectos*: naranja 10-65-100-10.
7. Datos del edificio:
 - a. Área rectangular: ancho: 180 mm – alto: 50 mm – esquinas redondeadas con radio: 4 mm – color: 00-00-00-10.
 - b. Título “DATOS DEL EDIFICIO” fuente: Helvética Condensed Roman 13 pt – color: 00-00-00-X.
 - c. Texto descriptivo de las casillas de formulario: fuente: Helvética Condensed Thin 13 pt – color: 00-00-00-55.
 - d. Casillas de formulario: ancho: variable – alto: 17 a 7 mm – color: 00-00-00-00.
 - e. Texto a introducir en las casillas de formulario: fuente: Arial Normal 9-13 pt – color: 00-00-00-X.
8. Escala de la calificación energética: ancho: 180 mm – alto: 135 mm – esquinas redondeadas con radio: 4 mm – color: 00-00-00-10.
 - a. Título “ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA” fuente: Helvética Condensed Heavy 13 pt – color: 00-00-00-X.
 - b. Texto descriptivo de las casillas de formulario: fuente: Helvética Condensed Thin 13 pt – color: 00-00-00-55.

9. Escala de A (más eficiente) a G (menos eficiente):

a. Flecha: ancho: para clase A 45 mm – para clase G 90 mm - alto: 14 mm - espacio: 3 mm – colores:

– Clase A: 85-15-95-30.

– Clase B: 80-00-X-00.

– Clase C: 45-00-X-00.

– Clase D: 10-00-95-00.

– Clase E: 05-30-X-00.

– Clase F: 10-65-X-00.

– Clase G: 05-95-95-00.

b. Texto “A” – “G”: fuente: Helvética Rounded Condensed Bold 35 pt – color: 00-00-00-00.

c. Texto “más eficiente”, “menos eficiente”: fuente: Helvética Condensed Medium 15 pt – color: 00-00-00-00.

10. Calificación energética:

a. Flecha: ancho: 30 mm - alto: 15 mm - colores: 00-00-00-X.

b. Valor: fuente: Helvética Rounded Condensed Bold 45 pt – color: 00-00-00-00.

11. Registro:

a. Área rectangular: ancho: 180 mm – alto: 30 mm – esquinas redondeadas con radio: 4 mm – color: 00-00-00-10.

b. Título “REGISTRO” fuente: Helvética Condensed Roman 13 pt – color: 00-00-00-X.

c. Texto descriptivo de las casillas de formulario: fuente: Helvética Condensed Thin 13 pt – color: 00-00-00-55.

d. Casillas de formulario: ancho: variable – alto: 17 a 7 mm – color: 00-00-00-00.

e. Texto a introducir en las casillas de formulario: fuente: Arial Normal 9-13 pt – color: 00-00-00-X.

12. Pie de etiqueta: ancho: 180 mm – alto: 20 mm – fondo: 00-00-00-00.

a. Texto “ESPAÑA”: fuente: Helvética Condensed Roman 13 pt – color: 00-00-00-X.

b. Texto “Directiva 2010/31/UE”: fuente: Helvética Condensed Thin 13 pt – color: 00-00-00-55.

13. Logotipo de la Unión Europea: ancho: 14 mm – alto: 10 mm.

Casos particulares del uso de la etiqueta

i. Para la inclusión de la etiqueta de eficiencia energética en la publicidad de venta o alquiler de edificios, a través de folletos o portales inmobiliarios, se permite el reducir o agrandar la etiqueta siempre que se mantenga el formato y las proporciones establecidas y sea legible.

ii. También en estos casos, se permitirá que, manteniendo el formato y las proporciones, se muestren solo las escalas y los valores de la etiqueta como se muestra en el ejemplo de la figura 11:



Figura 11: Caso particular: Etiqueta de Calificación Energética

iii. En el caso de anuncios de prensa se permitirá mencionar solo la calificación energética en Consumo y en Emisiones (letra asociada a las mismas).

iv. En los carteles de venta o alquiler que se colocan en el exterior de los edificios, y en los que solo aparece un teléfono de contacto no es necesario que aparezca la calificación energética.

Escala de calificación de eficiencia energética para edificios destinados a vivienda.

Los edificios de viviendas regulados por este procedimiento básico se clasifican energéticamente de acuerdo con la tabla 3, tanto si corresponde a viviendas unifamiliares como en bloque.

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índices de calificación de eficiencia energética
A	$C1 < 0,15$
B	$0,15 \leq C1 < 0,50$
C	$0,50 \leq C1 < 1,00$
D	$1,00 \leq C1 < 1,75$
E	$C1 > 1,75$ y $C2 < 1,00$
F	$C1 > 1,75$ y $1,00 \leq C2 < 1,5$
G	$C1 > 1,75$ y $1,50 \leq C2$

Tabla 3: Calificación de Eficiencia Energética de edificios destinados a viviendas

La calificación de eficiencia energética asignada al edificio será la correspondiente a los índices de calificación de eficiencia energética obtenidos por el mismo, dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente).

Los índices de calificación de eficiencia energética C1 y C2 de las viviendas unifamiliares o en bloque se obtienen respectivamente mediante las formulas siguientes:

$$C1 = \frac{\left(\frac{I_o}{I_r} R\right) - 1}{2(R - 1)} + 0,6$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{I_o}{I_s} R'\right) - 1}{2(R' - 1)} + 0,5$$

Donde:

I_o: son las emisiones anuales de CO₂ ó el consumo anual de energía primaria no renovable del edificio objeto calculadas de acuerdo con la metodología descrita en el documento reconocido de especificaciones técnicas de la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética y limitadas a los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

I_r: corresponde al valor medio de las emisiones anuales de CO₂ ó el consumo anual de energía primaria no renovable de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados del Documento Básico de Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, aprobado mediante el RD 314/2006, excepto el relativo a aportación solar fotovoltaica

R: es el ratio entre el valor de *I_r* y el valor de emisiones anuales de CO₂ ó el consumo anual de energía primaria no renovable de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondiente al percentil del 10 % de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados del Documento Básico de Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, aprobado mediante el RD 314/2006.

I_s: corresponde al valor medio de las emisiones anuales de CO₂ ó el consumo anual de energía primaria no renovable de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, para el parque existente de edificios de viviendas en el año 2006.

R': es el ratio entre el valor *I_s* y el valor de emisiones anuales de CO₂ ó el consumo anual de energía primaria no renovable de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondiente al percentil del 10% del parque existente de edificios de viviendas en el año 2006.

Los valores de *I_r*, *R*, *I_s*, *R'* correspondientes a las diferentes capitales de provincia se incluyen en el documento reconocido "Escala de calificación energética". En el mismo documento se describe el procedimiento para obtenerlos en localidades que no sean capitales de provincia.

Escala de Calificación Energética para edificios de nueva construcción

El Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el procedimiento básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Nueva Construcción, establece que el certificado de eficiencia energética contendrá, entre otras cuestiones, la calificación energética del edificio expresada a través de una etiqueta energética. Mediante esta etiqueta, los edificios se clasificarán energéticamente dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente). Para el diseño de la etiqueta energética en España se ha realizado un estudio específico en el que se han tenido en consideración las escalas que en la actualidad se sopesan en otros países y en particular la propuesta que figura en el documento del CEN EN 15217 "Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings" (versión diciembre 2005).

Dicho documento, preparado por el Comité Técnico CEN/TC 89 desarrolla, entre otros, los aspectos de la Directiva 2002/91/CE relativos a la escala de calificación energética.

En él se establece que el instrumento objetivo para comparar y evaluar el comportamiento energético del edificio frente al comportamiento de edificios similares es la denominada escala de comportamiento o escala de calificación.

La clase de eficiencia que corresponde a cada edificio se obtiene a partir de los denominados indicadores de comportamiento energético.

En el Anexo B (informativo) del citado documento se propone un procedimiento para establecer los límites de las clases de eficiencia en base a 3 indicadores energéticos:

- a) El correspondiente al edificio objeto (*Objeto*).
- b) El valor medio del indicador correspondiente a edificios similares de nueva planta que sean conformes con la reglamentación vigente en el año 2006 (*Reglamentación*).
- c) El valor medio del indicador correspondiente a los edificios similares del parque edificatorio existente en el año 2006 (*Istock*).

El desarrollo de un procedimiento de certificación requiere tomar decisiones a tres niveles:

- a) El indicador energético usado para comparar los edificios.
- b) El grado de similitud que existe entre los edificios que se comparan.
- c) La escala de calificación que indica los términos en los que se comparan los edificios.

Indicadores energéticos

Se establecen un indicador energético principal y varios complementarios.

El indicador energético principal es el dado por las:

- Emisiones anuales de CO₂, expresadas en kg por m² de superficie útil del edificio.
- Energía primaria anual, en kWh por m² de superficie útil del edificio.

Estos dos indicadores se obtienen de la energía consumida por el edificio para satisfacer las necesidades asociadas a unas condiciones normales, tanto climáticas como de funcionamiento y ocupación.

Como indicadores energéticos complementarios (también en base anual y referida a la unidad de superficie útil del edificio) se tienen:

- Desglose de las emisiones de CO₂ para los servicios principales del edificio.
- Desglose del consumo de energía primaria para los servicios principales del edificio.
- Energía demandada por el edificio para cada uno de sus servicios principales.

Los indicadores complementarios permiten explicar las razones de un buen o mal comportamiento del edificio y proporcionan, por tanto, información útil sobre los aspectos a tener en cuenta a la hora de proponer medidas que mejoren dicho comportamiento.

Para edificios de nueva construcción los indicadores energéticos se obtendrán a partir de una metodología de cálculo que, con carácter general, integre los elementos considerados en el Anexo de la Directiva 2002/91/CE, que en síntesis son:

- La disposición y orientación del edificio.
- Las características térmicas de la envuelta.
- Las características de las instalaciones de calefacción, agua caliente, refrigeración, ventilación e iluminación artificial.

La Directiva pone especial énfasis en los sistemas solares pasivos, protección solar, ventilación natural y otros aspectos relacionados con el uso de energías renovables.

La materialización de la metodología de cálculo podrá hacerse a través del denominado Procedimiento de Referencia o a través de los Procedimientos Alternativos, tal y como se indica en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el procedimiento básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Nueva Construcción.

Grado de similitud

Como se ha mencionado en el apartado anterior, la calificación energética de un edificio se hace comparando el comportamiento del mismo con el de otros edificios similares.

Antes de nada hay que precisar el significado del término similar o, en otras palabras, cuál es el grado de similitud que existe entre los edificios que se comparan.

Puesto que el objetivo de la Directiva es fomentar la eficiencia energética de los edificios, la comparación debe realizarse en términos que permitan contribuir a alcanzar dicho objetivo.

Dicho de otra manera, no se deben introducir en la comparación elementos que no sean controlables por el proyectista y que, por tanto, serán imposibles de mejorar.

Existen diferentes opciones posibles, tales como:

- a) Edificios construidos en el mismo periodo.
- b) Edificios situados en el mismo clima.
- c) Edificios que tengan el mismo uso (viviendas, oficinas, hospitales...).

d) c + misma compacidad.

e) c + misma forma y dimensión.

f) c + misma forma, dimensión, orientación de las fachadas y relación vidrio/muro.

g) f + mismos sistemas de climatización y de agua caliente sanitaria.

En todos los casos, un edificio se comparará con otros que se encuentren en el mismo clima, estando éste definido en términos del conjunto de variables y zonificaciones climáticas que se definen en las diferentes secciones del documento básico HE de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-HE en adelante).

Edificios destinados a vivienda

Teniendo en cuenta la razonable homogeneidad que existe tanto en lo relativo al tipo de espacios en el interior de las viviendas como en la utilización de los mismos, se ha segregado este sector.

Supóngase que todas las viviendas de un clima dado se compararan entre sí, sin hacerse la distinción mencionada entre unifamiliares y en bloque. Se podría comprobar que para un mismo nivel de exigencia, como por ejemplo el cumplimiento estricto del documento básico HE del Código Técnico de la Edificación, las viviendas en bloque presentan unos resultados del indicador significativamente mejores.

Si esto es así, al hacer la escala se tendría, en principio, que las viviendas unifamiliares serían poco eficientes, mientras que las viviendas en bloque serían muy eficientes. Por otra parte, las posibilidades que tendría una vivienda unifamiliar de convertirse en muy eficiente serían muy escasas; y, al mismo tiempo, las viviendas en bloque alcanzarían con facilidad las mejores letras de la escala. Todo ello contribuiría negativamente a la mejora de la calidad energética de la edificación.

La opción d) plantea el problema de que la división en subclases por compacidades crea discontinuidades que conducen a probables fraudes basados en la ambigüedad de interpretación del concepto de compacidad. Por otra parte, la compacidad, en sí misma, es una opción de diseño que debe ser valorada.

La opción e) plantea una comparación injusta, por cuanto neutraliza, además de la compacidad, otras decisiones de diseño que deben ser valoradas, como son la orientación y el porcentaje acristalado. No obstante, hay que apuntar que estas dos últimas cuestiones están en ciertas medidas compensadas a través de los valores límite que propone el CTE-HE1 para las mismas.

En definitiva, se ha optado por la opción c), distinguiéndose dos subsectores: viviendas unifamiliares por un lado y viviendas en bloque por otro.

Directrices para elaborar la escala de calificación

Como se ha visto, la calificación consiste en adjudicar al edificio una clase de eficiencia de entre un grupo de 7 letras que va desde la A (edificio más eficiente) hasta la G (edificio menos eficiente).

Los límites de las clases se establecerán de acuerdo con las siguientes directrices:

- 1.- La escala debe diferenciar claramente los edificios eficientes de los no eficientes. No tendría sentido, por ejemplo, que la mayoría de los edificios estuviera en una sola clase.
- 2.- Debe tener suficiente sensibilidad a las mejoras. Esto se interpreta como que un edificio que haya mejorado suficientemente la calidad de su envuelta y/o de sus sistemas térmicos en relación a los requerimientos mínimos exigidos por el CTE debe tener derecho a ganar una letra. En circunstancias especiales, será posible ganar más de una letra dentro de un contexto de rentabilidad económica.
- 3.- Debe ser posible, para todos los climas, la construcción de edificios que alcancen la clase A. La obtención de la clase A estaría, en cualquier caso, reservada a aquellos edificios singulares con un diseño acertado, un uso significativo de energías renovables y soluciones de eficiencia energética en envuelta y en sistemas, sin que el contexto de rentabilidad económica sea determinante.
- 4.- Debe ser suficientemente estable en el tiempo (debe permanecer invariable durante un periodo de tiempo de, al menos, dos revisiones de la reglamentación).
- 5.- Debe ser consistente con los objetivos últimos de la certificación; es decir, la escala debe ser un instrumento que permita tomar decisiones que conduzcan a cumplir con los compromisos a largo plazo en materia energética y medioambiental.
- 6.- Debe ser única tanto para el Procedimiento de Referencia como para los Procedimientos Alternativos.
- 7.- Aunque la escala se desarrolla en principio para edificios nuevos, debe poder extenderse a los edificios existentes si los estudios pertinentes concluyen en la idoneidad de disponer de una escala única para todo el parque edificatorio.

Escala de Calificación para edificios destinados a vivienda¹²

Para asignar los límites de las clases de eficiencia en edificios destinados a vivienda es el denominado escenario de comparación, que básicamente es una prognosis de cómo serán los indicadores energéticos de los edificios de vivienda de nueva planta. El rango de valores probable de los indicadores energéticos se subdivide en grupos que constituyen las diferentes clases de eficiencia. Los criterios para la subdivisión siguen las recomendaciones del Comité Europeo de Normalización.

Determinación del escenario de comparación

Para cada uno de los indicadores energéticos y para cada uno de los grados de similitud identificados, el escenario de comparación se obtiene estimando la situación probable que tendrán los edificios construidos en el año 2006. Las hipótesis realizadas han sido:

- a) Los nuevos edificios destinados a vivienda tendrán una tipología similar a los construidos en el decenio 1991-2000.
- b) La calidad constructiva de su envuelta, a efectos de limitación de la demanda energética, no superará sustancialmente las exigencias expresadas en el CTE-HE1.
- c) El rendimiento de sus sistemas térmicos y la contribución de energías renovables seguirán los mínimos exigidos por el CTE-HE2 y CTE-HE4. En los casos en los que no haya indicaciones precisas se supondrá que se mantienen las tendencias anteriores a la implementación del CTE.
- d) No se considera significativa la contribución de la iluminación artificial.

La obtención de los escenarios de comparación ha comprendido formalmente las siguientes fases:

- 1 Selección de edificios de viviendas, tanto unifamiliares como en bloque, que representen las tendencias recientes de la construcción en España.
- 2 Obtención de los indicadores energéticos asociados a estos edificios en diferentes zonas climáticas, suponiendo que se cumple estrictamente el CTE-HE.
- 3 Caracterización matemática del escenario.

Selección de edificios

A partir de una amplia recopilación inicial de edificios se ha seleccionado una muestra que fuera representativa de acuerdo con las estadísticas del INE (Censos de Población y Viviendas 2001. Resultados Detallados Definitivos. © INE 2004) sobre construcción de edificios de nueva planta y que al mismo tiempo fuera consistente con la recopilación inicial.

La representatividad en relación con las estadísticas del INE se ha basado en la superficie útil (para las viviendas unifamiliares) y en el número de plantas (para los bloques). Los criterios de consistencia frente a la recopilación inicial son la compacidad y el porcentaje de superficie acristalada en relación con la superficie útil.

¹² AHORRO DE LA ENERGÍA, Instituto para la Diversificación y. Escala de calificación energética para edificios de nueva construcción, Madrid, 2009.

En total se seleccionaron 14 edificios de viviendas unifamiliares y 11 correspondientes a bloques de viviendas.

Obtención de los indicadores energéticos de edificios que cumplen la reglamentación vigente en 2006.

Demanda energética de calefacción y refrigeración.

La demanda de calefacción y refrigeración se ha determinado mediante el programa LIDER, utilizando como calidad constructiva de cada edificio la que se derivaría del cumplimiento estricto de los requisitos del HE1 del CTE, con las siguientes modificaciones respecto a la versión inicial utilizada para cumplimentar la opción general de dicha sección:

- a) El periodo de simulación se ha ampliado a todo el año, siendo junio, julio, agosto y septiembre los meses potenciales de la estación de refrigeración, correspondiendo potencialmente los restantes meses a la estación de calefacción.
- b) Las condiciones de operación se han perfeccionado en función de las últimas tendencias de países que se encuentran en fase avanzada de transposición de la Directiva, fundamentalmente en lo que se refiere al periodo de ocupación, consignas de temperatura y estrategias de apertura y cierre de persianas.
- c) Los requerimientos de ventilación se han adaptado a lo prescrito en la sección sobre salubridad HS3 del CTE.
- d) La acumulación de la demanda anual de calefacción y refrigeración correspondiente a cada uno de los espacios se ha realizado únicamente cuando el valor asociado a cada uno de ellos superaba un cierto umbral. Es decir, se contempla la posibilidad de que existan espacios que no requieran calefacción, refrigeración o ninguna de las dos.
- e) Para las localidades de la zona climática 1 se ha supuesto que el edificio no requiere en ningún caso demanda de refrigeración.

La simulación de cada edificio se realiza suponiendo 4 orientaciones diferentes de la fachada principal.

La simulación se ha realizado para las 12 localidades que se incluyen a continuación, correspondiente cada una de ellas a una zona climática como se ve en la figura 12:

		Zona Climática de Verano			
		1	2	3	4
Zona Climática de Invierno	A			Cádiz	Almería
	B			Valencia	Sevilla
	C	Bilbao	Barcelona	Granada	Toledo
	D	Vitoria	Zamora	Madrid	
	E	Burgos			

Figura 12: Localidades en las que se han obtenido los indicadores energéticos

Demanda energética de agua caliente sanitaria

Se ha calculado de acuerdo con las especificaciones de la sección HE4 del CTE sobre porcentaje de demanda cubierta mediante energía solar y utilizando los caudales por ocupante y temperaturas de alimentación del agua fría indicadas en el citado documento y en la Norma UNE-EN 94002:2004.

Se han tenido en cuenta los requerimientos diferentes para ocupantes de viviendas unifamiliares y de bloques de viviendas.

En relación con el número de ocupantes por vivienda se ha considerado una tasa constante de 1 ocupante cada 33.3 m², que se corresponde con el valor medio de ocupación del Censo de Edificación 1991-2000 del INE. A pesar de que la ocupación depende de la superficie útil de la vivienda, se ha decidido no considerar este hecho para no perjudicar innecesariamente a las viviendas con poca superficie útil (ya que los indicadores se expresan por m² de superficie).

Consumos en energía final de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria

Para evaluar los consumos en energía final asociados a las demandas anteriores, se ha supuesto que cada uno de los edificios puede satisfacer las demandas correspondientes mediante diversas alternativas de sistemas de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

Los sistemas considerados de calefacción han sido:

- Sistema con caldera mural individual.
- Sistema con caldera individual para calefacción y agua caliente sanitaria sin acumulación.
- Sistema con caldera individual para calefacción y agua caliente sanitaria con acumulación.
- Calefacción eléctrica individual.
- Sistema con caldera centralizada.
- Sistema con caldera centralizada para calefacción y agua caliente sanitaria con acumulación.
- Bomba de calor aire-aire.

Los sistemas considerados de agua caliente sanitaria han sido:

- Caldera mural individual sin acumulación.
- Caldera mural individual con acumulación.
- Termo eléctrico individual.
- Bomba de calor aire-agua individual con acumulación.

(Las instalaciones centralizadas de producción de agua caliente sanitaria y los sistemas mixtos de calefacción y agua caliente sanitaria están incluidos en la relación de sistemas de calefacción).

En las instalaciones de calefacción y producción de agua caliente sanitaria mediante caldera se contemplan tres tipos diferentes de calderas: estándar, de baja temperatura y de condensación. (Las calderas de baja temperatura y de condensación, debido al rango de potencias de calderas existente en el mercado, se han considerado exclusivamente en las instalaciones de calefacción centralizadas).

Para refrigeración el único sistema considerado es el de equipos autónomos de expansión directa aire-aire, tanto unizona como multizona.

El consumo en energía final asociado a cada sistema se ha obtenido siguiendo el procedimiento y los valores concretos desarrollados para el CEV (Fundamentos Técnicos de la Calificación Energética de Viviendas Cap. 3. IDAE y Ministerio de Fomento. 1999).

En dicho documento, el consumo se expresa mediante la demanda energética correspondiente dividida entre el rendimiento medio estacional.

Básicamente, el rendimiento medio estacional se obtiene a partir de los rendimientos nominales, afectándolos de los factores de corrección debidos a la carga parcial y al tipo de regulación.

Los valores de rendimientos nominales mínimos se han obtenido, en su caso, de las normativas correspondientes a cada uno de ellos. Por ejemplo, para calderas se hizo uso del RD 275/1995, de 24 de febrero, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 92/42/CEE, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos, modificada por la directiva 93/68/CEE del Consejo.

Los valores de rendimientos nominales posibles o esperables (obviamente superiores a los mínimos), se han obtenido de la gama de productos existentes en el mercado y haciendo uso de normativas existentes en otros países.

Consumos en energía primaria y emisiones de CO₂

Los coeficientes de paso utilizados para pasar de energía final a emisiones de CO₂ se han tomado del Plan de Energías Renovables en España 2005-2010 y del Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España.

Caracterización y expresión matemática de los escenarios de comparación Caracterización de los escenarios de comparación

De los datos incluidos en la estadística del INE sobre edificios de viviendas actuales se ha obtenido:

- Probabilidad de que cada uno de los sistemas mencionados en el apartado anterior se instale en los edificios de viviendas.
- Porcentaje en que cada uno de los combustibles disponibles se utiliza realmente.

Con los datos estadísticos anteriores, las demandas energéticas de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, los rendimientos medios estacionales y los coeficientes de paso de energía final a emisiones de CO₂, se han obtenido los escenarios probables de demandas y emisiones que tendrán los edificios de viviendas que se construirán en 2006 y que cumplan estrictamente con la reglamentación vigente.

De acuerdo con los indicadores seleccionados, para cada localidad se obtienen los siguientes escenarios de comparación:

- Demandas de calefacción y refrigeración.
- Emisiones de CO₂ y consumos en energía primaria correspondientes a cada uno de los servicios considerados: calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.
- Emisiones totales de CO₂ del edificio.

A título de ejemplo se presenta en la figura 13, la distribución en frecuencias que tienen los 14849 valores que conforman el escenario de comparación en emisiones totales de CO₂ de los edificios de viviendas unifamiliares situados en Madrid: en el eje de abscisas se presentan las emisiones totales de CO₂ y en el de ordenadas el porcentaje previsto de superficie útil de viviendas unifamiliares de nueva planta que alcanzará cada uno de dichos valores de emisiones, suponiendo que las viviendas cumplen estrictamente los requerimientos del CTE (que son los establecidos como mínimos por la Directiva en sus artículos 4.1 y 5).

La figura 14 representa la distribución de frecuencias acumuladas correspondiente a la figura 13.

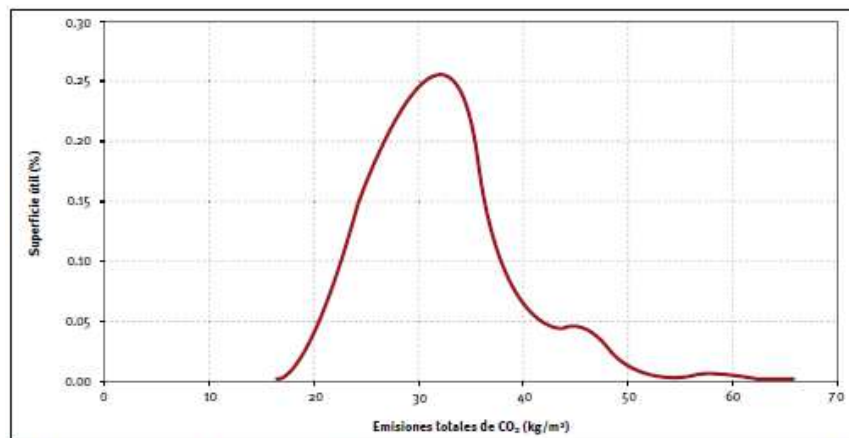


Figura 13: Distribución en frecuencias de las emisiones totales de CO₂ (kg/m³) de los edificios de vivienda unifamiliares situados en Madrid que cumplen estrictamente el CTE-HE

donde:

$R_{50/10} = 30.25 / 20.17 = 1.49$, es el ratio entre el valor de (*IREglamentación*) para emisiones de CO₂ y el valor de emisiones de CO₂ de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria correspondiente al percentil del 10% de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación.

$R_{90/10} = 41.40 / 20.17 = 2.05$, es el ratio entre los valores de emisiones de CO₂ de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondientes respectivamente al percentil del 90% y al percentil del 10% de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación.

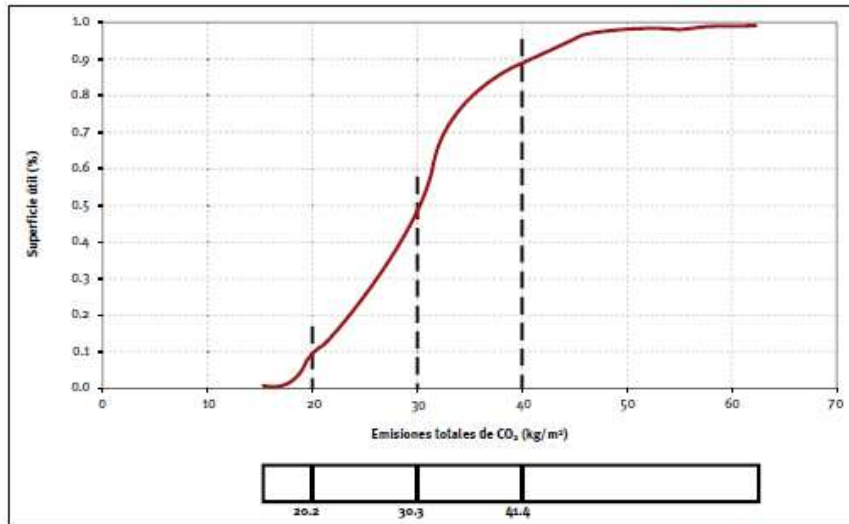


Figura 14: Distribución de frecuencias acumuladas de las emisiones totales de CO₂ (kg/m³) de los edificios de viviendas unifamiliares situados en Madrid que cumplen estrictamente el CTE-HE

La inspección de estas figuras pone de manifiesto:

- La naturaleza de los requerimientos del CTE hace que las viviendas unifamiliares que los cumplan no tengan un único valor de emisiones sino que se distribuyen alrededor de un cierto rango. Estos edificios, por tanto, no son todos igualmente eficientes en términos del indicador global elegido ni en términos de los indicadores complementarios.
- El valor asociado al percentil del 50% (30.25 Kg/m²) indica que la mitad de la superficie construida en las condiciones citadas tendrá unas emisiones superiores, mientras que la otra mitad las tendrá inferiores.
- El valor medio de la distribución, (*IREglamentación*) = 29.8 Kg/m² es sensiblemente igual al del percentil del 50%, por lo que a efectos prácticos se supondrán ambos coincidentes.
- Se observa que la distribución no es simétrica respecto al valor medio sino que tiene una desviación que es mayor en la zona de edificios menos eficientes.

El valor medio (*IREglamentación*) y los ratios R50/10 y R90/10 constituyen los parámetros característicos y se han tomado por ser esencialmente estables. Se ha comprobado que, en efecto, variaciones razonables obtenidas añadiendo o quitando edificios y/o sistemas y/o rendimientos de equipos y/o tipos de combustible, no arrojan valores para estos parámetros significativamente diferentes a los obtenidos con la muestra elegida.

Expresión matemática de los escenarios de comparación.

El análisis de los escenarios de comparación obtenidos sugiere buscar previamente las leyes generales que representan dichos escenarios, con el fin de evitar una casuística interminable a la hora de fijar las escalas. Se pretende, por tanto, encontrar la expresión matemática que los define.

Los resultados encontrados en las variables estadísticas capaces de representar el comportamiento observado del escenario de comparación son únicamente aquellas que toman solamente valores positivos.

De entre ellas, se ha elegido la distribución de probabilidad de Weibull, que pertenece a la familia de Modelos de Valores Extremos y que ha sido utilizada anteriormente en aplicaciones de energética edificatoria.

La distribución de probabilidad de Weibull se expresa con la siguiente ecuación:

$$F = 1 - \exp\left(-\left(\frac{\chi - c_0}{\sigma}\right)^\lambda\right)$$

Para establecer los tres parámetros que la definen es necesario fijar tres puntos por donde queremos que se ajuste y que se obtienen fácilmente a partir de los parámetros característicos, (*IReglamentación*), R50/10 y R90/10.

A título de ejemplo, la figura 15 muestra los resultados del ajuste para la demanda de calefacción en Madrid.

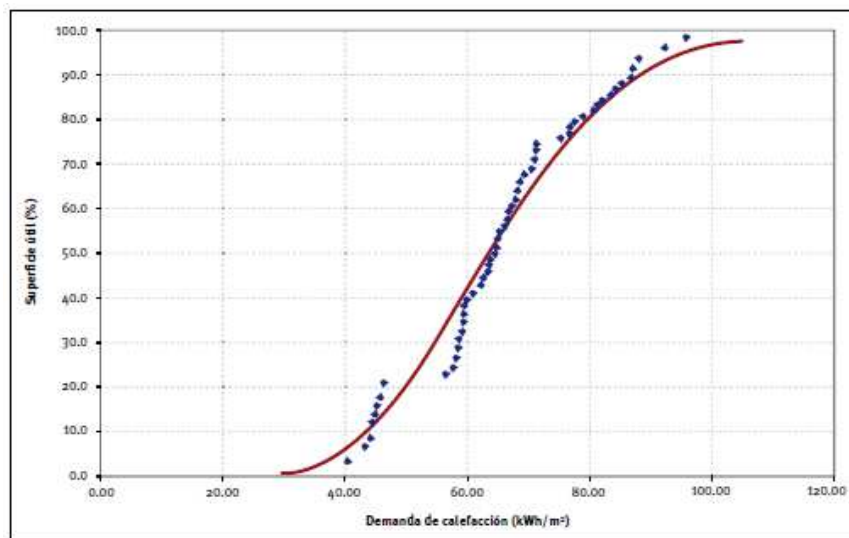


Figura 15: Frecuencia acumulada de la demanda de calefacción en Madrid (puntos) y ajuste mediante la distribución de Weibull (línea continua).

Obtención de los límites de la escala, Situación en la escala del indicador (*IReglamentación*)

Como se ha dicho anteriormente, en la escala propuesta por el CEN una de las referencias será el denominado (*IReglamentación*), que indica el valor medio esperado del indicador energético que se asocia a los edificios nuevos que cumplen estrictamente con la reglamentación vigente en enero de 2006.

De acuerdo con lo dicho anteriormente sobre el grado de similitud, en cada clima se tendrán, para cada indicador, dos valores de (*IReglamentación*) que representarán, respectivamente, los valores promedios del indicador para las viviendas unifamiliares y en bloque.

Se propone que la frontera entre las clases C y D corresponda con el percentil del 40% de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación. De esta forma, el valor (*IReglamentación*) se encuentra en la clase de eficiencia D, frente a lo propuesto por el CEN de situarlo entre las clases de eficiencia B y C. El motivo es que adoptando la propuesta del CEN no se estimula suficientemente la mejora de la calidad térmica de la edificación, ya que un porcentaje significativo de edificios entraría en la clase A con un esfuerzo mínimo.

De todo lo anterior se deduce que los edificios nuevos destinados a viviendas que cumplan estrictamente el CTE-HE estarán distribuidos a izquierda y derecha de la frontera entre las clases C y D, teniendo una parte significativa de ellos una de esas dos clases de energía.

No obstante, se contempla la posibilidad de que los más eficientes entren en la clase B; aunque en ningún caso sucedería que edificios que cumplan estrictamente los requisitos mínimos de eficiencia energética del CTE-HE entraran en la clase A.

Anchos de las clases

Nos referimos aquí únicamente a los anchos de las clases B, C y D.

Entendemos que, de acuerdo con la propuesta del CEN, el valor del indicador asociado al límite inferior de la clase A debe ser el cero (0), lo cual significa, según el caso, demanda nula o cero emisiones de CO₂.

Por otra parte, entendemos que el ancho de las clases E y F no precisa de una definición precisa en el contexto del presente documento, ya que no se contempla que haya edificios nuevos que puedan entrar en la clase F.

En la clase E entrarán fundamentalmente edificios existentes, que serán a su vez los únicos que se encuentren en las clases F y G; aunque esto no significa que todos los edificios existentes estén en estas 3 clases, como se verá en el apartado de asignación de clases.

Obviamente, no es necesario definir en ningún caso el ancho de la zona G.

Sobre cada escenario de comparación, el resultado de aplicar las directrices para elaborar la escala de calificación permite obtener el ancho de las tres clases afectadas (B, C y D), una vez definido el límite C/D. Aunque existen diferentes posibilidades, se ha elegido la siguiente:

– En las clases C y D estará el 90% de los edificios que cumplan estrictamente el CTE-HE (35% en clase C y 55% en clase D). Del 10% restante, el 5% que representa a los edificios más eficientes estará en la clase B, mientras que el 5% de los edificios menos eficientes estará en la clase E.

– El ancho de la clase B se ha determinado sabiendo que a la clase A deben acceder aquellos edificios que estarían inicialmente en la clase B si hubieran cumplido estrictamente el CTE pero que han experimentado una mejora de su eficiencia energética similar a la que les supone a los edificios de clase C pasar a clase B. El indicador límite entre las clases A y B se ha obtenido suponiendo que el siguiente ratio es constante.

$$\frac{IEE_{B/C}}{IEE_{C/D}} = \frac{IEE_{A/B}}{IEE_{B/C}}$$

– Finalmente, se ha demostrado que ambas mejoras (paso de C a B y paso de B a A) se pueden realizar en un contexto de rentabilidad económica.

La figuras 16 y 17 ilustran los pasos seguidos para establecer el ancho de las clases para la demanda de calefacción de las viviendas unifamiliares en Madrid.

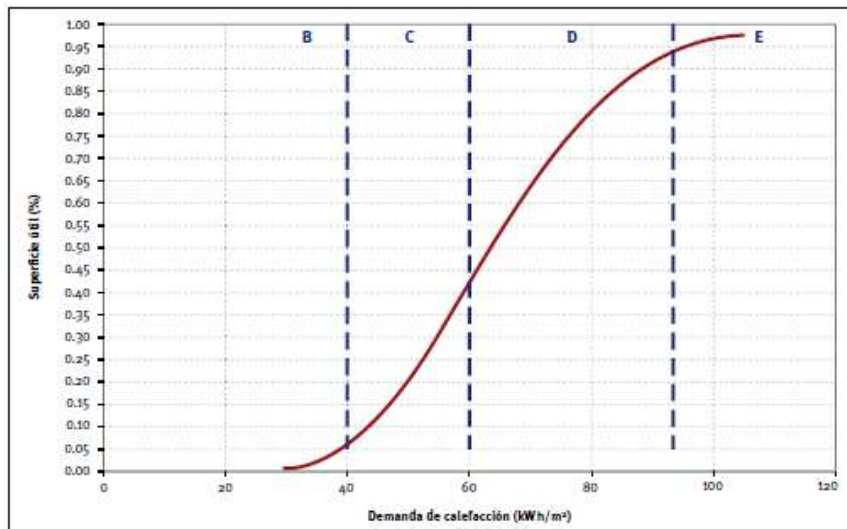


Figura 16: Ancho de las clases C y D.

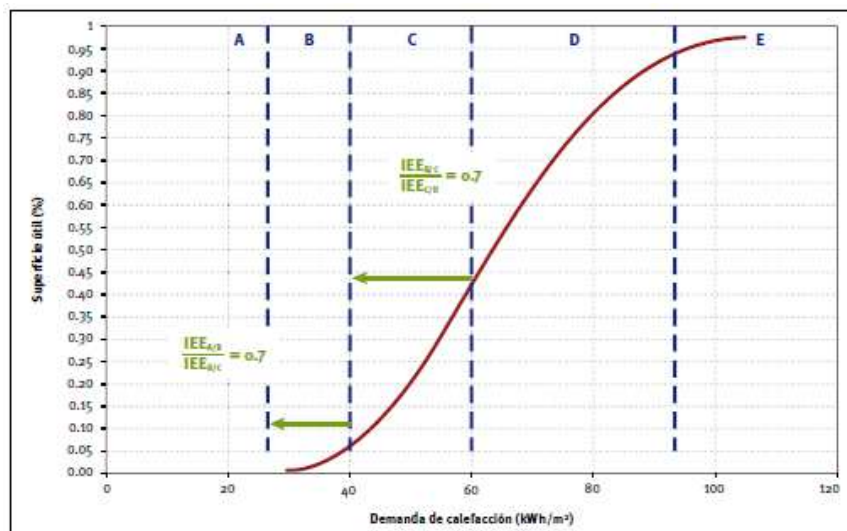


Figura 17: Ancho de la clase B

Aunque con el procedimiento que se ha desarrollado hasta ahora es posible obtener los límites de las clases para todos los indicadores de cada escenario de calificación, en todas las capitales de provincia, la formalización de dichos límites en un texto legal sería extremadamente tediosa. Por otra parte, en aquellas localidades que no fueran capital de provincia no se podría implementar de manera automática la asignación de clases y habría que repetir para cada una de ellas todo el procedimiento.

Por tanto, se ha buscado una forma sistemática de expresar la asignación de las clases a través de la normalización de los escenarios de calificación; es decir, hallando una expresión a dimensional de los indicadores energéticos que haga que, en todos los casos, la clasificación se realice mediante unos límites únicos.

Para ilustrar el proceso, supóngase que se toman los escenarios de calificación de la demanda de calefacción en viviendas unifamiliares para 6 de las 12 localidades representativas definidas de edificios que cumplen la reglamentación vigente en 2006. El resultado es el que se muestra en la figura 18.

Para pasar las curvas resultantes a una sola, el CEN propone la normalización con la media de cada curva, es decir, dividiendo cada punto de ellas entre su ($I_{Reglamentación}$). Al resultado de esta normalización se le ha denominado **Indicador de Eficiencia Energética (IEE)**. La figura 19 muestra las distribuciones de frecuencia acumulada del Indicador de Eficiencia Energética correspondiente a la demanda de calefacción ($IEE_{demanda}$) calefacción para las 6 localidades anteriores.

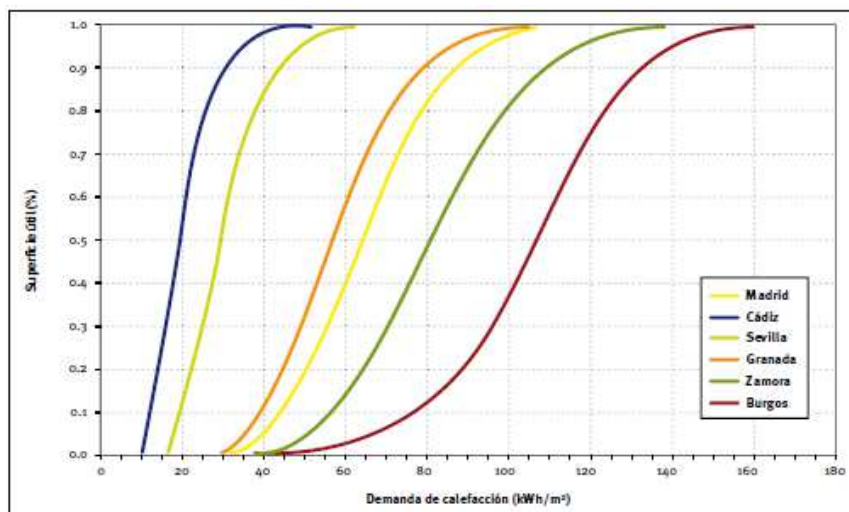


Figura 18: Demanda de calefacción para 6 localidades

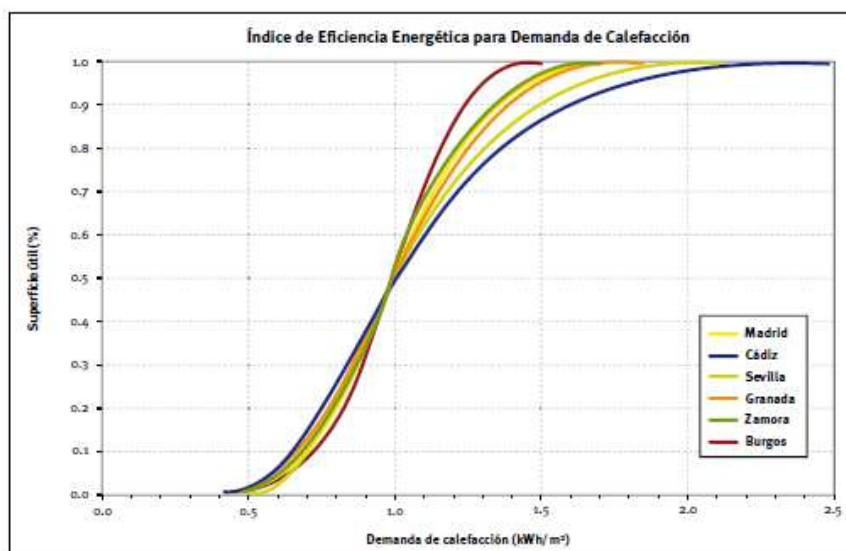


Figura 19: Normalización propuesta por CEN

Se observa en esta gráfica que, si bien todas las curvas coinciden en el punto medio, existe una gran dispersión en el rango, que es mayor a medida que disminuye la severidad climática de invierno. Por tanto, con esta normalización es imposible establecer los límites de las clases de una manera única.

Lógicamente, la normalización tiene que tener en cuenta no sólo el valor de (*IREglamentación*) sino también los valores que expresan las desviaciones de cada curva en relación con su valor medio; es decir, los ratios R50/10 y R90/10.

Aunque existen varias normalizaciones posibles utilizando los tres parámetros característicos, se obtuvo la versión previa siguiente:

$$C_i = \frac{(IEE \cdot R_{50/10}) - 1}{R_{90/10} - 1} + 0.6$$

que se convirtió finalmente en:

$$C_i = \frac{(IEE \cdot R_{50/10}) - 1}{2(R_{50/10} - 1)} + 0.6$$

en la que el R90/10 se ha eliminado por cuanto existe en todos los casos una dependencia suficientemente estable entre el R90/10 y el R50/10, y para obligar a que el valor normalizado correspondiente al percentil del 40% fuera siempre la unidad.

Al parámetro de normalización finalmente retenido se le denomina Índice de Calificación Energética.

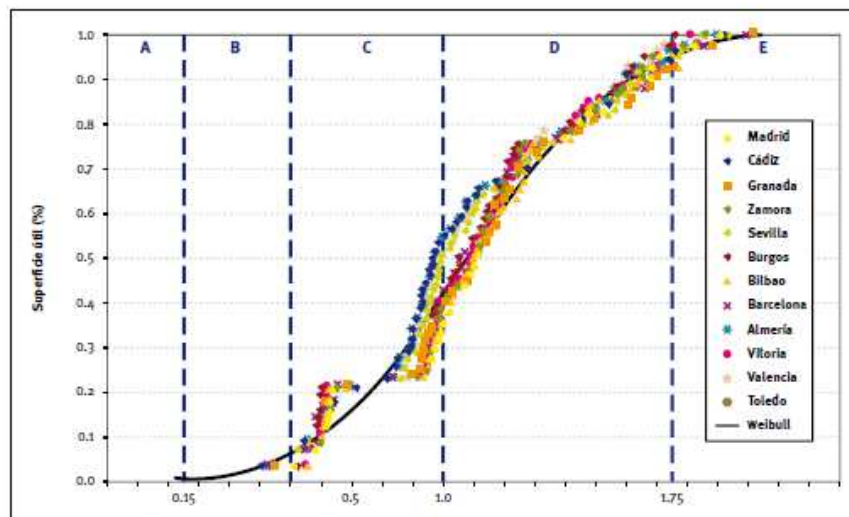


Figura 20: Normalización finalmente utilizada y ajuste con una distribución de probabilidad de Weibull

Con él y continuando con el ejemplo, se comprueba que las 12 curvas de la demanda de calefacción en las 12 localidades de referencia quedarían como se muestra en la figura 20.

Sobre estas curvas se ha representado la distribución de probabilidad de Weibull que, como puede apreciarse, se ajusta de manera excelente a los valores normalizados.

El resultado de la normalización y de la distribución de Weibull es igualmente válido para los demás indicadores y para los edificios de bloques de viviendas.

Asignación de clases mediante los índices de calificación energética.

Con la normalización del apartado anterior y las consideraciones de los apartados de la obtención de los límites de la escala, los límites de la escala (ver figura 21) se pueden expresar formalmente a través del indicador energético normalizado que en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el procedimiento básico para la Certificación de Eficiencia

Energética de Edificios de Nueva Construcción se denomina índice de calificación energética y se expresa lógicamente mediante:

$$C_i = \frac{(IEE \cdot R) - 1}{2(R - 1)} + 0.6$$

donde R es el R50/10.

Los límites de la escala en términos de C1 resultan:

Clase A si $C1 < 0.15$

Clase B si $0.15 \leq C1 < 0.50$

Clase C si $0.50 \leq C1 < 1.00$

Clase D si $1.00 \leq C1 < 1.75$

Para edificios nuevos, la clase E se obtendría para un valor del índice de calificación energética ≥ 1.75 .

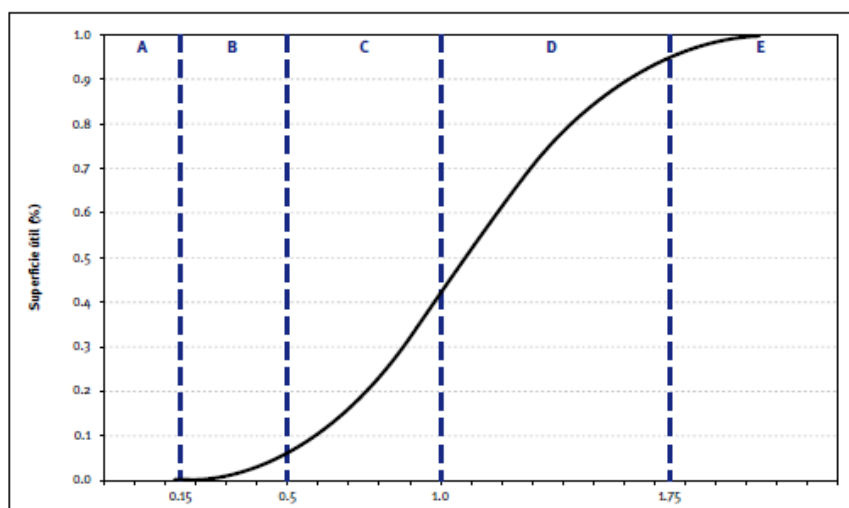


Figura 21: Clases de energía a partir del índice de calificación

Esta asignación de clases sirve para todos los indicadores, todos los grados de similitud y todos los climas. El proceso completo de obtención de los índices de calificación con las tablas y valores asociados se encuentra en el Anexo I del documento oficial¹³. En el Anexo II¹³ del documento oficial se incluye un ejemplo de desnormalización de los límites de clases para elaborar la etiqueta.

¹³ AHORRO DE LA ENERGÍA, Instituto para la Diversificación y. Escala de calificación energética para edificios de nueva construcción, Madrid, 2009.

Ámbito de estudio

La zona de estudio en la cual se desarrollará la investigación se encuentra al norte de los Estados Unidos Mexicanos.

Ubicación de México en el mundo¹⁴



Se encuentra en el continente Americano el cual se divide, en tres partes: **América del Norte** (constituida por Estados Unidos de América, Canadá y **México**), América Central y América del Sur.

Entre los países del Continente Americano ocupa el quinto lugar.

Figura 22: Situación geográfica de México en el mundo

País por Superficie total (km²)

1. Canadá 9.984.670
2. Estados Unidos de América 9.631.420
3. Brasil 8.511.965
4. Argentina 2.766.890
5. México 1.964.375



Figura 23: Situación geográfica de México en Continente Americano.

Territorio de México

Los Estados Unidos Mexicanos -conocidos comúnmente como México o República Mexicana- cuentan con un territorio formado por una superficie continental, islas y el espacio correspondiente a su mar territorial.



Figura 24: Territorio y División de Estados en México

¹⁴ INEGI. México en el mundo. NOTA: Si se consideran sus características económicas y socioculturales, México pertenece a la región conocida como Latinoamérica (América Central y del Sur).

Coordenadas extremas de México¹⁵

Las coordenadas extremas, son los puntos geográficos determinados mediante la latitud y longitud, que indican los puntos extremos del país hacia los cuatro puntos cardinales y que enmarcan el territorio mexicano son:

Norte: 32° 43' 06'' latitud Norte, en el Monumento 206, en la frontera con los Estados Unidos de América (3 152.90 kilómetros).

Sur: 14° 32' 27'' latitud Norte, en la desembocadura del río Suchiate, frontera con Guatemala (1 149.8 kilómetros).

Este: 86° 42' 36'' longitud oeste, en el extremo suroeste de la Isla Mujeres.

Oeste: 118° 27' 24'' longitud oeste, en la Punta Roca Elefante de la Isla de Guadalupe, en el Océano Pacífico.

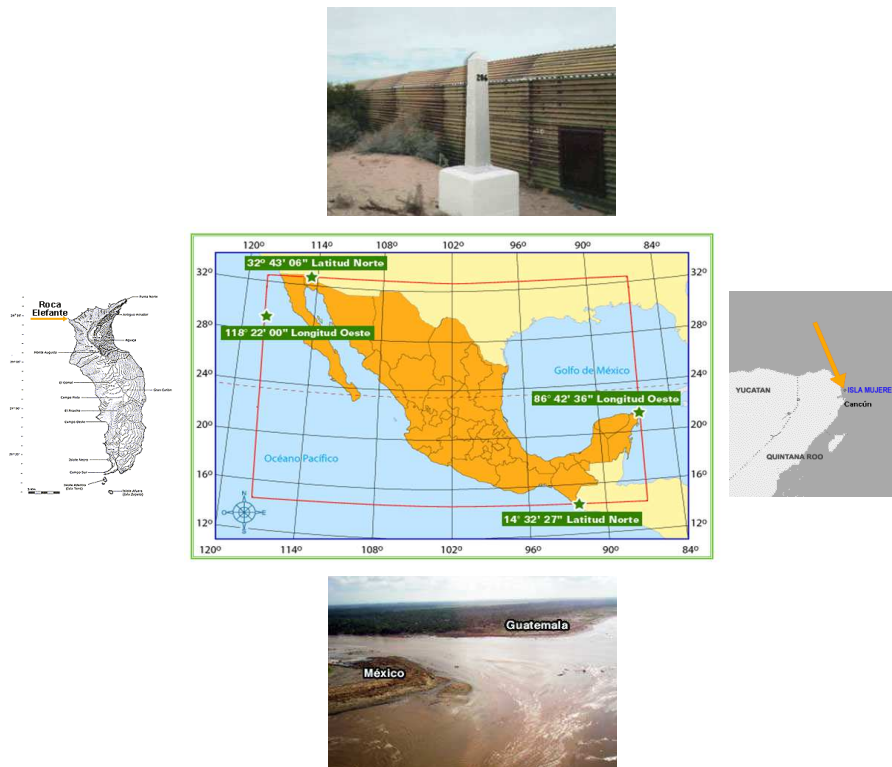


Figura 25: Delimitación de México y sus coordenadas extremas

¹⁵ CILA, Comisión Internacional del Límites y Aguas. Secretaría de Relaciones Exteriores, <http://www.sre.gob.mx>.

La investigación se delimita al estado de Coahuila de Zaragoza, a continuación se menciona una breve reseña de su nombre y de las características más destacadas del estado.



Historia del estado de Coahuila de Zaragoza¹⁶

Nombre

El nombre de Coahuila deriva del territorio denominado por los indios naturales como Coahuilan, que significa “entre los árboles o junto a los árboles”.

A partir de diversas raíces se han atribuido al norte de Coahuila diferentes significados.

Figura 26: Ubicación del Estado de Coahuila en México

El historiador Vito Alessio Robles, en su libro *Coahuila y Texas en la época colonial*, menciona la opinión de Mariano Rojas, para quien deriva de *coatl*, culebra, y *huilana*, arrastrarse, ambas en náhuatl, lo que se interpretaría como “lugar donde se arrastran las culebras” o “lugar donde abundan las culebras”.

En tiempos del licenciado José Vasconcelos, la Secretaría de Educación Pública aceptó el origen náhuatl del toponímico, pero derivándolo a *coatl* y *huila* (de *huilota*, nombre de una paloma), lo que se traduciría por “víbora que vuela”.

Superficie¹⁷

Coahuila de Zaragoza tiene una extensión de 1.151.562,99 kilómetros cuadrados (km²) representados en la figura 27, por ello ocupa el tercer lugar a nivel nacional.



Figura 27: Gráfica de la superficie territorial del estado entre el mayor y el menor de los estados dentro de México

La gráfica muestra la comparación de extensión territorial entre Coahuila de Zaragoza, el Distrito Federal (la entidad federativa más pequeña) y Chihuahua (la más grande).

¹⁶ Mendoza Salas, Florentina, Sánchez Natera, Ma. del Rosario y Valdés Rodríguez, Eduardo, *Orgullosamente Coahuilense*, Gobierno del Estado de Coahuila, Primera edición, Saltillo, Coahuila, 2002.

¹⁷ INEGI, Marco Geoestadístico Municipal, II Censo de Población y Vivienda 2005 (MGM-II Censo 2005) Versión 1.0

Características Principales¹⁸

- Clave de la entidad federativa: 05
- Capital: Saltillo
- Extensión: 151.563 km², 7,7% del Territorio Nacional.
- Municipios: 38
- Población: 2.495.200 habitantes, 2,4% del total del país.
- Distribución de la población: 90% urbana y 10% rural.
- Densidad de población: 16 hab/km², en el país 53 hab/km².
- Escolaridad: 9.0 (secundaria concluida); 8,1 el promedio nacional.
- Hablantes de lengua indígena de 5 años y más: 3 de cada 1000 personas. A nivel nacional 70 de cada 1000 personas hablan lengua indígena.
- Principal actividad económica: Industria manufacturera, dentro de ésta destaca la fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo.
- Aportación al PIB Nacional: 3,4%



Figura 28: Porcentaje de territorio de Coahuila en México

División municipal¹⁹

El estado de Coahuila de Zaragoza está dividido en 38 municipios, a continuación se muestra la división con sus respectivos tipos en clima en cada municipio.



Figura 29: Tipos de clima del Estado de Coahuila *Referido al total de la superficie estatal.

¹⁸ INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *II Censo de Población y Vivienda 2005*, México.

¹⁹ Elaborado con base en INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Carta de Climas*, México.

Municipio de Saltillo

La investigación se enfoca específicamente en la ciudad Capital del estado de Coahuila de Zaragoza.

Saltillo

Origen del Nombre

Se le dio el nombre debido a un pequeño salto de agua que aún existe.

Ubicación Geográfica

El municipio de Saltillo está localizado en la Región Sureste del estado y cuenta con una extensión territorial de 6,837 Kilómetros cuadrados y una población de 648,929 habitantes.

Altitud y Coordenadas Geográficas²⁰

Altitud (m.s.n.m)	Latitud	Longitud
1.550	25° 25' N	101° 00' O

Limita al norte con los municipios de Ramos Arizpe, Arteaga y General Cepeda; al sur con los estados de Nuevo León y Zacatecas, al oeste con el estado de Zacatecas y los municipios de Parras y General Cepeda; al este con el municipio de Arteaga y el estado de Nuevo León.



Figura 30: Ubicación de Saltillo dentro del estado de Coahuila

Extensión

Cuenta con una superficie de 6.837 kilómetros cuadrados, que representan un 3,7 por ciento del total de la superficie del Estado. Ocupa el lugar 11 en extensión, respecto a los 38 municipios del estado.

²⁰ INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.

Climatología

De acuerdo a la Comisión Nacional de Vivienda de la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (CONAVI), en su documento²¹ sobre el uso eficiente de la energía en la vivienda, esta localidad se encuentra ubicada entre las zonas climáticas de México, Desiertos de América del Norte (Z5) y Sierra Templada (Z7).

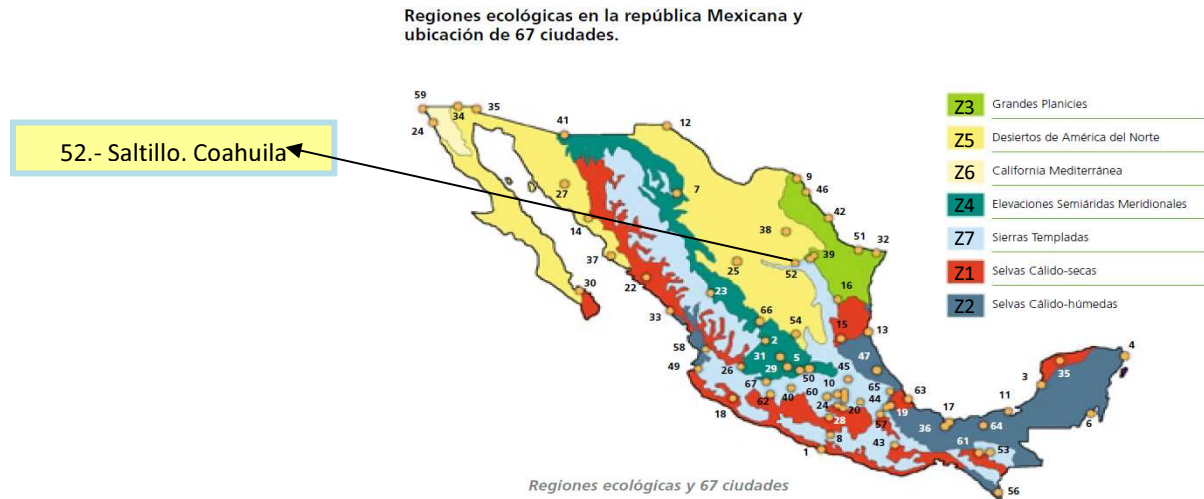


Figura 31: Regiones Ecológicas y Zonas climáticas de México

Este municipio se caracteriza por un clima Templado Seco durante la mayor parte del año, y su temporada de lluvias comprende las estaciones de primavera, verano y otoño.

De marzo a octubre, por las tardes, la temperatura máxima sobrepasa los rangos de confort; la mínima está por debajo en las noches y madrugadas de todo el año. La oscilación diaria está entre 13 y 17°C. La precipitación pluvial es de aproximadamente 600 mm anuales y la humedad relativa máxima está por encima de los rangos de confort de julio a octubre, la media y mínima se ubican dentro de ellos.

En dicho bioclima se localizan las ciudades de Durango, San Luis Potosí, Querétaro, **Saltillo**, León, Oaxaca, Tijuana, entre otras.

Se presentan condiciones de calor en los meses de primavera; en verano y otoño, el calor se presenta alrededor del medio día; algo templado en invierno.

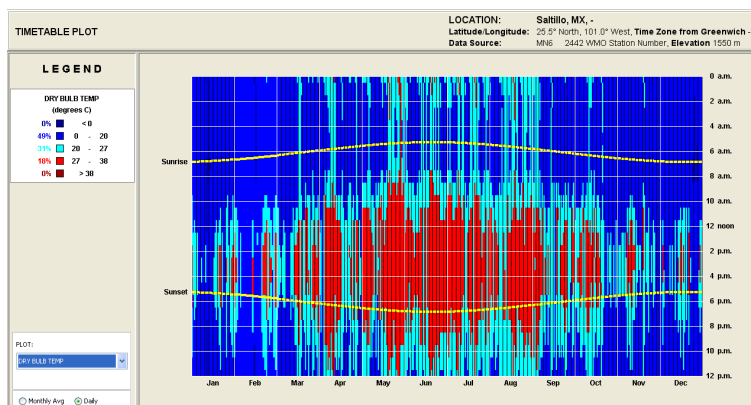


Figura 32: Condiciones térmicas en el clima templado seco²²

²¹ CONAFOVI, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*, Primera edición, México. 2006. pp. 33

²² Gráfica obtenida con datos climáticos del año 2005, con el programa informático Climat Consultant 5.2

El CONAVI en su documento de sobre el uso eficiente de la energía en la vivienda da una base de recomendaciones de climatización²³:

- Meses con frío moderado (septiembre, diciembre y enero):
 - Calentamiento directo, en las primeras horas de la mañana
 - Calentamiento indirecto por las fachadas oeste, sureste, noroeste
 - Controlar oscilaciones de humedad
 - No ventilar por las noches
- Meses con calor (marzo a junio):
 - Enfriamiento con ventilación y humidificación por la tardes
 - Reducir oscilaciones de temperatura
 - Inercia térmica en muros
 - Ventilación por las tardes

Y sugiere recomendaciones Bioclimáticas para el proyecto arquitectónico de la vivienda²⁴.

- a) Ubicación en el lote: Separada de las colindancias
- b) Configuración: Compacta con patio
- c) Orientación de la fachada más larga: Sur-sureste
- d) Localización de los espacios: Comedor, sala, recámaras al sureste, cocina, áreas de aseo y circulaciones al noroeste.
- e) Tipo de techo: Plano con relleno, poca pendiente
- f) Altura de piso a techo: 2.4 m
- g) Dispositivos de control solar
 - Remetimientos y salientes: Deben evitarse en fachada
 - Patios interiores: Con vegetación y fuente o espejos de agua, además de que funcione como invernadero
 - Aleros: Combinados con parteluces y remetimientos en ventanas; al este y sureste, dimensión que deje pasar el sol por las mañanas; suroeste, oeste y noroeste dimensión que no deje pasar el sol

²³ CONAFOVI, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*, Primera edición, México. 2006. pp.41

²⁴ CONAFOVI, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*, Primera edición, México. 2006. pp.61

Pórticos, balcones, vestíbulos: Como espacios de transición entre el exterior y los espacios cubiertos

Tragaluces: Con dispositivos de protección solar y ventanas operables

Parteluces: En ventanas con orientación suroeste-oeste-noroeste

Vegetación: Árboles de hoja caduca al este-sur-oeste, de hoja perenne en la orientación norte y arbustos para protección solar

h) Ventilación

Unilateral: para renovación de aire por condiciones higiénicas, pero evitar vientos fríos de invierno

Cruzada: con aberturas operables de buen sellado, orientadas para captar vientos del día durante el verano, para enfriamiento y humidificación; lo ideal es que el viento pase a nivel de los ocupantes

i) Ventanas en fachada, según dimensión:

Máxima (menor al 80% de la superficie del muro) en las fachadas este, sur, sureste, para ganancia solar directa

Mínima dimensión en las fachadas norte, noreste, noroeste, oeste y suroeste

Ubicación según nivel de piso interior:

En las fachadas este, sureste y sur a la altura del plano de las actividades

En el norte por encima del plano de las actividades

Formas de abrir la ventana:

Abatibles y corredizas de proyección en las orientaciones este, sureste y sur

En la norte, noreste y noroeste, banderolas

En ambos casos de buen sellado y fáciles de operar

Protección: Cortinas gruesas, persianas y postigos

j) Materiales y acabados

Techo de alta inercia térmica, con relleno, para ahorro de energía $R = 2.64 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ y para confort térmico $R = 2.025 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$

Muros exteriores de alta inercia térmica, masivos, para ahorro de energía $R = 1.00 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ y para confort térmico $R = 1.00 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$

Ciegos en las fachadas suroeste, oeste y noroeste

Muros interiores y entepiso masivos

Pisos exteriores porosos, permeables, que absorban y retengan la humedad

Color y textura de acabados exteriores: Techo y muros con fachada este, sur y oeste de baja reflectancia, color oscuro y textura rugosa

Equipos auxiliares de climatización: No se requieren

- k) Vegetación: Para humidificar el aire en espacios de uso diurno y sombrear los edificios en meses de calor

Árboles de hoja caduca en el oeste, suroeste y sur, para sombrear en verano y canalizar vientos en el día en los meses cálidos

Arbustos de hoja caduca en patios interiores

Al norte, como barreras de vientos fríos

Cubresuelos en patios y jardines: Especies con mínimo requerimiento de agua

Vivienda De Interés Social (VIS)

El objeto de estudio y muestra de esta tesis doctoral es la Vivienda de Interés Social en México, por lo que es importante describir sus características. Para ello se comenzará por definir qué es vivienda y a las diferentes categorías en las que se clasifica en México; para que, de esta forma, se identifique el concepto de VIS que servirá para realizar la metodología y los cálculos a lo largo del trabajo.

“La vivienda es el lugar donde la familia consolida su patrimonio, establece mejores condiciones para su inserción en la sociedad, genera las bases para una emancipación individual y colectiva e inicia el desarrollo social sano de sus miembros...

...la vivienda es un indicador básico del bienestar de la población, constituye el cimiento del patrimonio familiar y es, al mismo tiempo, condición indispensable para alcanzar niveles adicionales de desarrollo.”²⁵

El Código de Edificación de Vivienda (CEV), es la actual normativa de edificación en todo el territorio Mexicano, la cual puede y debe adaptarse a las diferentes características locales, en los diferentes estados y municipios, respetando la autonomía de las autoridades locales y en el marco de sus atribuciones les permita contar con un instrumento actualizable para hacer más eficientes y de mayor calidad los procesos de edificación.

En su apartado de Glosario de Términos define a la vivienda con las siguientes acepciones, que comparten algunos rasgos en común:

Vivienda:

Se entiende por vivienda al ámbito físico-espacial que presta el servicio para que las personas desarrollen sus funciones vitales básicas. Este concepto implica tanto el producto terminado como el producto parcial en proceso, que se realiza paulatinamente en función de las posibilidades materiales del usuario.

Estructura material destinada a albergar una familia o grupo social, con el fin de realizar la función de habitar, constituida por una o varias piezas habitables y un espacio para cocinar, y generalmente, sobre todo en el medio urbano, un espacio para baño y limpieza personal. Es el ámbito físico-espacial que presta el servicio para que las personas desarrollen sus funciones vitales. Este concepto implica tanto el producto terminado como el producto parcial en proceso, que se realiza paulatinamente en función de las posibilidades materiales del usuario. Es el componente básico y generador de la estructura urbana y satisfactor de las necesidades básicas del hombre, por lo cual no se considerará aisladamente, sino como elemento del espacio urbano.

Vivienda básica:

Es la vivienda con una superficie de construcción que alcanza hasta los 30 metros cuadrados. Generalmente, es de carácter progresivo.

²⁵ CONAFOVI, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, México, 2005.

Vivienda de interés social:

Definida en la Ley Federal de Vivienda como aquella cuyo valor, al término de su edificación, no exceda de la suma que resulte de multiplicar por diez el salario mínimo general elevado al año, vigente en la zona de que se trate. La Alianza para la Vivienda 1995- 2000 actualizó esta definición ampliando su rango a quince salarios mínimos elevados al año.

Clasificación de la vivienda en México

Consideraciones Generales.

La construcción de vivienda depende en gran medida de las fuerzas del mercado y de las políticas de las fuentes de financiamiento. Las principales características que diferencian a las viviendas son: precio final en el mercado, forma de producción, y superficie construida o número de cuartos, entre otros.

La clasificación por precio²⁶; la cual en el CEV, toma como fundamento el precio y la forma de producción de la vivienda. La vivienda se clasifica en económica, popular y tradicional, llamadas comúnmente como **VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL**, así como las viviendas media, residencial y residencial plus, construyéndose en conjuntos habitacionales y fraccionamientos, se definen en la tabla 4:

Promedios	Económica	Popular	Tradicional	Media	Residencial	Residencial Plus
Superficie construida promedio	30 m ²	42.5 m ²	62.5 m ²	97.5 m ²	145 m ²	225 m ²
Costo promedio:						
Veces Salario Mínimo Mensual del D.F (VSMMDF)	Hasta 118	De 118.1 a 200	De 200.1 a 350	De 350.1 a 750	De 750.1 a 1,500	Mayor de 1,500
Número de cuartos	Baño Cocina Área de usos múltiples	Baño Cocina Estancia-comedor De 1 a 2 recámaras	Baño Cocina Estancia-comedor De 2 a 3 recámaras	Baño ½ baño Cocina Sala Comedor De 2 a 3 recámaras Cuarto de servicio	De 3 a 5 baños Cocina Sala Comedor De 3 a 4 recámaras Cuarto de Servicio Sala familiar	De 3 a 5 baños Cocina Sala Comedor De 3 a más recámaras De 1 a 2 cuartos de servicios Sala familiar

Tabla 4: Clasificación de la vivienda en México por Superficie, Costo y número de cuartos.

²⁶ CEV, Código de Edificación de Vivienda, México, 2010.

Por lo anterior mencionado la Vivienda Interés Social es:

La Vivienda cuyo precio de venta va desde 118 VSMM hasta 350 VSMM.

Las siguientes siglas y cifras mencionadas son datos obtenidos, por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI)²⁷

VSMM: Veces Salario Mínimo Mensual.

SMDF: Salario Mínimo en el Distrito Federal para 2010.

SMG: Salario Mínimo General para la Zona A \$ 57.46 (pesos mexicanos)

SMM: Salario Mínimo Mensual en pesos mexicanos \$1,746.78

SMGV: Salario Mínimo General Vigente

Lo que resulta de multiplicar por treinta punto cuatro el salario mínimo general diario definido por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos para el área geográfica "A".

Para efectos de esta tesis doctoral, la cual está ubicada en una zona específica del país, se toma en cuenta que el área geográfica en la que se encuentra según la CONASAMI, es la zona geográfica "C", siendo en esta zona el SMG a partir del 1 de Enero del año 2012, de \$ 59.08.

Lo cual implica que el SMM para esta zona es de \$ 1796.02

Y nos traduce la definición anterior para una VIS en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México en lo siguiente:

"Vivienda cuyo precio de venta va desde \$ 211,930.36 pesos hasta \$ 628,607.00 pesos, tiene una superficie de entre 30 y 62.5 metros cuadrados y espacios interiores comunes como, Estancia-Comedor, Cocina, Baño y entre 1 y 2 recamaras".

²⁷ Reglas de Operación del Programa de Esquemas de Financiamiento y Subsidio Federal para Vivienda "Esta es Tu Casa" Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI)

Sistemas constructivos de la VIS

Los sistemas constructivos en la envolvente comúnmente más utilizados en las VIS, a lo largo de la República Mexicana, son sistemas constructivos tradicionales, sistemas de construcción de pórticos (vigas y columnas) en concreto reforzado, muros en mampostería estructural en ladrillo de concreto o arcilla o muros en mampostería confinada. Basa su éxito en la solidez, ya que son estructuralmente estables, en la nobleza de trabajo y la durabilidad de los materiales. Es normalmente constituido por estructura de paredes portantes y paredes de mampostería: ladrillos, bloques, piedra, o ladrillo portante, etc. revoques interiores y exteriores con techo de tejas cerámicas, mínimo a dos o más aguas, o losa plana.

Los más comunes en la VIS son los muros de Block Hueco de concreto, material más utilizado en la construcción mexicana, la cubierta de Vigueta y Bovedilla y el firme (suelo sobre terreno) de Concreto armado con malla electro soldada.

Al cual no se incorpora ningún tipo de aislamiento térmico, salvo el caso de la cubierta de vigueta y bovedilla, donde la separación entre viguetas es por medio de placas de poliestireno el cual funge como aislante para la cubierta, cerramiento en el que hay la mayor parte de incidencia solar directa.

A continuación se describen los cerramientos y sistemas constructivos de los muros, cubierta y suelo sobre terreno (firmes) en las tablas 5, 6, 7, junto con las características físicas, propiedades térmicas y valores de absorción de los materiales y la "U" transmitancia térmica (coeficiente de transmisión) del cerramiento²⁸.

Descripción de los Sistemas Constructivos utilizados para la simulación de la Casa Oasis								
MUROS								
Sistema Constructivo	N° Capas (Externa a Interna)	Material	Espesor (m)	Absortancia Térmica	Absortancia solar	Absortancia Visible	U s/ Puente Térmico (W/m ² C°)	U c/ Puente Térmico (W/m ² C°)
Block Hueco 12 cm	3	Block de Concreto	0.025	0.9	0.9	0.6	2.602	2.261
		Block de Concreto + Puente Térmico de Aire 70%	0.07					
		Block de Concreto	0.025					
Hebel	1	Hebel	0.15	0.2	0.2	0.2	0.652	0.652
Ladrillo	1	Ladrillo	0.15	0.8	0.4	0.4	2.920	2.920
Adobe	1	Adobe	0.20	0.9	0.7	0.7	2.628	2.628
NOTA: PARA LA SIMULACIÓN DEL MES FRIO SE REDUJO LA ABSORTANCIA SOLAR DEL BLOCK DE CONCRETO DE 0.9 A 0.6								
Características Físicas de los Materiales								
Material	Block de Concreto	Hebel	Ladrillo	Adobe				
Conductividad (W/m C°)	0.56	0.11	0.87	0.95				
Calor Especifico (J/Kg C°)	920	896	1330	920				
Densidad (Kg/m ³)	1400	550	1800	1600				

Tabla 5: Descripción del sistema constructivo de muros exteriores de la VIS

²⁸Luis Matías Barajas Saldaña, Informe de la Estancia de Investigación en el Laboratorio de Energía y Medio Ambiente, Departamento de Arquitectura y Diseño, Universidad de Sonora. 2012



Figura 33: Ejemplos de materiales en los Bloques utilizados en los muros exteriores

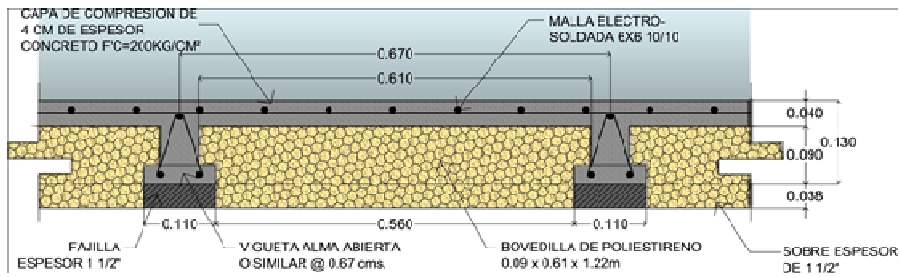


Figura 34: Sistema constructivo vigueta y bovedilla utilizado en Cubierta

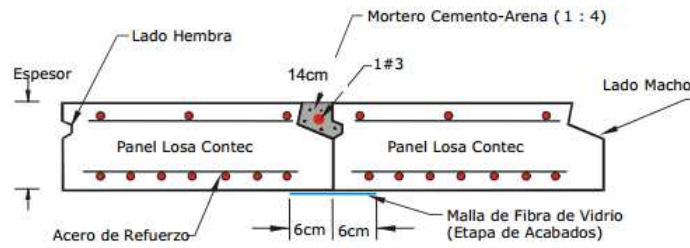


Figura 35: Sistema constructivo panel losa Hebel utilizado en Cubierta



Figura 36: Concreto armado para firme de reforzado con malla electro soldada.

CUBIERTAS								
Sistema Constructivo Cubiertas	N° Capas (Externa a Interna)	Material	Espesor (m)	Absortancia Térmica	Absortancia solar	Absortancia Visible	U s/ Puente Térmico (W/m ² C°)	U c/ Puente Térmico (W/m ² C°)
		Concreto reforzado	0.02	0.9	0.5	0.5	0.273	1.456
Vigueta y Bovedilla	3	Poliestireno + Puente Térmico de Concreto reforzado 22%	0.14					
		Enjarre Fino de Cemento-Arena	0.005					
Hebel	1	Hebel + Puente Térmico de Concreto reforzado .25%	0.1	0.2	0.2	0.2	0.953	0.973
Características Físicas de los Materiales								
		Material	Concreto reforzado	Poliestireno	Mortero Cemento-arena	Hebel		
		Conductividad (W/m C°)	1.74	0.04	0.86	0.11		
		Calor Especifico (J/Kg C°)	920	1400	1000	896		
		Densidad (Kg/m ³)	2300	15	1800	550		

Tabla 6: Descripción del sistema constructivo de Cubiertas de la VIS

Firmes								
Sistema Constructivo Cubiertas	N° Capas (Externa a Interna)	Material	Espesor (m)	Absortancia Térmica	Absortancia solar	Absortancia Visible	U s/ Puente Térmico (W/m ² C°)	U c/ Puente Térmico (W/m ² C°)
Concreto reforzado	1	Concreto reforzado	0.08	0.9	0.5	0.5	3.907	3.907
Materiales								
		Material	Concreto reforzado					
		Conductividad (W/m C°)	1.74					
		Calor Especifico (J/Kg C°)	920					
		Densidad (Kg/m ³)	2300					

Tabla 7: Descripción del sistema constructivo del suelo sobre terreno de la VIS

Programas informáticos

La situación actual en España de la Certificación Energética de edificios se delimita con los valores que establece el DB-HE.

Las Certificaciones Energéticas se realizan por medio de diferentes programas los actualmente utilizados para certificar edificios de nueva construcción, que son destinados al uso de Vivienda son:

- CALENER VyP
- CERMA
- Ce2

A continuación se realiza una reseña de cada uno de ellos y de un programa específico para realizar BPS – Building Performance Simulation / Simulación Energética Computacional, utilizado para obtener el gasto energético, balance térmico y gestión de la energía de la edificación. Que serán los programas computacionales en con los que se realizará el análisis en esta investigación.

CALENER VYP Viviendas y Edificios Terciarios Pequeños y medianos

La aplicación CALENER-VYP es la implementación informática del programa de calificación energética de viviendas y edificios terciarios pequeños y medianos, que marca el real decreto 235/2013.

El objetivo del programa informático es la exposición del uso de la edificación en cuanto a su EE, diseñado para la descripción geométrica, constructiva y operacional de los edificios y sus instalaciones de climatización, agua caliente sanitaria (ACS) e iluminación, llevando a cabo todos los cálculos necesarios para su calificación energética, de acuerdo a la normativa vigente en España.

El alcance de la aplicación se limita a los edificios de viviendas y a los edificios terciarios pequeños y medianos climatizados mediante los tipos de equipos incluidos en el programa.

La definición de los edificios es compatible con la requerida por el programa LIDER, dicha aplicación para todo lo referente a la definición geométrica y constructiva de los edificios. Dando como resultado, la creación de una etiqueta de EE, la cual es obligatoria en los edificios de nueva construcción en el territorio español; mostrando el consumo final de energía en (kWh/año y kWh/m²) del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono en (KgCO₂/año y KgCO₂/m²)

LIDER

La aplicación informática LIDER es la implementación informática de la verificación de la exigencia de Limitación de Demanda energética, que establece el CTE, en su Documento Básico de la Habitabilidad y Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-HE1) y está promovida por el Ministerio de Vivienda y por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), es la aplicación informática oficial que permite cumplir con la opción general de verificación.



Figura 37: Logo del Programa computacional LIDER

En el cual, se verifica el edificio con las características, de su envolvente para alcanzar el bienestar térmico, en función del clima de la localidad, el uso del edificio en régimen de verano e invierno, también en su aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición solar. Dando como resultado las pérdidas o ganancias de calor en la edificación.

Especificaciones del método:

Método a partir del balance energético del edificio: Multizona

Régimen transitorio de transferencia de calor

Limitaciones del programa: Solo trabaja con Zonas climáticas específicas y ubicadas en el territorio español.

Los parámetros de confort y del uso del edificio están prefijados y no son modificables.

No se visualizan los resultados del cálculo, en tablas o gráficas.

CERMA

Procedimientos Simplificados para la Calificación de Eficiencia Energética de edificios de viviendas.

El Programa informático CERMA, es una herramienta informática que ha sido reconocida por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y por el Ministerio de Fomento, y que permite obtener, de forma simplificada, la calificación de eficiencia energética de edificios de viviendas.



Figura 38: Logo del programa computacional CERMA

CERMA es aplicación que permite la obtención de la calificación de eficiencia energética en edificios de viviendas de nueva construcción para todo el territorio español, ofreciendo un estudio detallado para mejorar la calificación obtenida. Esta herramienta ha sido desarrollada por el Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) y la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), con la colaboración técnica del grupo FREDOSOL del departamento de Termodinámica Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia, y promovida por la Conserjería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Generalitat Valenciana.

CERMA es un Documento Reconocido para la certificación de eficiencia energética, según lo dispuesto en el artículo 3 del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento Básico para la certificación energética de **edificios residenciales de nueva construcción**.

CE2

Procedimientos simplificados de carácter prescriptivo para la calificación de eficiencia energética de edificios de viviendas



Figura 39: Logo del programa computacional Ce2

El procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios establece que la obtención de la calificación de eficiencia energética de un edificio se podrá realizar mediante una opción general, de carácter prestacional, verificada mediante un programa informático, o bien mediante una opción simplificada, de carácter prescriptivo que desarrolla la metodología de cálculo de una manera indirecta. Estos dos procedimientos adoptan la metodología de la opción simplificada.

El procedimiento es aplicable a todos los edificios destinados a vivienda (unifamiliar y en bloque) ubicados en las 12 zonas climáticas en las que se ha subdividido la geografía española, con la excepción de los territorios no peninsulares, es decir, las localidades situadas en Islas Baleares, Islas Canarias y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla.

Para estos territorios se desarrollará un procedimiento complementario personalizado, para tener en cuenta la especificidad de latitud (caso de Canarias), los coeficientes de reparto particulares de las capitales de provincia insulares y la situación particular del mix de producción de energía eléctrica.

Las otras limitaciones a su aplicación son las derivadas de la aplicabilidad de la opción simplificada del CTE-HE1, es decir, podrá utilizarse el procedimiento simplificado cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- a) que el porcentaje de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie;
- b) que el porcentaje de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.

Como excepción, se admiten porcentajes de huecos superiores al 60% en aquellas fachadas cuyas áreas supongan un porcentaje inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio.

Quedan excluidos de este procedimiento aquellos edificios cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales tales como muros Trombe, muros parietodinámicos, invernaderos adosados, fachadas ventiladas etc.

DesignBuilder

Design Builder es un BPS - Building performance Simulator de libre aplicación, es una herramienta para el control del estado de energía del edificio, de la emisión de dióxido de carbono, la iluminación natural como artificial y del confort.



Figura 40: Logo del programa computacional DesignBuilder

Está desarrollado para simplificar el proceso de simulación dinámico-térmica de una construcción, Design Builder permite comparar rápidamente la función y el rendimiento de los diseños de construcción, energéticamente eficientes y sostenibles.

El programa DesignBuilder se desarrolla como GUI – Graphical User Interface o interfaz gráfico un entorno de modelización de edificios amigable, intuitivo y visual sobre el que se integran diferentes módulos para el cálculo energético y ambiental de los edificios; al igual que los programas Líder y Calener VYP en este mismo se incorporan los datos de la envolvente, sistema constructivo, descripción geométrica, constructiva y operacional del edificios, sus instalaciones de calefacción y climatización, agua caliente sanitaria (ACS) e iluminación, en función del clima de la localidad, el uso del edificio en régimen de verano e invierno, también en su aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición solar; pero con un formato libre de uso y aplicación en cualquier zona climática con la que se desee trabajar.

Entre otras, las funcionalidades que DesignBuilder proporciona a través de la simulación dinámico térmica mediante Energy plus son las siguientes:

Cálculo de cargas

Design Builder implementa de forma específica el cálculo de cargas máximas de calefacción y refrigeración conforme al estándar ASHRAE²⁹. Esta funcionalidad es interesante de cara al dimensionado de las instalaciones.

Cálculo de la demanda de calefacción y refrigeración.

Mediante una opción sencilla del programa, es posible calcular la demanda de forma ágil durante las primeras etapas del diseño o orientado a la mejora del diseño bioclimático del edificio, sin entrar a modelar en detalle las instalaciones de climatización.

Cálculo de los consumos de calefacción, refrigeración y ACS y de las emisiones de CO2

Introduciendo las instalaciones, que pueden modelizarse en diferentes niveles de detalle y complejidad, se obtienen los consumos energéticos y el gasto en combustible (electricidad, gas, biomasa, etc.) así como las emisiones de CO2 asociadas.

Cálculo de las condiciones ambientales interiores

Esté climatizado o no, obtenemos resultados de las condiciones interiores del edificio, temperatura y humedad, en cualquier instante del año.

²⁹ American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers

Cálculo de las condiciones de confort

Mediante diversos índices de confort, como el PMV³⁰ en el cual está basado el Reglamento de Instalaciones Térmica de Edificios (RITE), PPD³¹, la temperatura operativa o el porcentaje de horas a determinadas temperaturas, incorporados dentro de los resultados que Design Builder puede mostrarnos.

Balance Térmico

Design Builder muestra las ganancias solares, por ocupación, iluminación, etc. así como las pérdidas en ventilación, transmisión de cerramientos, etc. dando valiosa información acerca de los elementos críticos en el balance térmico del edificio.

Ventilación

Se pueden obtener las renovaciones/hora que tenemos en el edificio así como los caudales que entran por cada abertura, en caso de que se haya realizado un cálculo de Ventilación Natural.

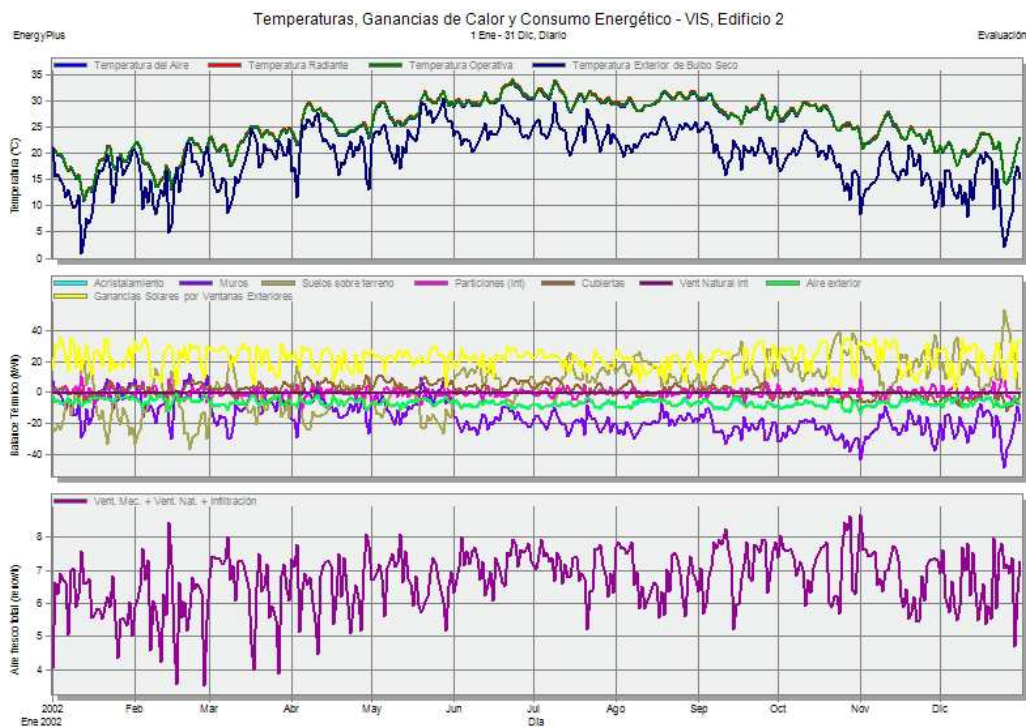


Figura 41: Ejemplo de las gráficas de los resultados anuales que genera el DesignBuilder

³⁰ PMV Índice de Valoración Medio de Fanger – ISO 7730

³¹ PPD índice de personas insatisfechas (Percentage of People Dissatisfied)

Conclusiones Parciales

Dentro de las normas mencionadas se puede observar que el manejo y descripción de la información puede causar confusión al usuario.

Se observa que la normativa mexicana, aunque muestra el método de cálculo y las formulas matemáticas que utiliza para realizar el certificado energético, no tiene claridad sobre la aplicación de las mismas y que los términos que utiliza no están actualizados/adaptados para la edificación.

El CTE es un documento completo que limita la demanda energética y establece las exigencias de la edificación, donde se limitan la envolvente de la edificación para alcanzar el bienestar térmico en función del clima donde se emplaza el edificio. Aunque limita la envolvente al cumplimiento de cierta transmitancia térmica, no limita el uso de ningún sistema constructivo.

Los métodos de cálculo de de los procedimientos del CTE, general y simplificado, no establecen ningún tipo de utilización de formulas matemáticas, si no que establecen y especifican las características que el método de cálculo debe cumplir.

La Escala de Calificación que establece el CTE se obtiene a través del análisis de edificaciones de similares características y comportamiento, por lo que se concluye que si es posible crear una escala para la VIS ya que son viviendas que cuentan y tienen las mismas características, siendo similares en superficie y en utilización.

Como primer acercamiento a los procedimientos que se pretenden utilizar en esta investigación y que son de aplicación a través de programas informáticos que realizan sus propios cálculos "tras bambalinas" se observa que, son de difícil manejo, ya que no se tiene claridad en los datos necesarios y de los resultados que se deben obtener, también crean confusión en la aplicación de los datos normativos y limitaciones que tiene la edificación.

Hipótesis de la investigación

Esta investigación tiene como objetivo principal plantear un Procedimiento Alternativo que permita calificar energéticamente una vivienda unifamiliar en un clima y en unas condiciones constructivas muy particulares, en una zona donde el estado del arte no existía hasta el año 2011. Basándose en procedimientos actuales que califican energéticamente las viviendas de nueva construcción en España para evaluar y conocer la eficiencia energética que tendrán las viviendas.

¿A través del análisis de la vivienda en diferentes procedimientos de calificación energética utilizados en España para certificar la vivienda unifamiliar de nueva construcción, es posible establecer un procedimiento alternativo de calificación energética para la zona de estudio?

¿Es posible establecer un procedimiento alternativo de cálculo sencillo con la menor cantidad de datos de la vivienda y se pueda calificar energéticamente a través de su envolvente; Y establecer una Calificación Energética a través del gasto energético de las demandas de calefacción, refrigeración y la cantidad de emisiones de CO₂ que genera?

Método de trabajo

La base de la investigación es crear un procedimiento que sirva de apoyo en la proyección y edificación de la vivienda, establecer una propuesta de Calificación Energética para las viviendas dentro de la zona de estudio, y poder conocer el confort al interior de la vivienda y el gasto energético que se produce a través de la demanda de calefacción y refrigeración, así como las emisiones de CO₂ que se genera.

El método de trabajo se divide en etapas:

Bibliográfica

La definición de los conceptos de la Eficiencia Energética a través de bibliografía específica, como lo son las normativas de uso obligatorio en España y en el país donde se ubica la tipología de vivienda que se van a analizar.

Una vez recopilados los datos bibliográficos en el capítulo I, se deben definir los parámetros y establecer las características de los casos muestra que se pretenden estudiar. Definida y seleccionada el tipo de vivienda, es necesario especificar sus dimensiones y parámetros constructivos, así como los límites normativos que se establecen y con los que se va a desarrollar la etapa de análisis.

Cálculos Energéticos y Simulación Energética

Se establecerán los procedimientos que se ajustan y permiten analizar la vivienda de acuerdo a la selección y establecimiento de la zona climática. La investigación se desarrolla por medio de un método de análisis comparativo del análisis energético de la vivienda en diferentes procedimientos de Calificación Energética, los cuales utilizan programas computacionales u hojas de cálculo basados en metodologías de las normativas energéticas de México y España.

En esta etapa se realizará también un análisis energético por medio de un BPS (Building Performance Simulación) o Simulación Energética Computacional para poder obtener resultados “reales” del comportamiento de los casos de estudio.

Una vez realizados los cálculos energéticos y las simulaciones se compararan los resultados obtenidos para determinar cuál de los procedimientos es del que más y mejores resultados se obtienen.

Propuesta

Una vez estudiados los procedimientos y sabiendo que resultados se pueden obtener ingresando los datos y parámetros necesarios en un análisis energético, se propondrá un nuevo procedimiento alternativo para realizar un cálculo energético de forma manual y de la manera más sencilla posible.

Para establecer como un procedimiento alternativo, se realizará y propondrán formulaciones matemáticas sencillas y de fácil interpretación. Así como un formato completo de propuesta de Calificación Energética para la vivienda que incorpore un modelo de Etiquetado.

Verificación

El planteamiento y desarrollo de la investigación permitirá establecer diferentes conclusiones, dentro de estas se realizará una verificación de los resultados que se obtienen con la propuesta del procedimiento alternativo con los resultados que se obtienen en los análisis anteriores. Y poder comprobar el funcionamiento.

CAPITULO II

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE LA VIS

Plano Oficial.....	90
Áreas y Dimensiones.....	91
Definición de la envolvente de la VIS y de sus cerramientos.....	95
Definición de la zona climática.....	97
Calculo de las severidades climáticas.....	98
Demanda Energética.....	100
Definición por capas de los cerramientos de la VIS.....	101

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE LA VIS

De acuerdo a la definición desarrollada en el capítulo I, la vivienda que se ha escogido para analizar en los diferentes procedimientos de certificación en el estudio, se definirá a continuación con su forma, áreas que la integran, geometría y dimensiones, tanto como los sistemas constructivos que formaran un estándar y establecerán los parámetros de medición para el desarrollo de la investigación.

Plano oficial

La VIS tipo cuenta con espacios o zonas estándar que la conforman y son repetitivas en todas sus combinaciones, a continuación se muestra el plano oficial que se presentó en la administración de la ciudad de Saltillo, Coahuila, proyecto desarrollado en el año 2007 por el doctorando en el cual se aprecian estos espacios.

La vivienda será el caso muestra y estándar para la investigación, siendo este uno de los modelos más común de VIS en la figura 42 se muestra el plano oficial de la VIS.

A partir de este modelo será que se obtendrán las áreas y dimensiones del caso muestra de estudio.

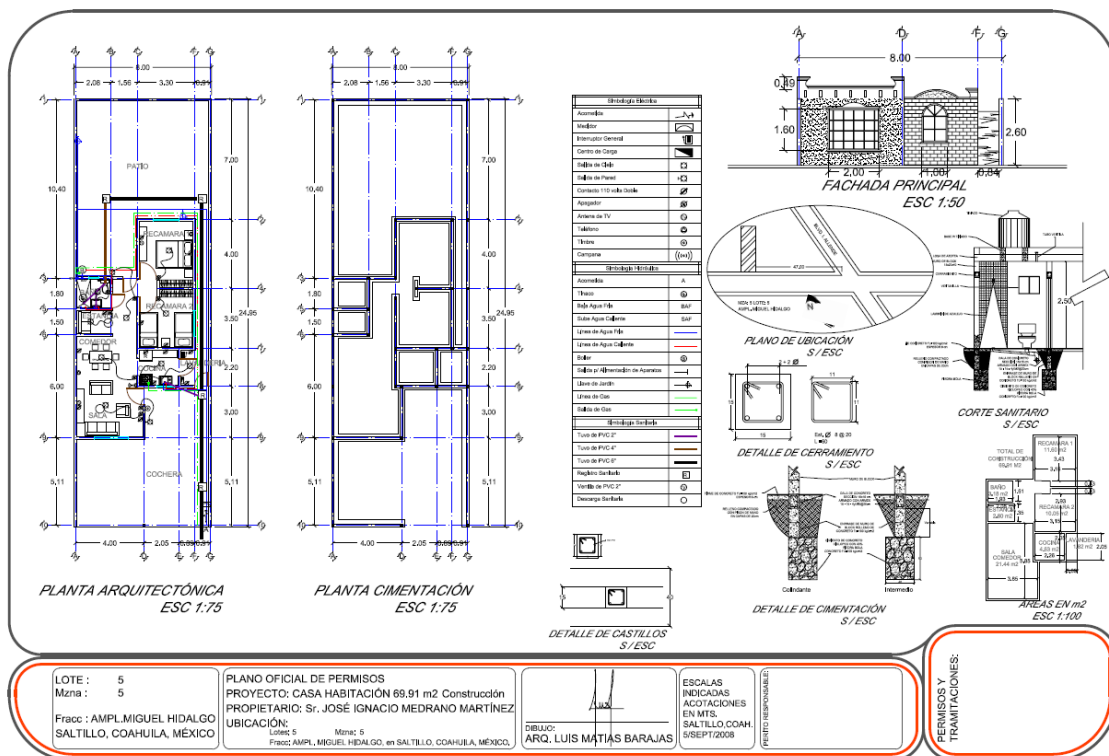


Figura 42: Plano oficial de la VIS

Áreas y dimensiones de la VIS.

En la tabla 8 se muestran cada una de las dimensiones que tienen los cerramientos que conforman la VIS, en superficie en m², de acuerdo a cada orientación, el volumen total en m³ y el perímetro de la VIS.

Dimensiones de la VIS		
AREA	Total (m ²)	Volumen Total (m ³)
VIS	65,28	169,72
CUBIERTA	65,28	
TRAGALUZ Y DOMO	0,00	
MURO NORTE	12,98	
VENTANA NORTE	1,68	
MURO ESTE	19,75	
VENTANA ESTE	1,50	
MURO SUR	13,36	
VENTANA SUR	4,47	
MURO OESTE	32,79	
VENTANA OESTE	0,00	
SUELO SOBRE TERRENO	65,27	
Perímetro de la VIS (m)		
39,95		

Tabla 8: Dimensiones de los cerramientos que conforman la VIS.

De la tabla 9 a la 14, se muestran cada una de las dimensiones que tienen las zonas de los diferentes espacios en los que se zonifica la VIS, superficie en m², de acuerdo a cada orientación, el volumen en m³ y la descripción de cada elemento de los cerramientos que conforman la zona, así como si condición de adyacencia.

Dimensiones por Zona de la VIS			
Zona	Área de Suelo (m ²)	Volumen (m ³)	
Cocina-Sala-Comedor	27,583	71,716	
Elemento	Condición de adyacencia	Área (m ²)	Orientación N=0°
Suelo sobre terreno	Terreno	27,583	
Cubierta	Exterior	27,583	
Muro Este	Exterior	5,812	90
Muro Sur	Exterior	11,178	180
Muro interior	Zona 2	3,602	
Puerta	Zona 2	1,988	90
Muro interior	Recamara 2	8,372	
Muro interior	Estancia	6,374	
Muro Oeste	Exterior	15,47	270
Puerta	Exterior	1,988	90
Muro interior	Cocina-Sala-Comedor	6	
Acrilamiento Sur	Exterior	4,474	180

Tabla 9: Dimensiones de la Cocina-Sala-Comedor de la VIS.

Zona	Área de Suelo (m ²)	Volumen (m ³)	
Recamara 1	11,986	31,163	
Elemento	Condición de adyacencia	Área (m ²)	Orientación N=0°
Suelo sobre Terreno	Terreno	11,977	
Cubierta	Exterior	11,986	
Muro Este	Exterior	10,285	90
Muro Norte	Exterior	6,846	0
Muro Oeste	Exterior	8,684	270
Muro interior	Estancia	2,803	
Puerta	Estancia	1,788	180
Muro interior	Recamara 2	5,336	
Acrilamiento Norte	Exterior	1,5	0

Tabla 10: Dimensiones de la Recamara 1 de la VIS.

Zona	Área de Suelo (m ²)	Volumen (m ³)	
Recamara 2	10,817	28,125	
Elemento	Condición de adyacencia	Área (m ²)	Orientación N=0°
Suelo sobre Terreno	Terreno	10,817	
Cubierta	Exterior	10,817	
Muro Este	Exterior	7,611	90
Muro interior	Recamara 1	5,336	
Muro interior	Estancia	8,372	
Puerta	Estancia	1,788	0
Muro interior	Cocina-Sala-Comedor	8,372	
Muro interior	Zona 2	2,184	
Acristalamiento Este	Exterior	1,5	90

Tabla 11: Dimensiones de la Recamara 2 de la VIS.

Zona	Área de Suelo (m ²)	Volumen (m ³)	
Lavadero/Zona ext.	1,806	4,696	
Elemento	Condición de adyacencia	Área (m ²)	Orientación N=0°
Suelo sobre Terreno	Terreno	1,806	
Cubierta	Exterior	1,806	
Muro Este	Exterior	0,019	90
Muro interior	Recamara 2	2,184	
Muro interior	Cocina-Sala-Comedor	3,602	
Puerta	Cocina-Sala-Comedor	1,988	270
Muro Sur	Exterior	2,184	180

Tabla 12: Dimensiones del Lavadero/Zona exterior de la VIS.

Zona	Área de Suelo (m ²)	Volumen (m ³)	
Estancia	9,495	24,688	
Elemento	Condición de adyacencia	Área (m ²)	Orientación N=0°
Suelo sobre terreno	Terreno	9,495	
Cubierta	Exterior	9,495	
Muro interior	Recamara 1	2,803	
Puerta	Recamara 1	1,788	0
Muro Oeste	Exterior	4,082	270
Muro Norte	Exterior	2,571	0
Puerta	Exterior	1,589	0
Muro interior	Baño	8,291	
Puerta	Baño	1,589	270
Muro interior	Cocina-Sala-Comedor	6,374	
Muro interior	Recamara 2	8,372	
Puerta	Recamara 2	1,788	180

Tabla 13: Dimensiones de la Estancia de la VIS.

Zona	Área de Suelo (m ²)	Volumen (m ³)	
Baño	3,588	9,328	
Elemento	Condición de adyacencia	Área (m ²)	Orientación N=0°
Suelo sobre Terreno	Terreno	3,588	
Cubierta	Exterior	3,588	
Muro interior	Estancia	8,291	
Puerta	Estancia	1,589	90
Muro Norte	Exterior	5,15	0
Muro Oeste	Exterior	4,55	270
Acrilamiento Norte	Exterior	0,18	0

Tabla 14: Dimensiones del Baño de la VIS.

Definición de la envolvente de la VIS y de sus cerramientos.

La geometría básica de la VIS está compuesta por su envolvente, la envolvente la componen todos los cerramientos que forman los espacios interiores de la misma y que son colindantes entre sí o con el ambiente exterior, como se muestra en la figura 43.

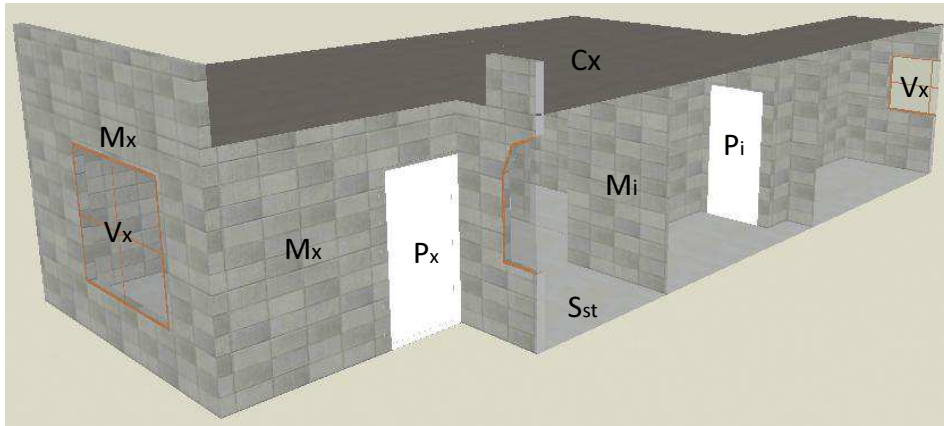


Figura 43: Cerramientos que componen la envolvente de la VIS.

Los cerramientos de la VIS se clasifican dentro de esta investigación de la siguiente manera, de acuerdo a una letra Mayúscula, que hace referencia al cerramiento y una letra minúscula, que hace referencia a su situación, siendo estos cerramientos los más comunes en la VIS:

Cx: Cubierta exterior, todos aquellos cerramientos que se encuentren en contacto con el ambiente exterior, en la parte superior y última de la vivienda, donde su cara superior está en contacto con el ambiente exterior y su cara inferior con el interior de la VIS y su grado de inclinación sea menor de 90° respecto a la horizontal.

Tx: Techo exterior, todos aquellos cerramientos que se encuentren en contacto con el ambiente exterior por su cara superior y con el interior de la VIS con su cara inferior, y su grado de inclinación sea menor de 90° respecto a la horizontal.

Ti: Techo interior, todos aquellos cerramientos horizontales que se encuentren en el interior de la VIS, y que separan el interior de la VIS en diferentes plantas o niveles.

Sst: Suelo sobre terreno, todos aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el terreno.

Sx: Suelo exterior, todos aquellos cerramientos horizontales que se encuentren en contacto con el ambiente exterior por su cara inferior y con el interior de la VIS con su cara superior.

Mx: Muro exterior, todos aquellos cerramientos verticales que conforman las fachadas de la VIS, donde su cara exterior está en contacto con el ambiente exterior y su cara interior con el interior de la VIS.

Mi: Muro interior, todos aquellos cerramientos verticales que se encuentren en el interior de la VIS, y que separan el interior de la VIS en diferentes espacios o zonas habitables.

Cada cerramiento se clasificara según su comportamiento térmico y cálculo de sus diferentes capas de construcción y partes que lo compongan con las siguientes características:

Cerramientos en contacto con el ambiente exterior:

Parte opaca, constituida por muros de fachada en todas sus orientaciones, cubiertas, suelos en contacto con el terreno;

Parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas) de fachada y domos en cubiertas.

Vx: Ventana exterior, todas aquellas partes transparentes o semitransparentes que forman parte y están integradas en alguno de los muros exteriores que conforman la fachada de la VIS.

Px: Puerta exterior, todas aquellas partes opacas, transparentes o semitransparentes que forman parte y están integradas alguno de los muros exteriores que conforman la fachada de la VIS y representan una entrada/salida de la misma.

Cerramientos en contacto con el terreno:

Todos los suelos que se encuentren en contacto con el terreno y estén en el interior de la VIS y conformen la superficie útil de la misma.

Cerramientos en el interior que conforman los espacios o zonas habitables:

Parte opaca, constituida por muros interiores con cualquier orientación y techos interiores;

Parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas).

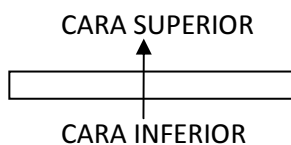
Vi: Ventana interior, todas aquellas partes transparentes o semitransparentes que forman parte y están integradas alguno de los muros interiores que conforman los espacios o zonas de la VIS.

Pi: Puerta interior, todas aquellas partes opacas, transparentes o semitransparentes que forman parte y están integradas alguno de los muros interiores de los espacios o zonas de la VIS y representan una entrada/salida entre los espacios o zonas de la misma.

Dirección de los cerramientos de la VIS

Los cerramientos de la VIS están definidos como Horizontales y Verticales, teniendo en cuenta que independientemente, del número de capas constructivas que los conformen estos tendrán una dirección, para hacer referencia a su situación y contacto con el ambiente exterior, siendo en adelante esta su dirección:

Cerramientos Horizontales



Cerramientos verticales



Definición de la zona climática

Como cada uno de los procedimientos trabaja con diferentes zonas climáticas y son de dos países diferentes; para poder establecer un rango de comparación entre ellos se establece, por medio del **APENDICE D** del Documento Básico HE de ahorro de energía del CTE, en el cual se determinan las zonas climáticas de las localidades en la geografía de España; del cual en su apartado **D.2** se determina la zona climática, a partir de registros climáticos donde establece:

1. La determinación de zonas climáticas, para localidades que dispongan de registros climáticos contrastados, se obtendrá a partir del cálculo de las severidades climáticas de invierno y de verano para dichas localidades.
2. Una vez obtenidas las dos severidades climáticas, la zona climática se determinará localizando los dos intervalos correspondientes en los que se encuentran dichas severidades, de acuerdo con la tabla de zonas climáticas del apartado **D.1** del apéndice D.
3. La severidad climática combina los *grados-día* y la radiación solar de la localidad, de forma que se puede demostrar que cuando dos localidades tienen la misma severidad climática de invierno (SCI) la demanda energética de calefacción de un mismo edificio situado en ambas localidades es sensiblemente igual. Lo mismo es aplicable para la severidad climática de verano (SCV).
4. Para invierno se definen cinco divisiones distintas correspondientes a los siguientes intervalos de valores:

Severidad Climática de Invierno

A	B	C	D	E
$SCI \leq 0,3$	$0,3 < SCI \leq 0,6$	$0,6 < SCI \leq 0,95$	$0,95 < SCI \leq 1,3$	$SCI > 1,3$

5. Para verano se definen 4 divisiones distintas correspondientes a los siguientes intervalos de valores:

Severidad Climática de Verano

1	2	3	4
$SCV \leq 0,6$	$0,6 < SCV \leq 0,9$	$0,9 < SCV \leq 1,25$	$SCV > 1,25$

6. Combinando las 5 divisiones de invierno con las 4 de verano se obtendrían 20 zonas distintas, de las cuales se han retenido únicamente las 12 en las cuales se ubican las localidades españolas.

7. Las 12 zonas retenidas se identifican mediante una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano, como se muestra en la figura 44.

SC (verano)	A4	B4	C4		E1
			C3	D3	
	A3	B3	C2	D2	
			C1	D1	
	SC (invierno)				

Figura 44: Cuadro de retención de las Zonas Climáticas en España.

8. Para las zonas A1 y A2 se considerarán a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática A3.

9. Para las zonas B1 y B2 se considerarán a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática B3.

10. Para las zonas E2, E3, E4 se considerarán a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática E1.

Calculo de las severidades climáticas.

A partir de los registros climáticos de la zona de estudio, los cuales fueron otorgados por la estación meteorológica de la UA de C - Universidad Autónoma de Coahuila, ubicada en la Unidad Campo redondo en la ciudad de Saltillo, Coahuila; los datos climáticos se organizan de acuerdo a la media de cada mes del año según la radiación global horizontal y los grados día de los meses que corresponden a invierno y verano en la tabla 15, se ubican y sustituyen en la tabla 16 según el cálculo del DB HE del CTE, para obtener a que localidad correspondería la zona de estudio dentro de las zonas que se establecen en España y cuales son límites paramétricos de transmitancias, que corresponden a la demanda energética.

Rad			
Media Mes ENERO	Media Mes Febrero	Media Mes Diciembre	
145,4333	187,1265	119,648	
6,05972	7,796937	4,985332	
Media de los 3 Meses	150,7359	6,280663	
GD			
Media Mes ENERO	Media Mes Febrero	Media Mes Diciembre	
224,867	180,5615	226,0417	
Media de los 3 meses	210,49		
Rad			
Media Mes JUNIO	Media Mes JULIO	Media Mes AGOSTO	Media Mes SEPTIEMBRE
281,683	246,0625	257,787	231,4722
11,73679	10,2526	10,74112	9,644676
	Media de los 4 Meses	254,2512	10,5938
GD			
Media Mes JUNIO	Media Mes JULIO	Media Mes AGOSTO	Media Mes SEPTIEMBRE
126,6365	96,30521	137,0563	69,28229
	Media de los 4 meses	107,3201	

Tabla 15: Media de Radiación y Grados día de los meses de Invierno y Verano de la zona de estudio.

Severidad climática de Invierno (SCI)					
1 En función de la disponibilidad de datos climáticos existen dos correlaciones alternativas:					
a) correlación1: a partir de los grados-día de invierno, y de la radiación global acumulada.					
$SCI = aRad + bGD + c Rad GD + d(Rad)^2 + e (GD)^2 + f$					
siendo					
GD la media de los grados-día de invierno en base 20 para los meses de enero, febrero, y diciembre. Para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24					
Rad la media de la radiación global acumulada para los meses de enero, febrero, y diciembre [kW h / m ²].					
a	b	c	d	e	f
$-8,35 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-3}$	$-8,62 \cdot 10^{-6}$	$4,88 \cdot 10^{-5}$	$7,15 \cdot 10^{-7}$	$-6,81 \cdot 10^{-2}$
-0,00835	0,00372	-0,00000862	0,0000488	0,000000715	-0,0681
Rad			GD		
150,7359			210,4900475		
SCI=	0,323258	B			
Severidad climática de Verano (SCV)					
1 Al igual que para invierno, en función de la disponibilidad de datos climáticos existen dos correlaciones alternativas:					
a) correlación1: a partir de los grados-día de verano y de la radiación global acumulada					
$SCV = a Rad + b GD + c Rad GD + d (Rad)^2 + e (GD)^2 + f$					
siendo					
GD la media de los grados-día de verano en base 20 para los meses de junio, julio, agosto, y septiembre. Para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24;					
Rad la media de la radiación global acumulada para los meses de junio, julio, agosto, y septiembre [kW h / m ²].					
a	b	c	d	e	f
$3,724 \cdot 10^{-3}$	$1,409 \cdot 10^{-2}$	$-1,869 \cdot 10^{-5}$	$-2,053 \cdot 10^{-6}$	$-1,389 \cdot 10^{-5}$	$-5,434 \cdot 10^{-1}$
0,003724	0,01409	-0,00001869	-0,000002053	-0,00001389	-0,5434
Rad			GD		
254,2512			107,3200521		
SCV=	1,112898	3			

Tabla 16: Sustitución de datos climáticos para obtener la SCI y la SCV.

Demanda Energética

La demanda energética de los edificios en el documento básico HE, Ahorro de Energía del CTE, se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática y de la carga interna en sus espacios.

La demanda energética será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica, sean los valores límites establecidos en la figura 45, para el caso de estudio ha correspondido la zona climática **B3**.

Los parámetros característicos que definen la envolvente térmica se agrupan en los siguientes tipos:

- a) transmitancia térmica de muros de fachada U_M ;
- b) transmitancia térmica de cubiertas U_C ;
- c) transmitancia térmica de suelos U_S ;
- d) transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno U_T ;
- e) transmitancia térmica de huecos U_H ;
- f) factor solar modificado de huecos F_H ;
- g) factor solar modificado de lucernarios F_L ;
- h) transmitancia térmica de medianerías U_{MD} .

Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la figura 45, en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

En edificios de viviendas, las particiones interiores que limitan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas, tendrán cada una de ellas una transmitancia no superior a 1,2 W/m²K.

ZONA CLIMÁTICA B3										
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno					$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Transmitancia límite de suelos					$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Transmitancia límite de cubiertas					$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Factor solar modificado límite de lucernarios					$F_{Llim}: 0,30$					
% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	-
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

Figura 45: Parámetros límite para la zona climática B3.

Definición por capas de los cerramientos de la VIS

Cada cerramiento de la VIS tiene como característica propia un número de capas que conforman su sistema constructivo y que tienen sus propias características físicas y “U” transmitancia total.

En este apartado se describen las características de los cerramientos comunes con los que se desarrolla la VIS los cuales se denominan para esta investigación “U BÁSICA” y los cerramientos que cumplen los límites de transmitancia térmica establecidos de acuerdo a la zona climática definida en este documento y de acuerdo a la demanda energética los cuales se denominan para esta investigación “U CTE”; y serán los utilizados para realizar los análisis y comprobación en los diferentes procedimientos de Certificación Energética.

Cerramientos U Básica

Muros Exteriores - Espesor total 12 cm

Capa Exterior.- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750 - Espesor 1cm

Capa Intermedia.- Block de Hormigón convencional - Espesor 10 cm

Capa Interior.- Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500 – Espesor 1 cm

Cubierta - Espesor total 27 cm

Capa Exterior.- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750 - Espesor 1 cm

Capa Intermedia.- Forjado Unidireccional entrevigado de EPS mecanizado enrasado - Canto 250 mm - Espesor 25 cm

Capa Interior.- Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500 - Espesor 1 cm

Suelo sobre terreno - Espesor total 15 cm

Capa Exterior.- Hormigón armado d > 2500 - Espesor 10 cm

Capa Interior.- Plaqueta o baldosa de gres - espesor 2,5 cm

Cerramientos U CTE

Muros Exteriores - Espesor total 17 cm

Capa Exterior.- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750 - Espesor 1cm

Capa Intermedia 1.- Block de Hormigón convencional - Espesor 10 cm

Capa Intermedia 2.- Lana mineral [0.04 W/mK] - Espesor 5 cm

Capa Interior.- Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500 - Espesor 1cm

Cubierta - Espesor total 32 cm

Capa Exterior.- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750 - Espesor 1 cm

Capa Intermedia 1.- Forjado Unidireccional entrevigado de EPS mecanizado enrasado - Canto 250 mm - Espesor 25 cm

Capa Intermedia 2.- Lana mineral [0.04 W/mK] - Espesor 5 cm

Capa Interior.- Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500 - Espesor 1 cm

Suelo sobre terreno - Espesor total 20 cm

Capa Exterior.- Hormigón armado d > 2500 - espesor 10 cm

Capa Intermedia 1.- Lana mineral [0.04 W/mK] - espesor 5 cm

Capa Interior.- Plaqueta o baldosa de gres - espesor 2,5 cm

Los muros interiores en ambos casos están conformados por:

Capa Exterior.- Yeso, de alta dureza $1200 < d < 1500$

Capa Intermedia.- Block de Hormigón convencional espesor 100 mm

Capa Interior.- Yeso, de alta dureza $1200 < d < 1500$

Las puertas exteriores tendrán para ambos casos la misma característica de material de madera.

Los acristalamientos para ambos casos estarán conformados por un vidrio sencillo.

CAPITULO III

ANÁLISIS ENERGÉTICOS DE LA VIS

Análisis Energético de la VIS / U Básica.....	103
Procedimiento NOM-020_ENER-2011	103
Procedimiento Calener VYP.....	106
Procedimiento CERMA.....	109
Análisis Energético de la VIS / U CTE.....	112
Procedimiento NOM-020_ENER-2011	112
Procedimiento Calener VYP.....	115
Procedimiento CERMA.....	118
Procedimiento Ce2.....	122
Simulación Energética VIS U Básica / VIS U CTE.....	125
Procedimiento software de simulación DesignBuilder.....	126
Resultados obtenidos.....	138
Gráficas de comparación de resultados.....	140
Conclusiones parciales.....	143

Análisis de la VIS U Básica

Procedimiento NOM-020_ENER-2011

Valores para el cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente

Los valores representados en la tabla 17 de este cálculo son los establecidos por la normativa NOM-020_ENER-2011 en el apéndice A, en su tabla 1, formato que se encuentra en el anexo de este documento junto con el formato completo de cálculo.

2.1.-	CIUDAD	SALTILLO			
	LATITUD	25° 25'			
2.2.-	TEMPERATURAS EQUIVALENTES PROMEDIO "te" (C°)				
	A).- TECHO	38	B).- SUPERFICIE INFERIOR	27	
	C).- MUROS		D).- PARTES TRANSPARENTES		
	MASIVO	LIGERO	SEGÚN NOM NO EXISTE TRAGALUZ Y DOMO		
	NORTE	25	30	NORTE	22
	ESTE	28	34	ESTE	24
	SUR	26	33	SUR	24
	OESTE	26	33	OESTE	25
	EXTRA PROPIO.- TEMPERATURA INTERIOR "t" (C°)				25
2.3.-	COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR "k" DEL EDIFICIO DE REFERENCIA (W/m ² K)				
	TECHO	0,833	MURO	0,833	
	TRAGALUZ Y DOMO	0	VENTANA	5,319	
2.4.-	FACTOR DE GANANCIA DE CALOR SOLAR "FG" (W/m ²)				
	TRAGALUZ Y DOMO	322			
	NORTE	70			
	ESTE	159			
	SUR	131			
	OESTE	164			

Tabla 17: Valores establecidos por la NOM-020-ENER-2011 para la ciudad de Saltillo

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor de las porciones de la envolvente, se desarrollaron dos componentes básicas que destaca esta normativa para el cálculo, que son pared y techo, de acuerdo a la descripción de las componentes planteadas en esta investigación. En este apartado se han utilizados los valores que establece la normativa Nom-020_ENER-2011 en el apéndice B de la misma, que se encuentra en los anexos de este documento junto con el formato de cálculo completo de la misma.

En el caso de las propiedades higrométricas de los materiales que no se encuentran en los apéndices antes mencionados, se han utilizado los que establece el CTE en su base de datos, Catálogo de elementos constructivos.

Para la porción de envolvente denominada Pared, se obtiene la sumatoria de la resistencia térmica (M) del sistema constructivo propuesto de:

$$\Sigma M = 0,475 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

Y se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (K)

$$K = 2,10 \text{ W / m}^2\text{K}$$

Para la porción de envolvente denominada techo, se obtiene la sumatoria de la resistencia térmica del sistema constructivo propuesto de:

$$\Sigma M = 1,36 \text{ m}^2\text{K / W}$$

Y se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (K)

$$K = 0,73 \text{ W / m}^2\text{K}$$

De acuerdo a estos parámetros y una vez realizado el cálculo correspondiente se han obtenido los comparativos de la ganancia de calor, para los dos edificios de uso habitacional el de referencia y el proyectado donde:

El edificio de referencia ha obtenido ganancias por conducción, de acuerdo a la formula

$$\Phi_{rc} = \sum_{j=1}^n [K_j * A_{ij} * (t_{ei} - t)]$$

un subtotal de **767,40 W**

Y las ganancias por radiación, de acuerdo a la formula

$$\Phi_{rs} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} * CS_j * FG_i * SE_{ij}]$$

Un subtotal de **84,75 W**

El edificio proyectado ha obtenido ganancias por conducción, de acuerdo a la formula

$$\Phi_{pc} = \sum_{j=1}^n [K_j * A_{ij} * (t_{ei} - t)]$$

Un subtotal de **829,78 W**

Y las ganancias por radiación, de acuerdo a la formula

$$\Phi_{ps} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} * CS_j * FG_i * SE_{ij}]$$

Un subtotal de **84,75 W**

Esto en el resumen del cálculo se expresa como resultado del presupuesto energético, la suma de los subtotales en cada uno de los edificios de uso habitacional de referencia y proyectado como se muestra en la tabla 18.

		GANANCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN (W)		GANANCIA DE CALOR POR RADIACIÓN (W)	GANANCIA TOTAL DE CALOR $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
REFERENCIA	(Φ_{rc})	767,408964	(Φ_{rs})	84,7503	852,159264
PROYACTADO	(Φ_{pc})	829,7847171	(Φ_{ps})	84,7503	914,5350171
5.2.- CUMPLIMIENTO					
SI	$(\Phi_r) > (\Phi_p)$		NO	$(\Phi_p) > (\Phi_r)$	NO PASA

Tabla 18: Resumen del presupuesto energético y cumplimiento de la VIS U Básica en la NOM-020-ENER-2011

Lo cual en la suma de subtotales obtenidos y siguiendo el criterio de aceptación de la normativa, tenemos como resultado del cálculo que el cumplimiento del certificado es:

$$(\Phi_p) > (\Phi_r) \quad \text{NO PASA}$$

La suma total del edificio de uso habitacional proyectado es mayor que, la suma total del edificio de uso habitacional de referencia, por lo tanto se expresa como "No pasa", y no recibe etiquetado, ya que representa que el edificio proyectado no cuenta con ningún ahorro de energía por parte de su envolvente sobrepasando un **9,78%** al edificio de referencia.

Procedimiento CALENER VYP

Para desarrollar el cálculo de la VIS a través del método General del CTE, se ha utilizado el programa Calener VYP, para la calificación energética de la edificación, en su versión 1.0 - 12 de Junio de 2013.

Lo primero a desarrollar en el software es el modelado de la edificación geoméricamente, donde se especifica la superficie de los cerramientos, junto con el de las diferentes particiones, ventanas y puertas, las cuales definen el volumen de la edificación ver figura 46.

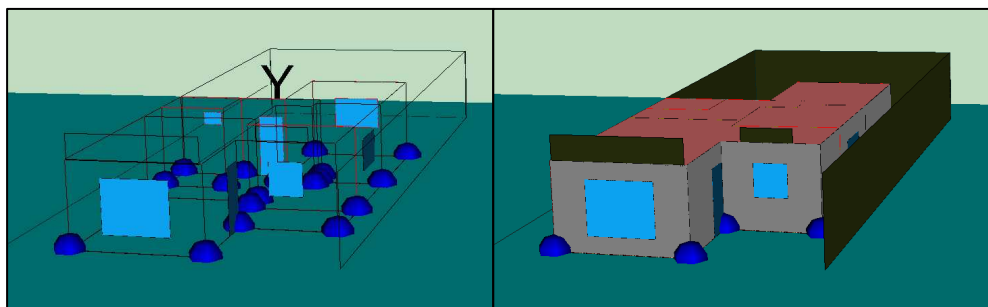


Figura 46: Modelo de la VIS generado en CALENER VYP

Lo primero que hay que proporcionar al software son los datos generales del proyecto y más importante definir la zona climática donde se va a realizar la calificación, en esta ocasión se ha escogido en base a los parámetros establecidos en la definición de la zona climática, la localidad correspondiente a la **B3**, siendo el tipo de edificio, vivienda unifamiliar.

Los valores utilizados en este cálculo son los establecidos por el CTE, así como la base de datos utilizada por el software, en el apartado gestión de la base de datos, en los anexos de este documento se encuentra el informe formato completo de cálculo de la VIS.

Una vez establecidos los materiales a utilizar en la VIS en la base de datos y creadas las composiciones de los diferentes cerramientos opacos, su descripción se establece un coeficiente global de transferencia de calor (U) para cada uno y se obtiene la siguiente tabla 19:

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Cubierta plana	0,88	Betún fieltro o lámina	0,003
		FU Entrevigado de EPS mecanizado enrasado -	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010
Forjado terreno	3,99	Azulejo cerámico	0,020
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,150
Medianera	2,53	BH hueco con áridos densos 140 mm	0,140
		Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,020
Muro exterior	2,16	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		BH hueco con áridos densos 140 mm	0,140
		Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,020
Tabique	2,32	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,020
		BH hueco con áridos densos 140 mm	0,140
		Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,020

Tabla 19: U de los cerramientos de la VIS U Básica generados por CALENER VYP

Para los cerramientos semitransparentes una vez establecidos los materiales de la base de datos y su descripción³² se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (U) tabla 20.

Nombre	Vidrio doble
Acristalamiento	VER_M_4
Marco	VER_Madera de densidad media baja
% Hueco	10,00
Permeabilidad m²/hm² a 100Pa	25,00
U (W/m²·K)	5,33
Factor solar	0,77

Tabla 20: U para acristalamientos de la VIS U Básica generados por CALENER VyP

Una vez creados todos los cerramientos a utilizar en la VIS, se seleccionan para especificar su utilización en el programa, de acuerdo a su posición y ubicación en el modelo figura 47.

The screenshot shows the 'Espacio de Trabajo' (Workspace) window in the 'Construcción' (Construction) tab. It is divided into 'Cerramientos y particiones interiores' (Interior closures and partitions) and 'Puentes térmicos' (Thermal bridges). The 'Muro' section is for vertical and rectangular facade walls. The 'Hueco' section allows defining the void with glass type, height, width, and position. The 'Cerramiento horizontal' sections are for roofs or floors in contact with the exterior. The 'Medianería' section is for party walls. The 'Suelo en contacto con el terreno' section is for floors in contact with the ground, including an option for perimeter insulation. The 'Muro en contacto con el terreno' section is for walls in contact with the ground. The 'Partición interior horizontal' and 'Partición interior vertical' sections are for interior partitions.

Figura 47: Especificación de la construcción de la VIS U Básica en CALENER VyP

³² Nótese en el nombre del cerramiento semitransparente "Vidrio doble", no coincide con la descripción del acristalamiento "VER_M_4" que se refiere a la utilización de un vidrio simple genérico de 4 mm; pero el software no dejó realizar el cambio de nombre al cerramiento semitransparente por el de "Vidrio sencillo".

Este software analiza al mismo tiempo el uso de las instalaciones de la edificación, mediante la propuesta de sistemas de calentamiento del Agua Caliente Sanitaria ACS, calefacción y climatización, mediante equipos de la base de datos. Para este análisis solo se ha propuesto un sistema de caldera convencional para el uso del ACS; como en el análisis de esta investigación no contempla el análisis de instalaciones, se le ha aplicado al software un porcentaje del 100% de contribución solar, para así no generar un gasto de energía por el uso de instalaciones.

Una vez definidos todos los apartados que solicita el programa realiza el cálculo de la edificación definida y otorga un resultado y la calificación que obtiene el edificio objeto y el edificio de referencia, en indicador de emisiones de KgCO₂/m², así como los diferentes resultados que otorga el cálculo.

En este análisis los resultados obtenidos se representan en la figura 48:

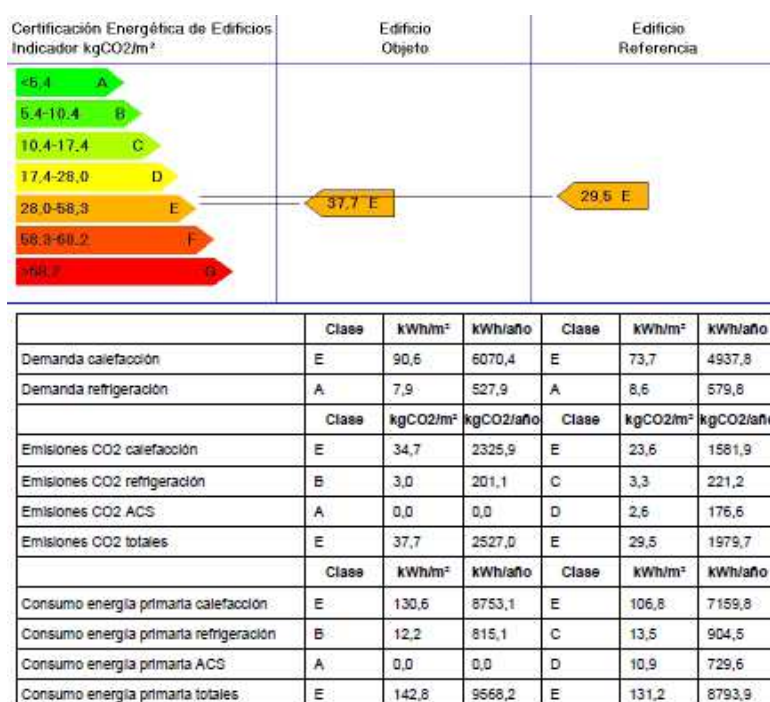


Figura 48: Resultados de la VIS U Básica generados por CALENER VyP

Los resultados obtenidos muestran que el edificio objeto, obtiene la misma calificación que el edificio de referencia ubicándose en la letra " E ", sin embargo se observa que el edificio objeto tiene una mayor emisión de KgCO₂/m² con un total de **37,7**, en comparación del edificio de referencia con un emisión de KgCO₂/m² con un total de **29,5**.

Este resultado no otorga un etiquetado ya que la conformidad del método general se aplica solo cuando, la demanda energética de la envolvente térmica del edificio objeto para régimen de calefacción y refrigeración son ambas inferiores a las del edificio de referencia, donde el resultado de la demanda de calefacción de **90,6** en el edificio objeto es mayor a la demanda de calefacción de **73,7** del edificio de referencia. Igual que la demanda de refrigeración, que aunque esta obtiene la más alta calificación por la norma una letra " A " el total de emisiones sigue siendo mayor al edificio de referencia.

Procedimiento CERMA

El Cerma es uno de los procedimientos más actuales, reconocido en el registro general de procedimientos simplificados para edificios de viviendas³³, que se puede utilizar para desarrollar el cálculo para obtener la calificación energética de los edificios por medio del método general y el método simplificado.

Los primeros datos que se ingresan en el software al igual que la mayoría son los datos del proyecto que se va a calificar, propietario y datos de la finca a calificar, así como los del proyectista o certificador.

Para este análisis los parámetros establecidos son los de la definición de la zona climática, la localidad correspondiente a la **B3**, siendo el tipo de edificio, vivienda unifamiliar.

Los datos generales en la definición geométrica de la vivienda, como el volumen total en m³, el suelo habitable en m², superficies de los muros de la envolvente en m².

Los diferentes cerramientos opacos son especificados dentro de la base de datos del programa que es la base de datos de sistemas constructivos del CTE, para este análisis se crearon nuevos cerramientos a partir la misma base de datos:

Muro exterior VIS U BASICA, se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (U):

2,62 W/m²K

Cubierta plana VIS U BASICA, se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (U):

0,82 W/m²K

Suelo Terreno VIS U BASICA, se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (U):

3,67 W/m²K

Para los cerramientos semitransparentes se crean a partir de la base de datos grupos para establecer las ventanas y sus características de cada orientación, para este análisis se han establecido un grupo.

Grupo 1, con vidrio monolíticos de 4mm y un marco de aluminio sin rotura de puente térmico y se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (U) global del hueco de:

5,70 W/m²K

El software analiza al mismo tiempo el uso de las instalaciones de la edificación, mediante la propuesta de sistemas de calentamiento del Agua Caliente Sanitaria ACS, calefacción y climatización, mediante equipos de la base de datos. Para este análisis solo se ha propuesto un sistema de caldera convencional para el uso del ACS; como en el análisis de esta investigación no contempla el análisis de instalaciones, se le ha aplicado al software un porcentaje del 100% de contribución solar, para así no generar un gasto de energía por el uso de instalaciones.

³³<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/Procedimientosimplificadosparaedificiosdeviviendas.aspx>

En este análisis los resultados obtenidos se muestran en las figuras 49 - 51:

1. Calificación Energética del edificio

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		3,39	E	0,00	A
		Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año]		Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año]	
		38,48		0,00	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año]		2,11	E		
48,71		Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año]		10,22	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

Figura 49: Resultado de la Calificación Energética para la VIS U Básica generados por CERMA

2. Calificación Parcial de la Demanda de Calefacción y Refrigeración

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.





DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
			
Demanda global de calefacción [kWh/m ² año]		Demanda global de refrigeración [kWh/m ² año]	
100,57		26,78	

Figura 50: Calificación parcial de las demandas de la Vis U Básica generados por CERMA

3. Calificación parcial del consumo de Energía primaria

Por energía primaria se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes renovables y no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		2,81	E	0,00	A
		Energía primaria calefacción [kWh/m ² año]		Energía primaria ACS [kWh/m ² año]	
		144,82		0,00	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria [kWh/m ² año]		2,07	E		
185,78		Energía primaria refrigeración[kWh/m ² año]		40,96	

Figura 51: Resultados del consumo parcial de energía primaria para la VIS U básica generados por CERMA

Este procedimiento muestra los resultados que obtiene el edificio de referencia (sin efecto normativo), para comprobar si el edificio puede o no obtener la calificación indicada. Para poder conocer si este resultado puede obtener el certificado se necesita revisar y comprobar que los datos del edificio ingresados cumplen con los establecidos en el CTE-HE1, mediante el método general.

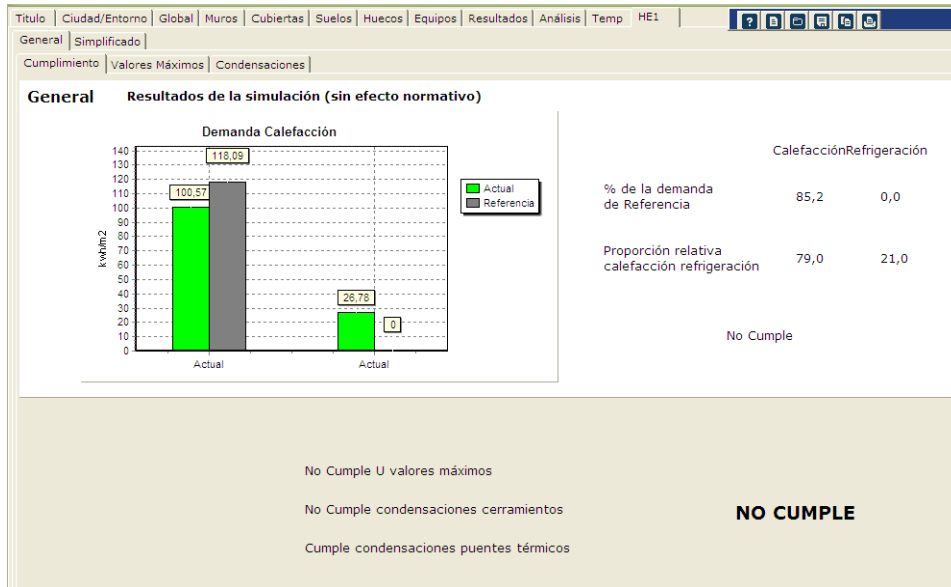


Figura 52: Comprobación del CTE-HE1 a la VIS U Básica generado por CERMA

En este caso de análisis al ingresar en la pestaña HE1, se establece que esta vivienda “ **NO CUMPLE** ” con los valores mínimos establecidos como se observa en las figuras 52 - 53.

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica. Valores máximos

CERRAMIENT	U PROYECTO	U MAX	CUMPLIMIEN
Muros de fachada	2,62	1,07	No cumple
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en con	0,00	1,07	Cumple
Particiones interiores en contacto con espacios no habitable	---	1,07	Cumple
Suelos	0,00	0,68	Cumple
Cubiertas	0,82	0,59	No cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	5,70	5,70	Cumple
Medianerías	---	1,07	Cumple
Particiones interiores (edificios de viviendas)	---	1,20	Cumple
Permeabilidad Huecos	50,00	50,00	Cumple

Figura 53: Comprobación del CTE-HE1 a los cerramientos de la VIS U Básica generado por CERMA

Sobre pasando el limite U máxima de 1,07 en muros de fachada con 2,62 y el limite U máxima de 0,59 en cubiertas con 0,82.

Análisis Energético de la VIS U CTE

Procedimiento NOM-020_ENER-2011

Valores para el cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente

Los valores representados en la tabla 21 en este cálculo son los establecidos por la normativa NOM-020_ENER-2011 en el apéndice A, en la tabla 1, que se encuentra en los anexos de este documento junto con el formato completo de cálculo de la misma.

2.1.- CIUDAD	SALTILLO			
LATITUD	25° 25'			
2.2.- TEMPERATURAS EQUIVALENTES PROMEDIO "te" (C°)				
A).- TECHO	38		B).- SUPERFICIE INFERIOR	27
C).- MUROS			D).- PARTES TRANSPARENTES	
	MASIVO	LIGERO	SEGÚN NOM NO EXISTE TRAGALUZ Y DOMO	
				22
NORTE	25	30	NORTE	24
ESTE	28	34	ESTE	24
SUR	26	33	SUR	24
OESTE	26	33	OESTE	25
EXTRA PROPIO.- TEMPERATURA INTERIOR "t" (C°)	25			
2.3.- COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR "k" DEL EDIFICIO DE REFERENCIA (W/m ² K)				
TECHO	0,833	MURO	0,833	
TRAGALUZ Y DOMO	0	VENTANA	5,319	
2.4.- FACTOR DE GANANCIA DE CALOR SOLAR "FG" (W/m ²)				
TRAGALUZ Y DOMO	322			
	NORTE	70		
	ESTE	159		
	SUR	131		
	OESTE	164		

Tabla 21: Valores establecidos por la NOM-020-ENER-2011 para la ciudad de Saltillo

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor de las porciones de la envolvente, se desarrollaron dos componentes básicas que destaca esta normativa para el cálculo, que son pared y techo, de acuerdo a la descripción de las componentes planteadas en esta investigación. En este apartado se han utilizados los valores que establece la normativa Nom-020_ENER-2011 en el apéndice B de la misma, que se encuentra en los anexos de este documento junto con el formato de cálculo completo de la misma.

En el caso de las propiedades higrométricas de los materiales que no se encuentran en los apéndices antes mencionados, se han utilizado los que establece el CTE en su base de datos, Catálogo de elementos constructivos.

Para la porción de envolvente denominada Pared, se obtiene la sumatoria de la resistencia térmica (M) del sistema constructivo propuesto de:

$$\Sigma M = 1,225 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

Y se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (K)

$$K = 0,815 \text{ W / m}^2\text{K}$$

Para la porción de envolvente denominada techo, se obtiene la sumatoria de la resistencia térmica del sistema constructivo propuesto de:

$$\Sigma M = 2,374 \text{ m}^2\text{K / W}$$

Y se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (K)

$$K = 0,421 \text{ W / m}^2\text{K}$$

De acuerdo a estos parámetros y una vez realizado el cálculo correspondiente se han obtenido los comparativos de la ganancia de calor, para los dos edificios de uso habitacional el de referencia y el proyectado donde:

El edificio de referencia ha obtenido ganancias por conducción, de acuerdo a la formula

$$\Phi_{rc} = \sum_{j=1}^n [K_j * A_{ij} * (t_{ei} - t)]$$

un subtotal de **767,40 W**

Y las ganancias por radiación, de acuerdo a la formula

$$\Phi_{rs} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} * CS_j * FG_i * SE_{ij}]$$

Un subtotal de **84,75 W**

El edificio proyectado ha obtenido ganancias por conducción, de acuerdo a la formula

$$\Phi_{pc} = \sum_{j=1}^n [K_j * A_{ij} * (t_{ei} - t)]$$

Un subtotal de **409,46 W**

Y las ganancias por radiación, de acuerdo a la formula

$$\Phi_{ps} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} * CS_j * FG_i * SE_{ij}]$$

Un subtotal de **84,75 W**

Esto en el resumen del cálculo, se expresa como resultado el presupuesto energético la suma de los subtotales en cada uno de los edificios de uso habitacional de referencia y proyectado como se muestra en la tabla 22.

		GANANCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN (W)		GANANCIA DE CALOR POR RADIACIÓN (W)	GANANCIA TOTAL DE CALOR $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
REFERENCIA	(Φ_{rc})	767,408964	(Φ_{rs})	84,7503	852,159264
PROYACTADO	(Φ_{pc})	409,4681085	(Φ_{ps})	84,7503	494,2184085
5.2.- CUMPLIMIENTO					
	SI	$(\Phi_r) > (\Phi_p)$	PASA	NO	$(\Phi_p) < (\Phi_r)$

Tabla 22: Resumen del presupuesto energético y cumplimiento de la VIS U CTE en la NOM-020-ENER-2011

Lo cual en la suma de subtotales obtenidos y siguiendo el criterio de aceptación de la normativa, tenemos como resultado del cálculo que el cumplimiento del certificado es:

SI $(\Phi_r) > (\Phi_p)$ PASA

La suma total del edificio de uso habitacional proyectado es menor que, la suma total del edificio de uso habitacional de referencia, por lo tanto se expresa como "PASA", y recibe etiquetado, ya que representa que el edificio proyectado cuenta con un ahorro de energía por parte de su envolvente del 42% con respecto al edificio de referencia.

Procedimiento Calener VYP

Para desarrollar el cálculo de la VIS a través del método General del CTE, se ha utilizado el programa Calener VYP, para la calificación energética de la edificación, en su versión 1.0 – 12 de Junio de 2013.

Lo primero a desarrollar en el software es el modelado de la edificación geoméricamente, donde se especifica la superficie de los cerramientos, junto con el de las diferentes particiones, ventanas y puertas, las cuales definen el volumen de la edificación, la cual tiene la misma geometría que la vivienda del análisis anterior como se observa en la figura 54 y a la cual le cambia el sistema constructivo al cerramiento.

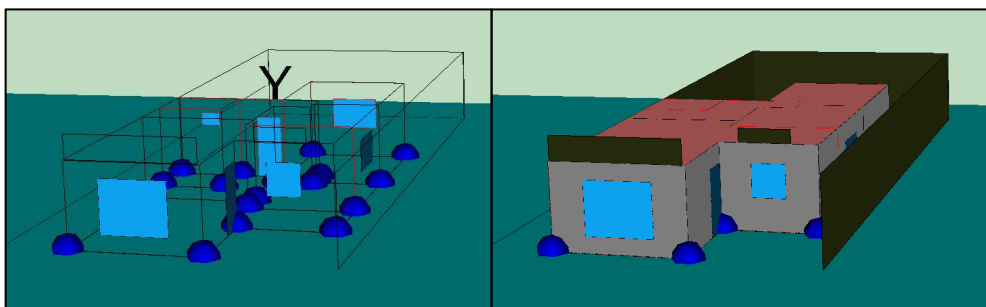


Figura 54: Modelo de la VIS generado en CALENER VyP

Lo primero que hay que proporcionar al software son los datos generales del proyecto y más importante definir la zona climática donde se va a realizar la calificación, en esta ocasión se ha escogido en base a los parámetros establecidos en la definición de la zona climática, la localidad correspondiente a la **B3**, siendo el tipo de edificio, vivienda unifamiliar.

Los valores utilizados en este cálculo son los establecidos por el CTE, así como la base de datos utilizada por el software, en el apartado gestión de la base de datos, en los anexos de este documento se encuentra el informe formato completo de cálculo de la VIS.

Una vez establecidos los materiales a utilizar en la VIS en la base de datos y creadas las composiciones de los diferentes cerramientos opacos, su descripción se establece un coeficiente global de transferencia de calor (U) para cada uno y se obtiene la tabla 23:

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Cubierta plana	0,45	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,010
		Betón fletro o lamina	0,003
		FU Entrevigado de hormigón aligerado -Canto 25	0,250
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,070
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010
Forjado terreno	0,52	Azulejo cerámico	0,020
		Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,010
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,150
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,050
		Tierra cruda con densidad 800 kg/m³	0,120
Medianera	0,82	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		BH hueco con áridos densos 140 mm	0,140
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,030
		Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,020
Muro exterior	0,58	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		BH hueco con áridos densos 140 mm	0,140
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,050
		Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,020
Tabique	2,32	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,020
		BH hueco con áridos densos 140 mm	0,140
		Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,020

Tabla 23: U de los cerramientos de la VIS U CTE generados por CALENER VyP

Para los cerramientos semitransparentes una vez establecidos los materiales de la base de datos y su descripción³⁴ se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (U) tabla 24:

Nombre	Vidrio doble
Acrilamiento	VER_M_4
Marco	VER_Madera de densidad media baja
% Hueco	10,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	25,00
U (W/m²K)	5,33
Factor solar	0,77

Tabla 24: U para acristalamientos de la VIS U CTE generados por CALENER VyP

³⁴ Nótese en el nombre del cerramiento semitransparente “Vidrio doble”, no coincide con la descripción del acristalamiento “VER_M_4” que se refiere a la utilización de un vidrio simple genérico de 4 mm; pero el software no dejó realizar el cambio de nombre al cerramiento semitransparente por el de “Vidrio sencillo”.

Una vez creados todos los cerramientos a utilizar en la VIS, se seleccionan para especificar su utilización en el programa, de acuerdo a su posición y ubicación en el modelo figura 55.

Figura 55: Especificación de la construcción de la VIS U CTE en CALENER Vyp

Este software analiza al mismo tiempo el uso de las instalaciones de la edificación, mediante la propuesta de sistemas de calentamiento del Agua Caliente Sanitaria ACS, calefacción y climatización, mediante equipos de la base de datos. Para este análisis solo se ha propuesto un sistema de caldera convencional para el uso del ACS; como en el análisis de esta investigación no contempla el análisis de instalaciones, se le ha aplicado al software un porcentaje del 100% de contribución solar, para así no generar un gasto de energía por el uso de instalaciones.

Una vez definidos todos los apartados que solicita el programa realiza el cálculo de la edificación definida y otorga un resultado y la calificación que obtiene el edificio objeto y el edificio de referencia, en indicador de emisiones de KgCO_2/m^2 , así como los diferentes resultados que otorga el cálculo.

En este análisis los resultados obtenidos se representan en la figura 56:



Figura 56: Resultados de la VIS U CTE generados por CALENER Vyp

Los resultados obtenidos muestran que el edificio objeto, obtiene una calificación en la letra “D” y que el edificio de referencia se ubica en la letra “E”, y se observa que el edificio objeto tiene una menor emisión de KgCO₂/m² con un total de **20,5**, en comparación del edificio de referencia con un emisión de KgCO₂/m² con un total de **29,5**.

Este resultado otorga un etiquetado ya que la conformidad del método general se aplica cuando, la demanda energética de la envolvente térmica del edificio objeto para régimen de calefacción y refrigeración son ambas inferiores a las del edificio de referencia, donde el resultado de la demanda de calefacción de **45,1** en el edificio objeto es menor a la demanda de calefacción de **73,6** del edificio de referencia. Igual que la demanda de refrigeración, que obtiene **8,4** la más alta calificación por la norma una letra “A” el total de emisiones, siendo mayor la del edificio de referencia con **8,7**.

Procedimiento CERMA

El Cerma es uno de los procedimientos más actuales, reconocido en el registro general de procedimientos simplificados para edificios de viviendas³⁵, que se puede utilizar para desarrollar el cálculo para obtener la calificación energética de los edificios por medio del método general y el método simplificado.

Los primeros datos que se ingresan en el software al igual que la mayoría son los datos del proyecto que se va a calificar, propietario y datos de la finca a calificar, así como los del proyectista o certificador.

Para este análisis los parámetros establecidos son los de la definición de la zona climática, la localidad correspondiente a la **B3**, siendo el tipo de edificio, vivienda unifamiliar.

Los datos generales en la definición geométrica de la vivienda, como el volumen total en m³, el suelo habitable en m², superficies de los muros de la envolvente en m².

Los diferentes cerramientos opacos son especificados dentro de la base de datos del programa que es la base de datos de sistemas constructivos del CTE, para este análisis se crearon nuevos cerramientos a partir la misma base de datos:

Muro exterior VIS U CTE, se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (U):

0,61 W/m²K

Cubierta plana VIS U CTE, se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (U):

0,45 W/m²K

Suelo Terreno VIS U CTE, se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (U):

0,51 W/m²K

³⁵<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/Procedimientosimplificadosparaedificiosdeviviendas.aspx>

Para los cerramientos semitransparentes se crean a partir de la base de datos grupos para establecer las ventanas y sus características de cada orientación, para este análisis se han establecido un grupo.

Grupo 1, con vidrio monolíticos de 4mm y un marco de aluminio sin rotura de puente térmico y se obtiene un coeficiente global de transferencia de calor (U) global del hueco de:

5,70 W/m²K

El software analiza al mismo tiempo el uso de las instalaciones de la edificación, mediante la propuesta de sistemas de calentamiento del Agua Caliente Sanitaria ACS, calefacción y climatización, mediante equipos de la base de datos. Para este análisis solo se ha propuesto un sistema de caldera convencional para el uso del ACS; como en el análisis de esta investigación no contempla el análisis de instalaciones, se le ha aplicado al software un porcentaje del 100% de contribución solar, para así no generar un gasto de energía por el uso de instalaciones.

En este análisis los resultados obtenidos se muestran en las figuras 57 - 59:

1. Calificación Energética del edificio

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	D	CALEFACCIÓN		ACS	
		1,24	D	0,00	A
		Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año]		Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año]	
		14,06		0,00	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año]		1,14	D		
		Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año]			
19,59		5,54			

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

Figura 57: Resultado de la Calificación Energética para la VIS U CTE generados por CERMA

2. Calificación Parcial de la Demanda de Calefacción y Refrigeración

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.



DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
	
D	C
Demanda global de calefacción [kWh/m ² año]	Demanda global de refrigeración [kWh/m ² año]
36,74	14,50

Figura 58: Calificación parcial de las demandas de la Vis U CTE generados por CERMA

3. Calificación parcial del consumo de Energía primaria

Por energía primaria se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes renovables y no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	1,03	D	0,00	A
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² año]		Energía primaria ACS [kWh/m ² año]	
	52,90		0,00	
Consumo global de energía primaria [kWh/m ² año]	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	1,12		D	
	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año]			
75,08	22,17			

Figura 59: Resultados del consumo parcial de energía primaria para la VIS U CTE generados por CERMA

Este procedimiento muestra los resultados que obtiene el edificio de referencia (sin efecto normativo), para comprobar si el edificio puede o no obtener la calificación indicada. Para poder conocer si este resultado puede obtener el certificado se necesita revisar y comprobar que los datos del edificio ingresados cumplen con los establecidos en el CTE-HE1, mediante el método general, donde este caso muestra un “NO CUMPLE” figura 60, pero se observa que el gasto energético es mucho menor en el edificio objeto en comparación con el edificio de referencia (lo cual se supone es un error del programa computacional).



Figura 60: Comprobación del cumplimiento del CTE-HE1 de la VIS U CTE generado por CERMA

En este caso de análisis al ingresar en la pestaña HE1, se establece que esta vivienda “**CUMPLE** “ con los valores mínimos establecidos como se observa en la figura 61 (donde se confirma el error de la figura 60).

CERRAMIENT	UPROYECTO	UMAX	CUMPLIMIEN
Muros de fachada	0,61	1,07	Cumple
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en con	0,00	1,07	Cumple
Particiones interiores en contacto con espacios no habitable	...	1,07	Cumple
Suelos	0,00	0,68	Cumple
Cubiertas	0,45	0,59	Cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	5,70	5,70	Cumple
Medianerías	...	1,07	Cumple
Particiones interiores (edificios de viviendas)	...	1,20	Cumple
▶ Permeabilidad Huecos	...	50,00	Cumple

Figura 61: Comprobación del CTE-HE1 a los cerramientos de la VIS U CTE generado por CERMA

Cumpliendo el límite U máxima de 1,07 en muros de fachada con 0,61 y el límite U máxima de 0,59 en cubiertas con 0,45.

También cumple con los parámetros límites establecidos en el CTE-HE1³⁶ a través de la comprobación del método simplificado como se observa en la figura 62.

ORI	SUP_CERRA	SUP_C_PER	SUP_HUECOS	POR_HUECOS	APLICABLE
N	14,60	...	...	...	Aplicable
E	23,70	...	3,60	13,19	Aplicable
SD	...	...	...	...	Aplicable
S	13,40	...	...	...	Aplicable
SE	...	...	...	...	Aplicable
O	32,80	...	...	...	Aplicable
Hz	65,30	...	...	...	Aplicable

CUMPLE

Cumple U valores máximos
 Cumple U medios muros fachada
 Cumple U medios y F medios huecos
 Cumple U medios cerr. contacto terreno
 Cumple U medios suelos
 Cumple U medios cubiertas y lucernarios
 Cumple F medios lucernarios
 Cumple condensaciones cerramientos
 Cumple condensaciones puentes térmicos

Puentes térmicos integrados
 Sin contabilizar puentes térmicos integrados
 Contabilizando puentes térmicos integrados

Figura 62: Comprobación del CTE-HE1 por medio del método simplificado a la VIS U CTE generado por CERMA

³⁶ Código Técnico De La Edificación, *Documento básico HE: Ahorro de energía*, Madrid, Ministerio de fomento, 2009

Procedimiento Ce2

El Procedimiento Simplificado para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Viviendas es un procedimiento conforme con las directrices del “Documento de condiciones de aceptación de opciones simplificadas alternativas” y es un documento reconocido de acuerdo con el artículo 3 del REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios.

La herramienta informática ha sido desarrollada por, Josep Sole en representación de URSA³⁷ y ha sido cedida a ANDIMAT³⁸ para su distribución.

Esta herramienta es un hoja de cálculo para su la utilización en Microsoft Excel, en donde se establecen las plantillas de utilización de este procedimiento y que tienen integradas las fichas técnicas del procedimiento.

La primera plantilla tabla 25, es la que establece los datos de partida del edificio a calificar, tanto geométricos como los datos relativos al DB-HE del código técnico de la edificación.

Para este análisis se utilizaron los datos relativos a la transmitancia de calor (U) en los cerramientos que se plantea y obtienen de los análisis anteriores.

S_u Superficie Útil m2	V Volumen m3	n° Plantas sobre rasante					Tipo Edificio	Unifamiliar
65,28	205	1					ZONA	B3
							LATITUD	
							Situación	Peninsular

D1.2.- Áreas y parámetros característicos de fachadas

Orientación fachada	A _M	U _{Mm}	A _M xU _{Mm}	A _H	U _{Hm}	A _H xU _{Hm}	F _{Hm}
	Área muros m2	Transmitancia media muros(*) W/m2-K	W/K	Área huecos m2	Transmitancia media huecos W/m2-K	W/K	Media ponderada Factor solar modificado
Norte	14,57	0,58	8,45	1,68	5,7	9,58	—
Este	23,73	0,58	13,76	1,5	5,7	8,55	0,7
Oeste	32,79	0,58	19,02				
Sur	13,36	0,58	7,75	4,47	3,3	14,75	0,7
Sureste							
Suroeste							

(*) Debe incluir impacto Puentes Térmicos integrados

A_{TM} Área total muros m2	ΣA_MxU_{Mm} W/K	A_{TH} Área total huecos m2	ΣA_HxU_{Hm} W/K
84,45	48,98	7,65	32,88

U_{Mm}=ΣA_MxU_{Mm}/A_{TM} Transmitancia media muros W/m2-K	U_{Hm}=ΣA_HxU_{Hm}/A_{TH} Transmitancia media huecos W/m2-K
0,58	4,30

D1.3.- Áreas y parámetros característicos de suelos y cubiertas (incluidos lucernarios) y cerramientos en contacto con el terreno

Suelos		Cubiertas		Cerramiento en contacto con el terreno	
A _{TS}	U _{Sm}	A _{TC}	U _{Cm}	A _{CT}	U _{Tm}
Área total m2	Transmitancia media (*) W/m2-K	Área total m2	Transmitancia media (*) W/m2-K	Área total m2	Transmitancia media W/m2-K
		65,28	0,45	65,28	0,52

Tabla 25: Datos de partida del Ce2 para la VIS U CTE

³⁷ URSA Ibérica Aislantes, S.A. - www.ursa.es

³⁸ Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes – www.andimat.es

Al igual que los procedimientos anteriores este utiliza los datos de instalaciones de agua caliente sanitaria ACS, calefacción y refrigeración que se proponen en la vivienda, para este análisis se ha establecido el uso de una caldera convencional de gas natural para el calentamiento del ACS y se establece una fracción de la demanda del 100% de utilización de paneles solares, para no generar gasto energético en las instalaciones.

La ficha para el cálculo del indicador de eficiencia energética de la demanda de calefacción establece la siguiente fórmula:

$$IEE_{DC} = IEE_{opaco} \times f_{pt} + IEE_{vent} + DIEE_{huecos}$$

donde el IEE_{opaco} , índice de eficiencia energética opaco que se obtiene es de:

0,72

el factor de corrección de puentes térmicos (no integrados), f_{pt} :

1,19

el indicador de la eficiencia energética debido a la ventilación, IEE_{vent} :

0,44

y la modificación del indicador de eficiencia energética debido a la superficie acristalada, ΔIEE_{huecos} :

0,14

dando un indicador de eficiencia energética de la demanda de calefacción, IEE_{DC} total de:

1,43

el cual otorga una calificación parcial de letra “D” de acuerdo a la tabla 26 que establece.

Indicador de Eficiencia Energética de Demanda Calefacción	Valor	Calificación Parcial
IEE_{DC}	1,43	D

A		$IEE <$	0,29
B	0,29	$\leq IEE <$	0,55
C	0,55	$\leq IEE <$	0,93
D	0,93	$\leq IEE <$	1,49
E	1,49	$\leq IEE <$	

Tabla 26: Indicador de Eficiencia Energética de Demanda de Calefacción para la VIS U CTE generado por Ce2

La ficha para el cálculo del indicador de eficiencia energética de la demanda de refrigeración establece la siguiente fórmula:

$$IEE_{DR} = 0,47 + \Sigma IEE_{SE/E/O/SO} + IEE_s$$

donde la sumatoria de los huecos orientados a SurEste / Este / Oeste / SurOeste $\Sigma IEE_{SE/E/O/SO}$ dan un índice de:

0,17

y el índice que se obtiene por los huecos orientados al sur IEE_s :

0,46

dando un indicador de eficiencia energética de demanda de refrigeración IEE_{DR} de:

1,1

el cual otorga una calificación parcial de letra “D” de acuerdo a la tabla 27 que establece.

Indicador de Eficiencia Energética de Demanda Refrigeración	Valor	Calificación Parcial
IEE _{DR}	1,10	D

A	IEE<	0,46
B	<= IEE <	0,66
C	<= IEE <	0,94
D	<= IEE <	1,37
E	<= IEE <	--

Tabla 27: Indicador de Eficiencia Energética de Demanda de Refrigeración para la VIS U CTE generado por Ce2

los índices de la ficha para el cálculo del indicador de eficiencia energética de sistemas IEE_{SC}, IEE_{SR}, IEE_{SACS} son:

$$IEE_{SC} = 1,20$$

$$IEE_{SR} = 1,07$$

$$IEE_{SACS} = 0,67$$

La ficha final para el cálculo del indicador de eficiencia energética global IEE_G de acuerdo con el esquema general de la figura 63:

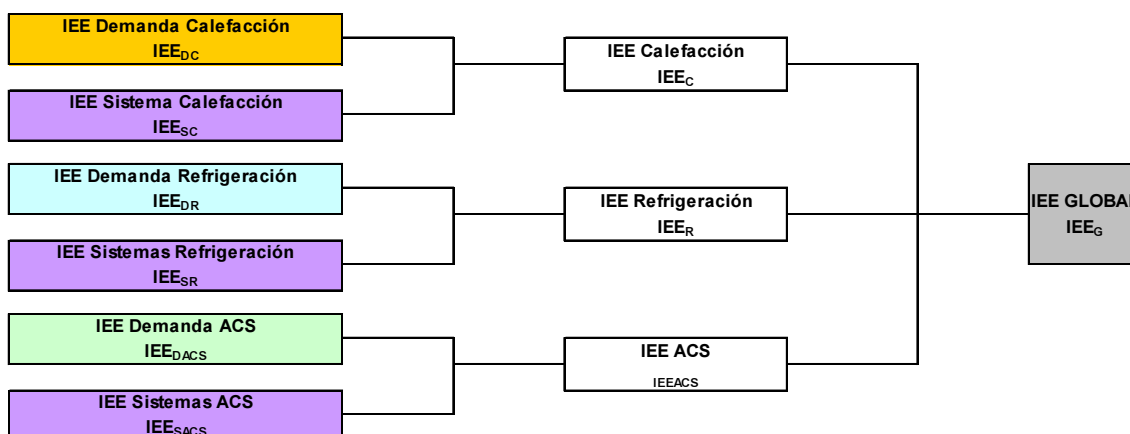


Figura 63: Esquema general para obtener el IEE_G

se obtiene la tabla 28 que muestra un índice global de: **1,29**

	IEE Demanda	IEE Sistemas	IEE	Coefficientes de Reparto	
Calefacción	IEE _{DC} = 1,43	IEE _{SC} = 1,20	IEE _C = 1,72	0,57	0,98
Refrigeración	IEE _{DR} = 1,1	IEE _{SR} = 1,07	IEE _R = 1,18	0,26	0,31
ACS	IEE _{DACS} =	IEE _{SACS} = 0,67	IEE _{ACS} =	0,17	
IEE Global Σ					1,29

Tabla 28: Índice Global establecido para la VIS U CTE generado por Ce2

la cual otorga una calificación final para la vivienda de letra “D” según lo establece la tabla 29:

Indicador de Eficiencia Energética Global	Valor	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
IEE _G	1,29	D

A	IEE<	0,29
B	<= IEE <	0,55
C	<= IEE <	0,93
D	<= IEE <	1,49
E	<= IEE <	--

Tabla 29: Indicador de Eficiencia Energética Global para la VIS U CTE generado por Ce2

lo cual le da la posibilidad de obtener un etiquetado final.

Simulación Energética Vis U Básica / VIS U CTE

El análisis realizado en el programa computacional Design Builder fue realizado para obtener un resultado que se compare a la realidad por medio de una simulación energética de la vivienda, ya que es uno de los programas computacionales con mas alcance en la actualidad como se describe en el capítulo I y el cual brinda resultados a partir de datos climáticos reales obtenidos de una estación meteorológica, en esta investigación fueron utilizados los datos de la estación ubicada en el campus “campo redondo” de la Universidad Autónoma de Coahuila, en la ciudad de Saltillo. Los datos con los que se trabaja son medidos con sensores y aparatos de precisión que registran los datos climáticos en un periodo de tiempo determinado por la estación, que van desde uno cada hora hasta uno cada cinco minutos. En esta investigación los datos solicitados han sido cada cinco minutos y de los cuales se han obtenido los promedios horarios por medio de una hoja de cálculo para cada hora, de cada día del año.³⁹

Una vez organizados y creada la hoja de cálculo de los datos climáticos se crea un archivo de datos delimitado por comas, que tiene terminación de formato .CSV. Se tiene que hacer la transformación de los datos climáticos medidos a un archivo climático de datos de Energy Plus⁴⁰, .EPW, que es el tipo de archivo climático con el que trabaja el programa Design Builder y con el que se realizan las simulaciones energéticas, para esto hay que seguir los siguientes pasos:

- 1.- Establecer un orden de los datos climáticos en la hoja de cálculo, por fecha, hora, temperatura, humedad relativa, radiación solar, etc., según los parámetros de Energy Plus dependiendo de la cantidad de datos que se quiere utilizar.
- 2.- Crear un archivo de texto .txt, donde se especifican los parámetros y el orden de los datos.
- 3.- Ubicar los dos archivos en una misma carpeta, en el ordenador/portátil que se esté trabajando.
- 4.- Abrir el programa Weather Statistics and conversions⁴¹ de Energy Plus (previamente descargado e instalado).
- 5.- Seleccionar el archivo con terminación, .CSV y definir el orden de los datos seleccionando el archivo .txt.
- 6.- Seleccionar la salida del formato de datos .EPW
- 7.- Seleccionar la carpeta de salida donde se desea guardar el archivo.
- 8.- Iniciar la conversión de archivo seleccionando el botón “convert file” y esperar que complete el proceso.
- 9.- Verificar la creación del archivo en la carpeta deseada.

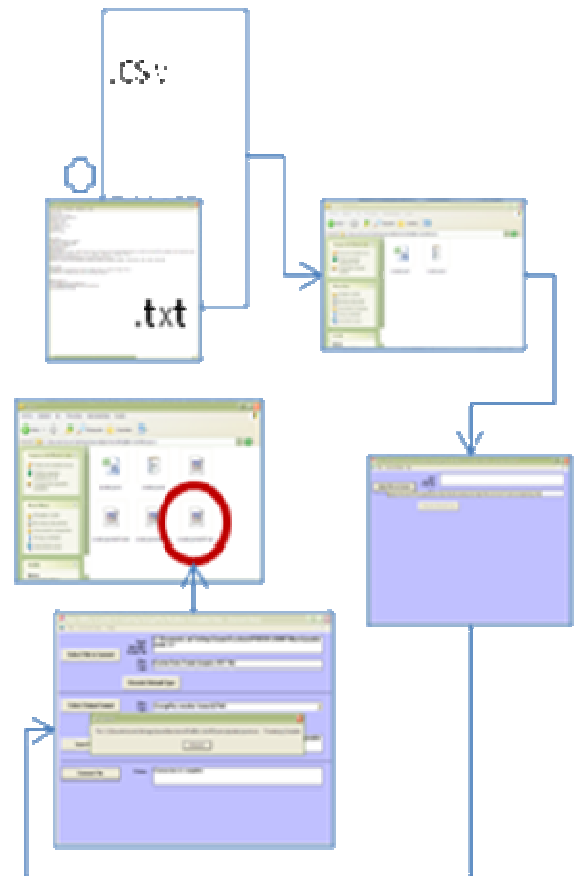


Figura 64: Esquema de transformación de un archivo .CSV a un archivo .EPW

³⁹ La hoja de cálculo de los datos climáticos utilizados se encuentran en los anexos de esta investigación.

⁴⁰ Energy Plus Energy Simulation Software - <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

⁴¹ http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyPlus_download.cfm?previous

Procedimiento software de simulación DesignBuilder VIS U BASICA / VIS U CTE

El análisis realizado a la VIS a través del software DesignBuilder se ha realizado con la versión 3.4.0.041 del programa, el cual funciona y realiza sus simulaciones con el motor de cálculo de Energy Plus en su versión 8.1.

El primer paso del análisis es realizar el modelo de la edificación, en las siguientes figuras 65 - 67, se muestra el modelado de la vivienda en el programa. La modelización de la vivienda sirve para determinar el volumen y superficie de los cerramientos y los parámetros, que definen la geometría de la vivienda (ventanas, puertas, etc.). Los mismos que se establecen como áreas y dimensiones en el capítulo II.

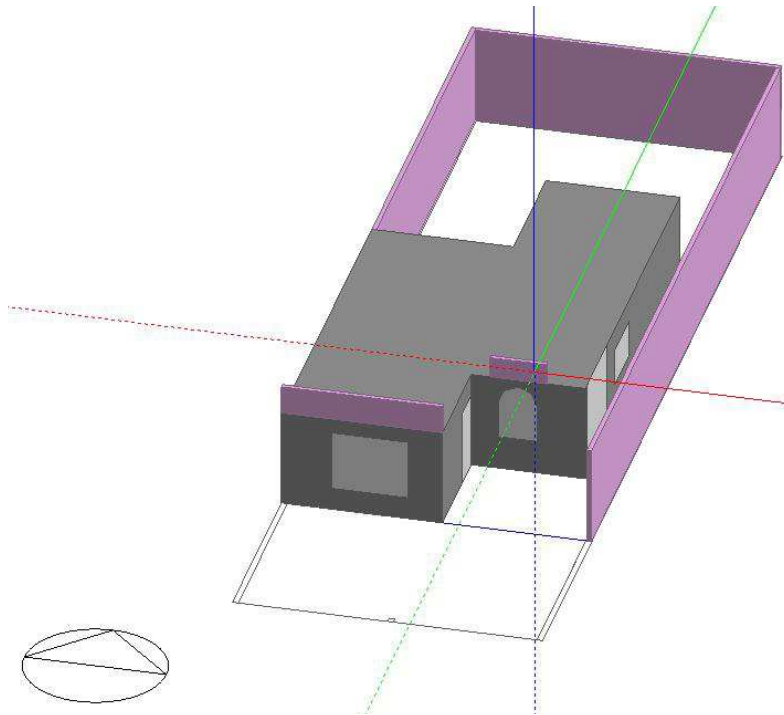
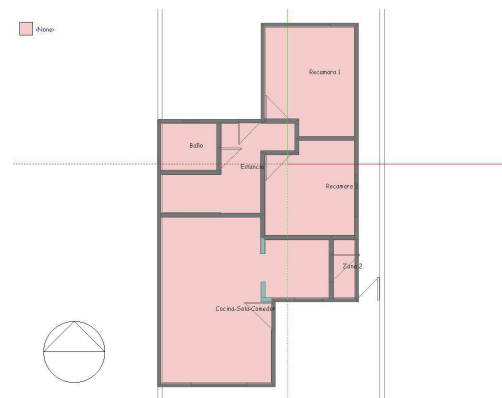
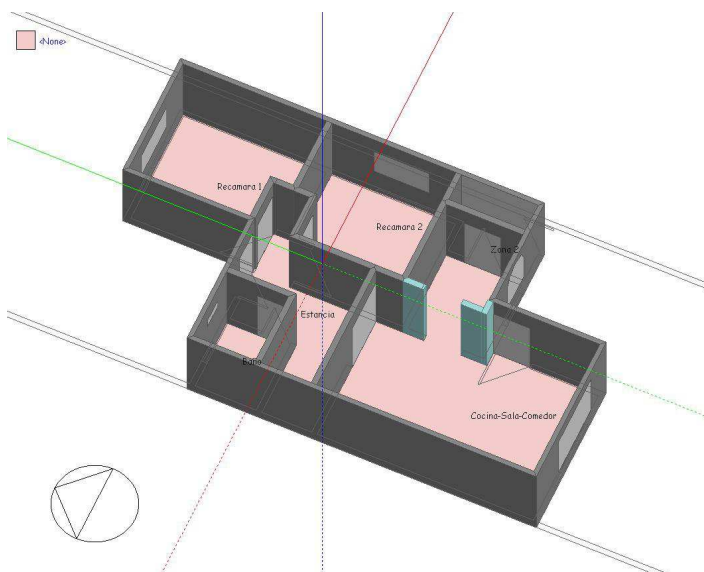


Figura 65: Axonométrico del modelo de la VIS generado por DesignBuilder



Figuras 66 y 67: Izq. Axonométrico de la distribución de las zonas de la VIS - der. Vista de la Planta arquitectónica

Después de realizado el modelo se establecen los datos característicos de la vivienda como:

- 1.- La actividad, número de usuarios y la programación que se plantea al funcionamiento.
- 2.- Los cerramientos que conforman la VIS, especificando las diferentes capas que conforman los sistemas constructivos y los materiales que los conforman. Los mismos definidos en el capítulo II en el apartado, definición por capas de los cerramientos de la VIS; dando como resultado la transmitancia térmica (U) de cada uno de los cerramientos que calcula el programa.
- 3.- Se definen las aberturas y sus características de acristalamiento
- 4.- La iluminación general considerada y su programación sobre el funcionamiento.
- 5.- Los sistemas de instalaciones de calefacción, refrigeración, y agua caliente sanitaria con las que funciona.

Para esta investigación se han omitido los puntos 1 (uno), 4 (cuatro) y 5 (cinco), ya que el análisis de esta investigación se basa solo en la envolvente de la VIS. Así los resultados pueden ser comparados con los procedimientos analizados anteriormente.

Para el punto 2 (dos) del análisis energético con el programa computacional se ingresaron los datos de los cerramientos y sus sistemas constructivos con los valores y propiedades higrométricas que establece el CTE en su base de datos, Catálogo de elementos constructivos.

Una vez ingresados los materiales a utilizar en la VIS y creadas las composiciones de los diferentes cerramientos opacos y su descripción se establece un coeficiente global de transferencia de calor (U) tabla 30, para cada uno y se obtiene la siguiente tabla donde se muestran los valores para cada uno de los dos casos de estudio:

	Plantilla VIS U	Plantilla VIS
	Básica	CTE
	W/m ² K	W/m ² K
Muro Exterior	2,320	0,584
Cubierta	0,450	0,431
Suelo sobre terreno	3,320	0,522
Acristalamientos	5,700	5,700

Tabla 30: U establecida para la VIS U Básica y la VIS U CTE generada por DesignBuilder

Después de creados cada uno de los cerramientos tanto opacos como transparentes y especificados todos los parámetros de confort de calefacción y refrigeración; las temperaturas de consigna especificadas para calefacción se establecieron en 20 C° grados centígrados y en 26 C° grados centígrados la consigna de refrigeración. Para este análisis se establecieron con el programa computacional Climat Consultant⁴² en su versión 6.1 y que calcula los máximos y mínimos de confort en la temperatura interior de acuerdo al AHSRAE⁴³ a través de los datos climáticos del archivo de datos climáticos .EPW generado.

⁴² <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu>

⁴³ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

Dentro del programa, el siguiente paso es realizar las simulaciones para cada una de las condiciones deseadas.

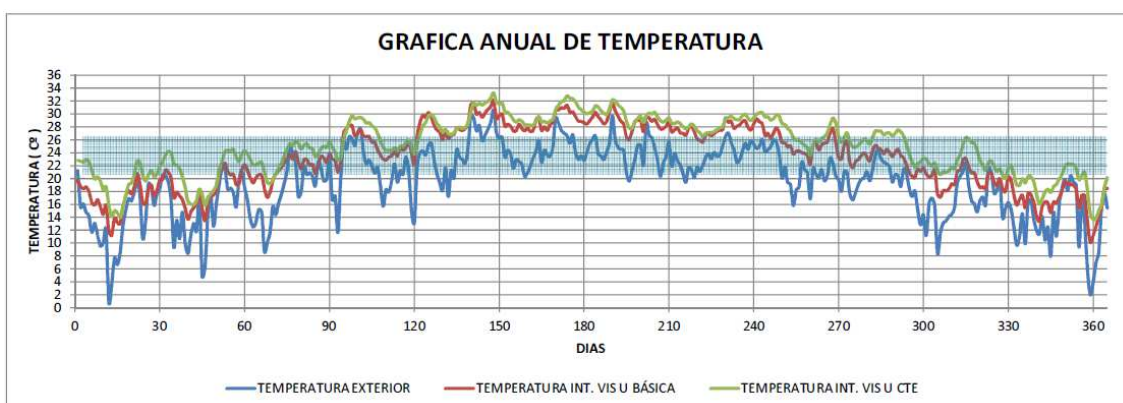
El programa cuenta con un interfaz gráfico para mostrar los resultados de cada una de las simulaciones energéticas y de cada uno de los resultados, pero no puede realizar comparaciones entre las simulaciones realizadas; pero si cuenta con la opción de exportar los resultados en formato de archivo delimitado por comas .CSV, esto permite realizar la comparación de cada uno de los casos en una hoja de cálculo; para el análisis de esta investigación se generaron **96** (noventa y seis) archivos donde se agrupan los resultados que se obtuvieron en la siguiente lista:

- 1.- Temperatura Exterior de bulbo seco (C°)
- 2.- Temperatura Interior del aire (C°)
- 3.- Balance Energético de cada uno de los cerramientos (kWh)
- 4.- Demanda de Calefacción (kWh)
- 5.- Demanda de Refrigeración (kWh)
- 6.- Emisiones de Dióxido de carbono CO² (Kg)

cada uno de estos resultados se obtuvieron para los periodos de tiempo:

- 1.- Cada mes del año (**mensual**)
- 2.- Cada día del año (**diario**)
- 3.- Cada hora de cada día del año (**horario**)

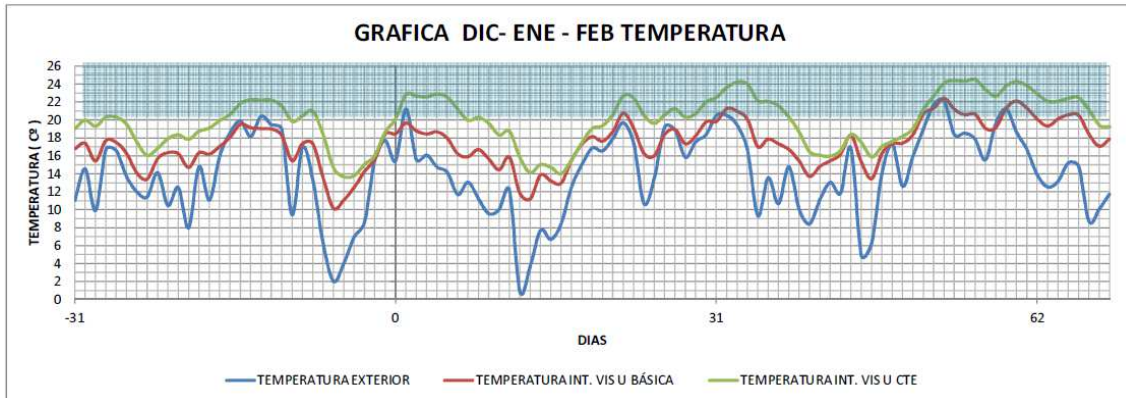
Una vez obtenidos los resultados, se realizó una comparación para ver el comportamiento de cada una de las condiciones de la VIS U Básica y la VIS U CTE, los cuales se observan en las siguientes gráficas:



Gráfica 1: Temperatura Exterior de Bulbo seco y temperatura Interior diaria de la VIS U Básica y la VIS U CTE de todo un año

Gráfica anual del promedio diario de temperaturas de la VIS, donde se puede comparar la temperatura interior de la VIS U BÁSICA y la temperatura interior de la VIS U CTE; en relación con la temperatura exterior en el eje de las ordenadas, y en el eje de las abscisas los días del año del 1 al 365. Se observa que la VIS U CTE siempre está por encima de la VIS U BÁSICA e incrementa la temperatura interior durante los meses de invierno y tiene una mayor diferencia respecto a la temperatura exterior, por lo que disminuye el gasto energético.

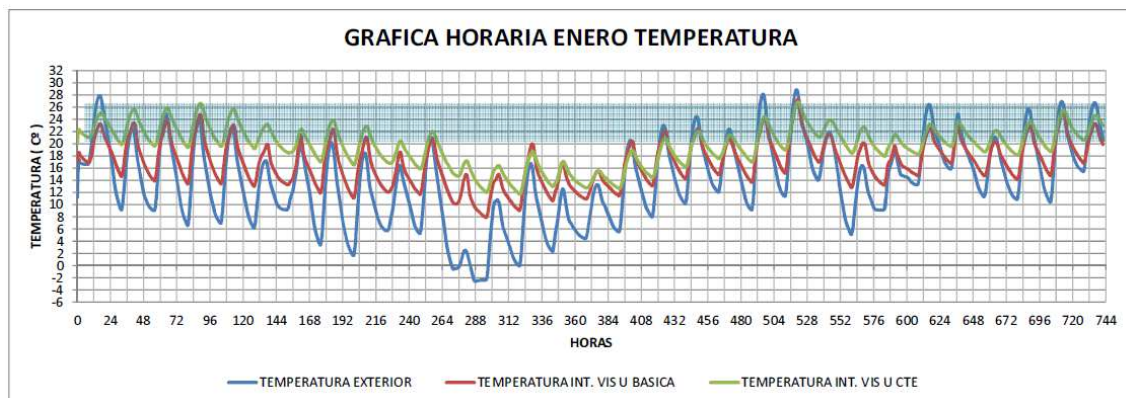
Como se obtiene que, la mayor diferencia de temperatura se observa en los meses de invierno del año donde la temperatura exterior es más baja, en la gráfica 2, se observa de manera más detallada los meses de diciembre, enero y febrero.



Gráfica 2: Detalle del comportamiento diario de la temperatura exterior e interior de la VIS U Básica y la VIS U CTE de los meses Diciembre, Enero y Febrero

siendo el punto -31 del eje de las abscisas el inicio del mes de diciembre, el 0 el inicio del mes de enero y a partir del 31 el inicio del mes de febrero; se observan los promedios diarios de temperatura interior que tienen un incremento de 2 C° a 4 C° grados centígrados entre la VIS U BÁSICA y la VIS U CTE.

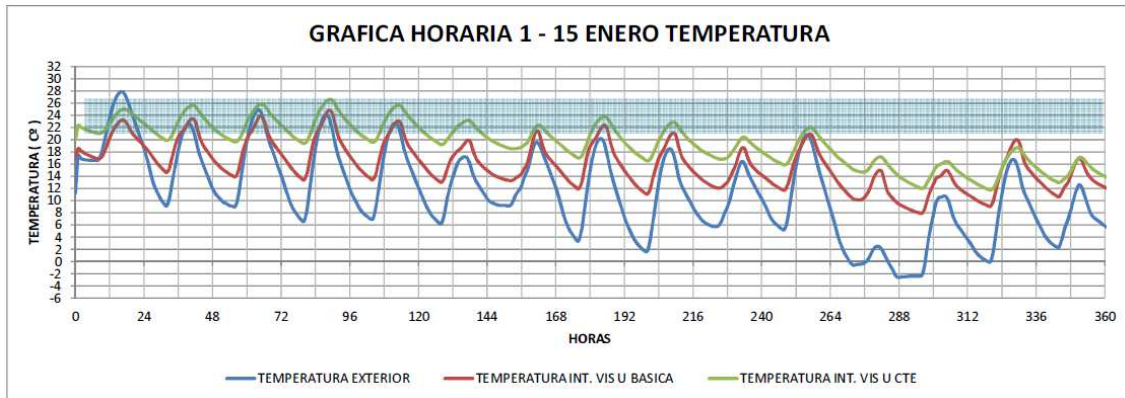
Las gráficas anteriores muestran el comportamiento de la temperatura interior de cada día del año como antes se menciona y se establece un comportamiento favorable a la VIS U CTE; para observar en que parte del día se produce ese incremento de temperatura en la gráfica 3, se presenta el mes de enero que tiene las temperaturas exteriores más frías del año.



Gráfica 3: Temperatura exterior e interior horaria de la VIS U Básica y la VIS U CTE del mes de Enero

En esta gráfica se muestran en el eje de las abscisas las horas del mes de enero representadas cada 24 y en el eje de las ordenadas las temperaturas interiores y exteriores. Se observa que la temperatura interior de la VIS U CTE se encuentra más tiempo (horas) durante el mes dentro de la zona de confort establecida como se menciono anteriormente entre los 20 C° y 26 C° grados centígrados, representada por la franja azul de la gráfica, con un total de 361 horas, en comparación de la VIS U BÁSICA con tan solo 155 horas.

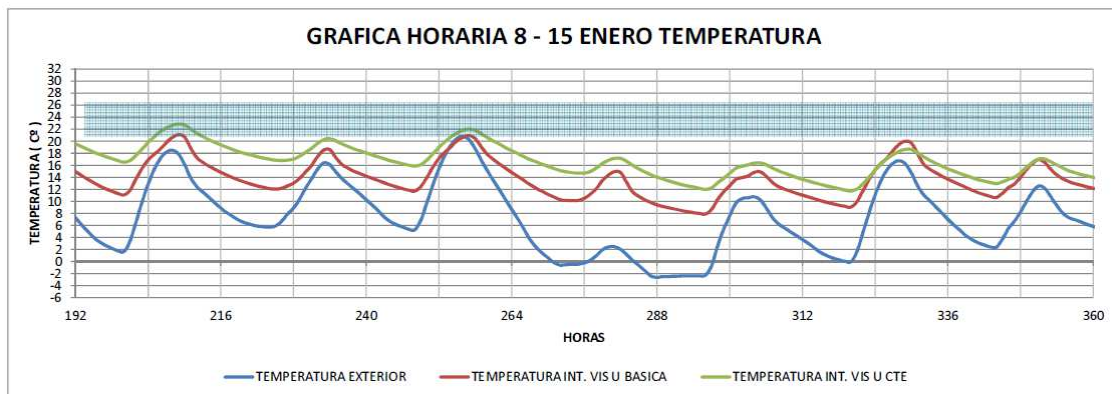
Más detalladamente en la gráfica 4, se representan los primeros 15 días del mes, donde se tiene la temperatura exterior más baja del año que llega a los -3 C° grados centígrados



Gráfica 4: Temperatura exterior e interior horaria de la VIS U Básica y la VIS U CTE de los primeros 15 días del mes de Enero

En esta gráfica se observa que la diferencia que tiene la temperatura interior de la VIS U CTE con la temperatura interior de la VIS U BÁSICA, es de un incremento que llega hasta los 6 C° grados centígrados; durante el periodo entre las 17 hrs y las 8 hrs, en el que la temperatura exterior comienza su descenso, la temperatura interior de la VIS U CTE alcanza un mayor incremento cuando la temperatura exterior llega al punto más bajo de temperatura. Beneficiando el gasto energético y el confort al interior de la vivienda durante los periodos de menor ganancia de calor.

La gráfica 5 representa la semana más fría del año y donde podemos observar con mayor detalle que la diferencia de temperatura entre el punto máximo y el mínimo de temperatura interior de la VIS U CTE es menor de entre 4 C° a 8 C°, mientras la diferencia de la temperatura de la VIS U BÁSICA es mayor de entre 6 C° a 12 C°.



Gráfica 5: Temperatura exterior e interior horaria de la VIS U Básica y la VIS U CTE de la semana más fría del año

En ninguno de los dos casos se muestra un retraso térmico de la temperatura interior ya que la masa en ambos casos es parecida, dado que al añadir un aislante de baja densidad a la VIS U CTE, este no ayuda a incrementar su capacidad de inercia térmica. Ambos casos son susceptibles a los cambios de temperatura que existen en el exterior, respondiendo la temperatura interior de manera inmediata a los cambios de las ganancias caloríficas que puedan llegar a existir.

Gráficas del Balance Energético de la envolvente de la VIS

Estas gráficas muestran el comportamiento que tiene cada uno de los cerramientos que conforman la envolvente de la VIS en las dos condiciones de transmitancia de calor "U" que se han planteado junto con las ganancias internas.

La gráficas de barras muestran los cerramientos de la VIS U BÁSICA con barras de relleno solido y los cerramientos de la VIS U CTE con barras de contorno y sin relleno.

La gráfica 6, muestra el comportamiento mensual de cada cerramiento a lo largo del año, en el eje de las abscisas los meses del año y en el eje de las ordenadas el valor de las pérdidas o ganancias de calor de cada uno de los cerramientos expresados en kWh kilovatios hora.

La ganancia de calor de los cerramientos que conforman la envolvente de la VIS en este análisis son:

1.- Ganancias internas

Son las ganancias solares que se generan a través de la radiación directa de las ventanas exteriores; al no considerar para este análisis la ocupación, actividad y aparatos eléctricos, son las únicas ganancias internas que se contabilizan. Como en ambas condiciones el acristalamiento no se modifica las ganancias internas son iguales.

2.- Acristalamientos

Son pérdidas generadas por las ventanas exteriores de la VIS, aunque el tipo de acristalamiento sea el mismo en ambos casos, se observa que en la VIS U CTE es mayor el número de pérdidas en todos los meses del año en comparación de la VIS U BÁSICA, debido a las mejoras que se obtienen en los otros cerramientos de la envolvente; la VIS U BÁSICA mantiene unas pérdidas a lo largo del año entre -100 y -200 kWh kilovatios hora.

3.- Muros

Son las pérdidas que generan los muros exteriores de la VIS, se observa que la VIS U CTE mantiene las pérdidas de calor a lo largo del año entre los -95 y -120 kWh kilovatios hora; durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, invierno con bajas temperaturas, las pérdidas son mayores en la VIS U CTE; sin embargo mejora su comportamiento respecto a la VIS U BÁSICA y pierde menos calor en los meses de temperaturas más cálidas. La VIS U BÁSICA tiene un incremento en las perdidas a partir del mes de abril hasta el mes de septiembre y llega hasta -222 kWh kilovatios hora el mes de julio mes de verano y de mayor temperatura.

4.- Suelo sobre terreno

Son las pérdidas generadas por el suelo que está en contacto directo con el terreno, se observa que la VIS U BÁSICA al no contar con ningún tipo de aislante térmico las pérdidas de calor se incrementan de sobre manera los meses de invierno sobre pasando los -400 kWh kilovatios hora, mientras la VIS U CTE reduce las perdidas a -120 kWh kilovatios hora. Durante los meses de verano las pérdidas de la VIS U CTE van entre los -100 a -50 kWh kilovatios hora mientras que las pérdidas de la VIS U BÁSICA son siempre mayores a los -200 kWh kilovatios hora.

5.- Particiones (int)

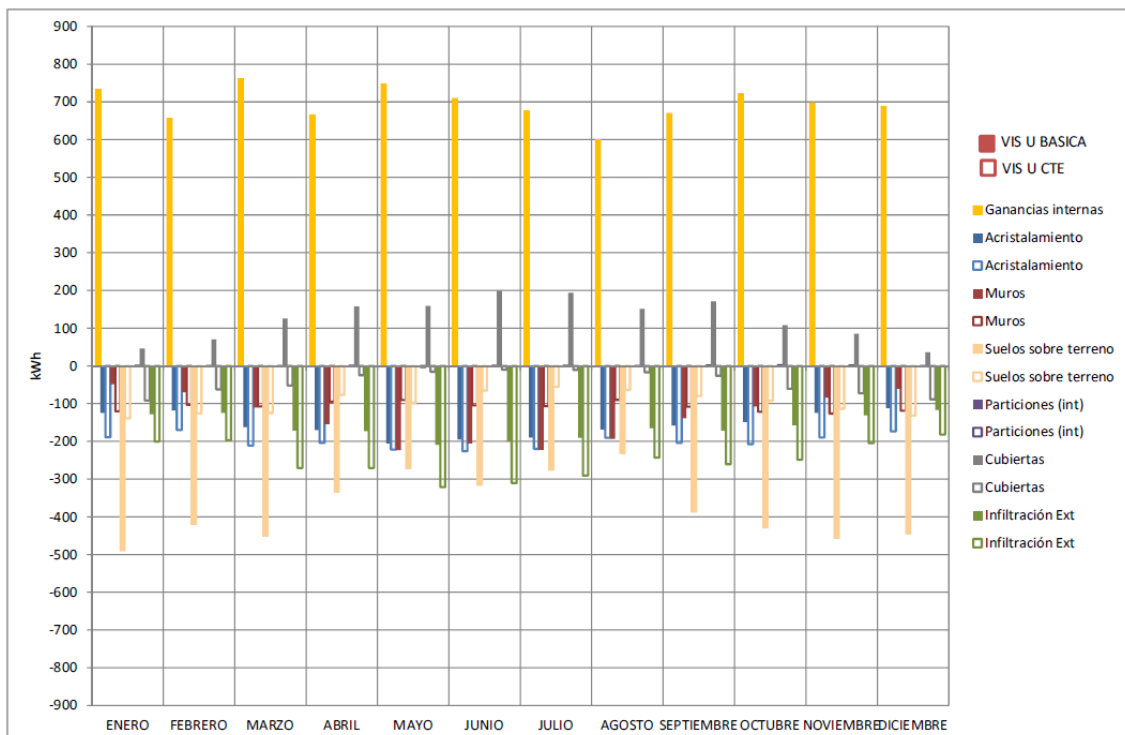
Representa los muros interiores de la VIS, se observa en ambas condiciones que no se generan ningún tipo de ganancia o pérdida, ya que se encuentran como divisorias del espacio habitable dentro del volumen de la VIS y no generan zonas de uso diferente, por lo tanto no existe una diferencia de temperatura entre espacios a estos cerramientos se les considera adiabáticos.

6.- Cubiertas

Se observa que la VIS U BÁSICA tiene ganancia de calor y se incrementa con el aumento de la temperatura en los meses cálidos, en junio llega a los 200 kWh kilovatios hora, ya que es el cerramiento con mayor exposición a la radiación solar directa. La VIS U CTE al tener un aislante al interior evita las ganancias y muestra una mínima pérdida durante los meses de verano y una pérdida durante los meses de invierno de hasta -90 kWh kilovatios hora.

7.- Infiltración Ext.

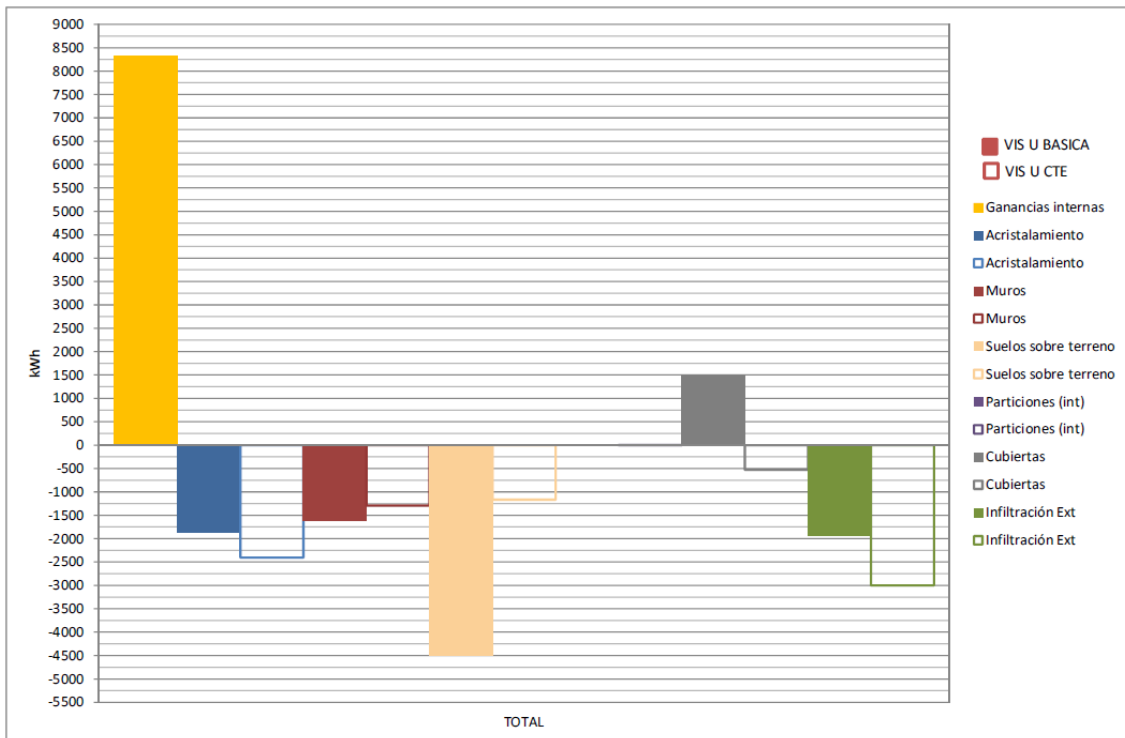
Son las pérdidas que genera la infiltración del aire exterior al interior de la VIS a través de las ventanas y puertas del exterior ya que la vivienda no se considera estanca; al mejorar los cerramientos de la envolvente en la VIS U CTE la infiltración adquiere importancia ya que genera mayor pérdida durante todo el año. Incrementa durante los meses de verano hasta los -300 kWh kilovatios hora; esto hace tener en cuenta el uso de la ventilación durante los meses de más altas temperaturas. La VIS U BÁSICA tiene un comportamiento similar durante el año con pérdidas menores a -200 kWh kilovatios hora ya que tiene mayores pérdidas por el suelo sobre terreno.



Gráfica 6: Balance Energético de la envolvente de la VIS U Básica y VIS U CTE

En la gráfica 7, se observa la sumatoria de ganancias y pérdidas de todos los meses del año, el comportamiento de la ganancia de calor de cada uno de los cerramientos en el año; este tipo de gráficas nos guían para proponer mejoras a cada uno de los cerramientos, estos cambios optimizan el comportamiento de la VIS.

Los acristalamientos y la infiltración ext. en la VIS U CTE son los principales cambios para mejorar su comportamiento, mientras que las pérdidas del suelo sobre terreno y las ganancias por la cubierta de la VIS U BÁSICA son principales cambios para mejorar su comportamiento como se observa en la VIS U CTE.



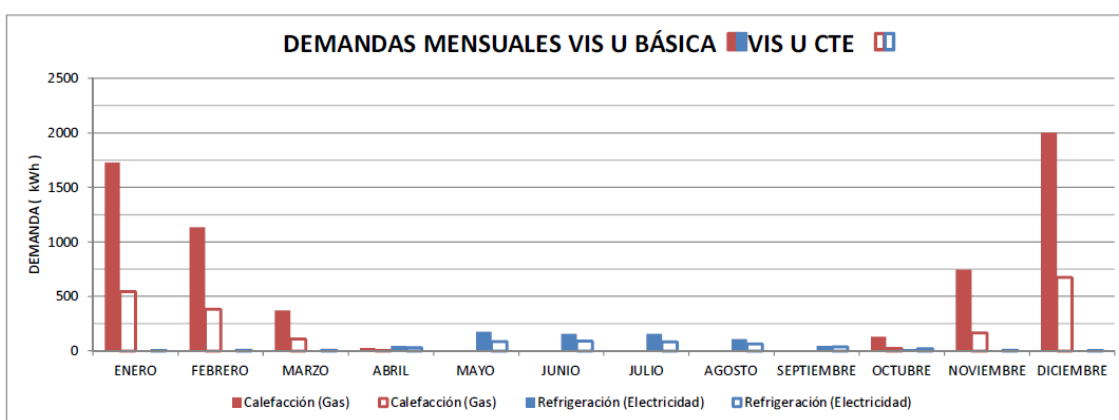
Gráfica 7: Ganancias y pérdidas anuales de la envolvente de la VIS U Básica y la VIS U CTE

Gráficas de las demandas de Calefacción y Refrigeración de la VIS

Estas gráficas muestran el comportamiento de las demandas de calefacción y refrigeración de la VIS en las dos condiciones de transmitancia de calor “U” que se han planteado, donde las temperaturas de consigna de la demanda de calefacción es de 20 Cº grados centígrados y la temperatura de consigna para la refrigeración es de 26 Cº grados centígrados

La gráficas de barras muestran las demandas de la VIS U BÁSICA con barras de relleno solido rojo la calefacción, con barras de relleno solido azul la refrigeración y las demandas de la VIS U CTE con barras de contorno rojo sin relleno la calefacción y con barras de contorno azul sin relleno la refrigeración.

La gráfica 8, muestra las demandas mensuales de calefacción cubiertas con gas (LP o natural) y refrigeración cubierta con electricidad como combustible, a lo largo del año, en el eje de las abscisas los meses del año y en el eje de las ordenadas el valor de las demandas expresadas en kWh kilovatios hora.



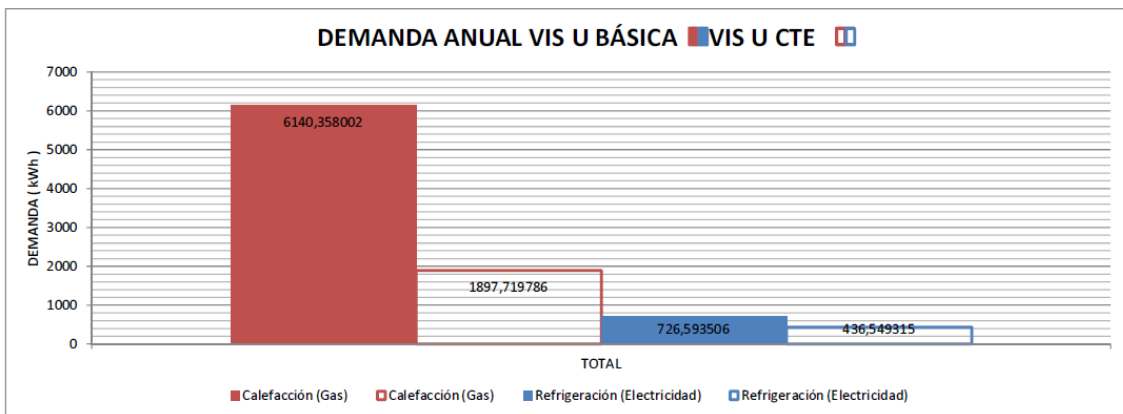
Gráfica 8: Demandas mensuales de calefacción y refrigeración de la VIS U Básica y la VIS U CTE

En la gráfica se observa el consumo de calefacción o refrigeración de cada mes y permite determinar cuáles son los meses fríos (invierno) y calientes (de verano); los meses considerados como invierno son, donde la demanda de calefacción es mayor a la de refrigeración, Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo. Y los meses considerados verano son Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre donde la demanda de refrigeración es mayor a la demanda de calefacción.

Como se puede observar la demanda de calefacción es mucho mayor que la demanda de refrigeración durante el año, comparando las dos condiciones podemos observar que la demanda de calefacción se incrementa a más del doble en la VIS U BÁSICA que las demandas de calefacción de la VIS U CTE, siendo evidente el mal funcionamiento de la misma en los meses de bajas temperaturas; mientras que las demandas de refrigeración son menores el comportamiento de la VIS U BÁSICA sigue requiriendo de una mayor demanda de refrigeración en los meses de mas altas temperaturas que la VIS U CTE.

La gráfica 9, muestra el total anual de las demandas de calefacción y refrigeración, siendo evidente la demanda de calefacción durante el año en la VIS U BÁSICA con un total de 6140,35 kWh kilovatios hora mayor en comparación con la demanda de la VIS U CTE de 1897,71 kWh kilovatios hora teniendo una diferencia de 4242,64 kWh kilovatios hora durante el año. Que representa un porcentaje de uso de la calefacción del 69,09% por ciento mayor en la VIS U BÁSICA durante el año.

La refrigeración tiene un menor impacto de uso durante el año, aun así la VIS U BÁSICA tiene un consumo de 726,59 kWh kilovatios hora mayor al consumo de la VIS U CTE con 436,54 kWh kilovatios hora, teniendo una diferencia de 290,05 kWh kilovatios hora durante el año. Que representa un porcentaje de uso de la refrigeración del 39,91% por ciento mayor en la VIS U BÁSICA durante el año.



Gráfica 9: Total anual de las demandas de calefacción y refrigeración de la Vis U Básica y la VIS U CTE

Nota: Se debe tomar el cuenta siempre la temperatura de consiga en las temperaturas deseadas de calefacción y refrigeración para la obtención de las demandas; una vez establecida la zona de confort no se puede modificar al realizar el análisis, ya que al asignar una consigna diferente las demandas cambian con la siguiente lógica:

Calefacción

$$T_c > T_d = \Delta Q$$

Si la T_c , temperatura de consigna de calefacción es mayor a la T_d , temperatura deseada; en este análisis 20 C° grados centígrados, la Q , demanda incrementa.

Refrigeración

$$T_c < T_d = \Delta Q$$

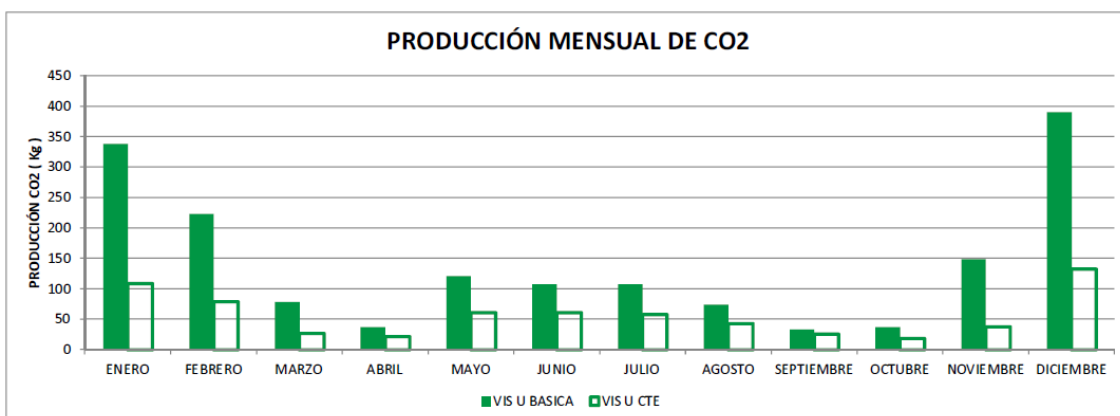
Al igual que si la T_c , temperatura de consigna de refrigeración es menor a la T_d , temperatura deseada; en este análisis 26 C° grados centígrados la Q , demanda incrementa.

Gráficas de la producción de Emisiones de Dióxido de Carbono CO₂ de la VIS

Estas gráficas 10 - 11, muestran la producción de dióxido de carbono CO₂ que se genera a partir de la sumatoria mensual de las demandas de calefacción y refrigeración de la VIS en las dos condiciones de transmitancia de calor "U" que se han planteado, donde el consumo de 1 kWh un kilovatio hora de gas LP o gas Natural produce 0,195 kg de CO₂ y el consumo de 1 kWh un kilovatio hora de electricidad produce 0,685 kg de CO₂.

Las gráficas de barras muestran la producción de CO₂ de la VIS U BÁSICA con barras de relleno solido y la producción de CO₂ de la VIS U CTE con barras de contorno sin relleno.

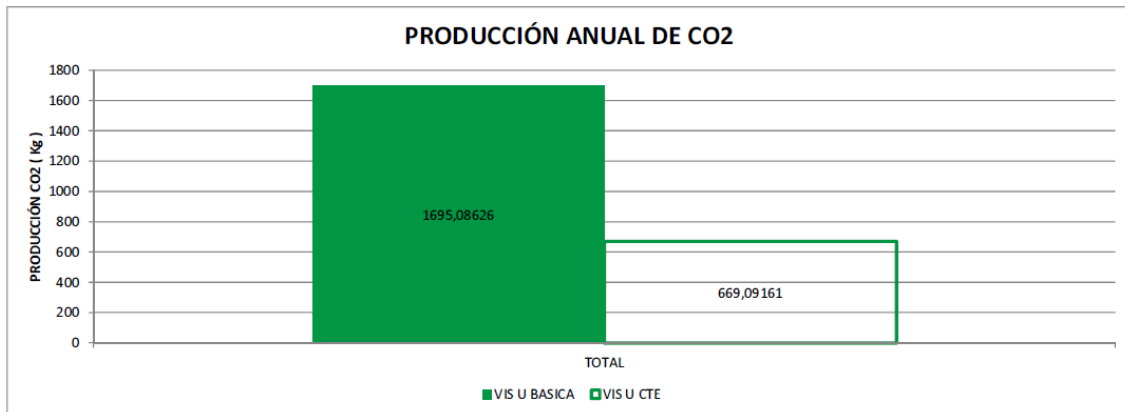
La gráfica 10, muestra la producción de CO₂ mensual a lo largo del año, en el eje de las abscisas los meses del año y en el eje de las ordenadas el valor de la producción de CO₂ expresados en kg kilogramos.



Gráfica 10: Producción mensual de CO₂ de la VIS U Básica y la VIS U CTE

El nivel de producción de CO₂ mensual de la demanda de calefacción durante los meses de invierno se genera por el consumo de gas LP o Natural, tomando en cuenta las gráficas anteriores de demandas el comportamiento de la producción de CO₂ es similar, destacando los meses de enero con una producción de 337,77 kg de CO₂ y el mes de diciembre con un máximo de producción de 390,14 kg de CO₂. La producción de CO₂ mensual de la demanda de refrigeración durante los meses de verano se genera por el consumo de electricidad; si bien la demanda de refrigeración no tiene un gran impacto como se observa en las gráficas anteriores, el consumo de electricidad genera una mayor producción de CO₂ lo cual hace notable la producción de CO₂ en la VIS U Básica, llegando a ser durante los meses mayo, junio y julio mayor a 100 kg kilogramos de CO₂ mensual.

La gráfica 11, muestra la producción anual de CO₂, dejando en evidencia la mayor generación de la VIS U BÁSICA con 1695,08 kg kilogramos de producción anual en comparación con la VIS U CTE con 669,09 kg kilogramos de producción anual, dando una diferencia de 1025,99 kg kilogramos de CO₂. Que representa un porcentaje de producción de CO₂ del 60,52% por ciento mayor en la VIS U BÁSICA durante el año.



Gráfica 11: Producción anual de CO₂ de la VIS U Básica y la VIS U CTE

Resultados obtenidos

Una vez realizados los análisis de la VIS en los diferentes procedimientos obtenemos una serie de resultados que muestran el nivel de Calificación Energética que obtiene la vivienda, estos resultados son variables de acuerdo al procedimiento de Calificación Energética que se aplica en cada normativa, cada resultado corresponde a una cierta unidad, de demanda energética tanto para calefacción o refrigeración, de consumo de energía primaria, de emisiones de CO₂ o todas las anteriores.

En el análisis en cada uno de estos procedimientos, nos encontramos con los siguientes resultados expresados en unidades de:

Ganancia de Calor, **W**.

Demanda de Calefacción, **kWh/m², kWh/año, kWh/m²año**.

Demanda de Refrigeración, **kWh/m², kWh/año, kWh/m²año**.

Consumo Energía primaria calefacción, **kWh/m², kWh/año**.

Consumo Energía primaria refrigeración, **kWh/m², kWh/año**.

Consumo Energía primaria ACS, **kWh/m², kWh/año**.

Consumo Energía primaria total, **kWh/m², kWh/año**.

Emisiones CO₂ calefacción, **kgCO₂/m², kgCO₂/año, kgCO₂/m²año**.

Emisiones CO₂ refrigeración, **kgCO₂/m², kgCO₂/año, kgCO₂/m²año**.

Emisiones CO₂ ACS, **kgCO₂/m², kgCO₂/año, kgCO₂/m²año**.

Emisiones CO₂ totales, **kgCO₂/m², kgCO₂/año, kgCO₂/m²año**.

Donde cada procedimiento les asigna una "LETRA" o "PORCENTAJE" que indica el nivel de calificación que obtendrá el edificio al ser evaluado, en orden alfabético donde "A" siempre es la mejor calificación y por el porcentaje de 0 a 100.

La obtención o asignación de las letras es de acuerdo a la escala diseñada para la etiqueta de calificación energética de cada metodología.

Otro tipo de resultado que se muestra en alguna de las etiquetas de calificación energética es el porcentaje (%) de ahorro energético que obtiene en el edificio analizado; correspondiente al edificio de referencia, que es el que cumple los requisitos mínimos dentro de la metodología.

A partir del conocimiento de estos resultados tan diversos, cada uno de los resultados y encontrando que no todos muestran los mismos resultados dentro de la etiqueta de calificación energética de las mismas, obtenemos la tabla 31, para poder realizar una comparación.

Resultado	Nom 020 ENER 2011	Calener VYP	CERMA	Ce2	Design Builder
Asignación de LETRA	-	X	x	x	-
Ganancia de Calor	x	-	-	-	-
Demanda de Calefacción	-	X	x	x	X
Demanda de Refrigeración	-	X	x	x	X
Consumo Energía primaria calefacción	-	X	x	x	X
Consumo Energía primaria refrigeración	-	X	x	x	X
Consumo Energía primaria ACS	-	X	x	x	X
Consumo Energía primaria total	-	X	x	-	X
Emissiones CO2 calefacción	-	X	x	-	X
Emissiones CO2 refrigeración	-	X	x	-	X
Emissiones CO2 ACS	-	X	x	-	X
Emissiones CO2 totales	-	X	x	-	X
Porcentaje comparativo	x	-	-	-	-
Resultados del edificio de referencia	x	X	-	-	-

Tabla 31: Comparación de los resultados que brindan los procedimientos utilizados

De acuerdo a la tabla 31, podemos observar cual de los procedimientos es el que menos resultados obtiene al final, en su etiqueta de Calificación Energética, esto no quiere decir que por la cantidad de resultados una es mejor que la otra y que no sean comparables entre sí, ya que al dar como resultado unidades físicas comunes de medición pueden ser transformadas para establecer una comparación.

Los análisis se han realizado para la VIS en las dos condiciones antes mencionadas de acuerdo a su envolvente, la **VIS U BÁSICA** (actual) que **NO CUMPLE** y la **VIS U CTE** que **CUMPLE** los mínimos normativos del CTE, a través de estos análisis podremos observar y comparar los resultados de los diferentes procedimientos.

Gráficas de comparación de resultados

Se crearon gráficas comparativas para observar la posición de la VIS en cada uno de los procedimientos analizados y para las dos condiciones de su envolvente, siendo el punto de comparación los resultados que se obtienen de las demandas de calefacción y refrigeración ya que son unidades que otorgan como resultado sin importar como cada procedimiento los exprese, son comparables entre sí al ser unidades que se pueden convertir entre **W**, **kWh**, **kWh/m²**, **kWh/año**, **kWh/m²año**.

En la tabla 32, se organizan los resultados de cada uno de los procedimientos convertidos a kWh.

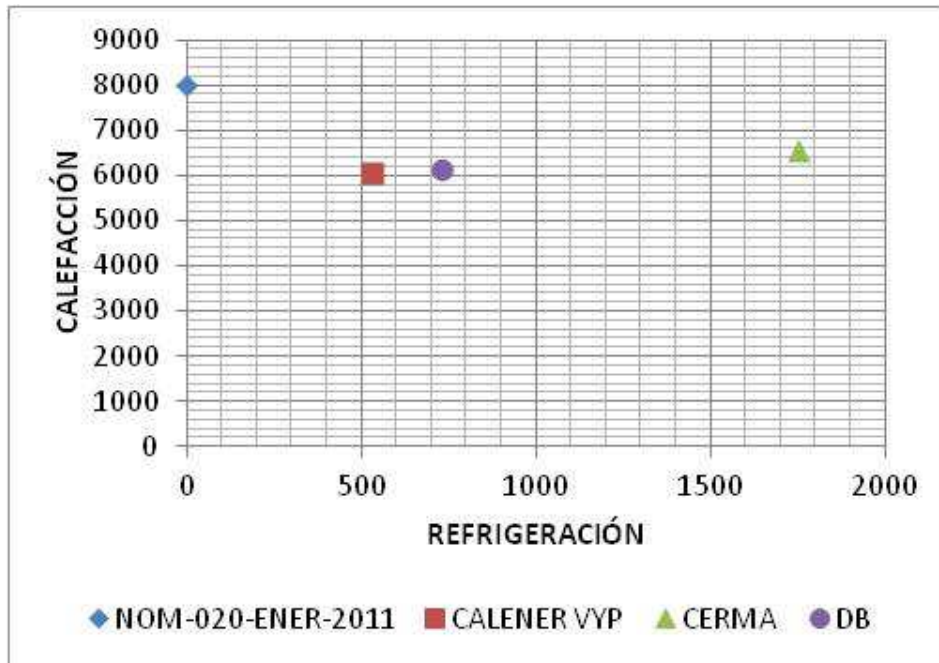
VIS U BASICA				
PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN REFERENCIA	REFRIGERACIÓN	REFREIGERACIÓN REFERENCIA
kWh				
NOM-020-ENER-2011	8011	7465	0	0
CALENER VYP	6072	4939	529	576
CERMA	6567	7515	1749	0
DB	6140	0	727	0
VIS U CTE				
PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN REFERENCIA	REFRIGERACIÓN	REFREIGERACIÓN REFERENCIA
kWh				
NOM-020-ENER-2011	4329	7465	0	0
CALENER VYP	3023	4933	567	584
CERMA	2399	8008	947	0
CE2	3296	0	1397	0
DB	1898	0	437	0

Tabla 32: Comparación de los resultados numéricos obtenidos en los procedimientos utilizados en kWh en un año.

Nota: para obtener los resultados numéricos del procedimiento simplificado CE2, se transformo el índice de eficiencia global que se obtiene, superponiéndolo a la escala de la demandas que establece la escala de calificación energética para edificios de nueva construcción de España, los cuales fueron obtenidos para la zona B3 por medio de la creación de una hoja de cálculo que se encuentra en el anexo. Así como para la NOM 020 se establece que la ganancia total de calor que se obtiene, se establecerá como el gasto que se requiere para cubrir la demanda de calefacción de todo el año.

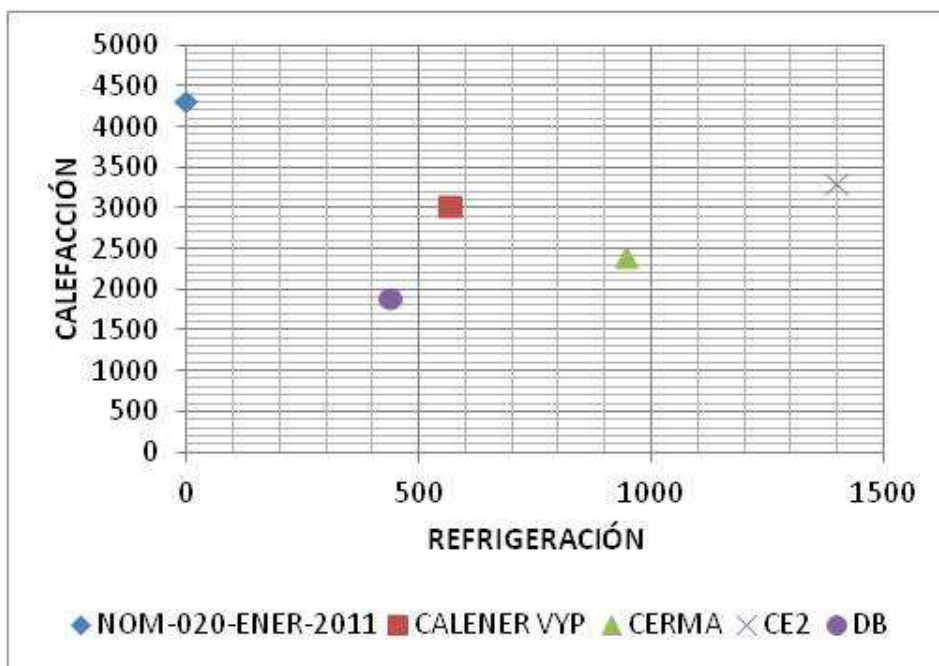
De la tabla 32, obtenemos las gráficas 12 - 15:

Dentro de la gráfica 12, se observa la posición de cada procedimiento de acuerdo a los resultados de las demandas energéticas de la VIS U Básica, este tipo de gráfica define y marca la diferencia y precisión de los resultados que se obtienen en cada procedimiento.



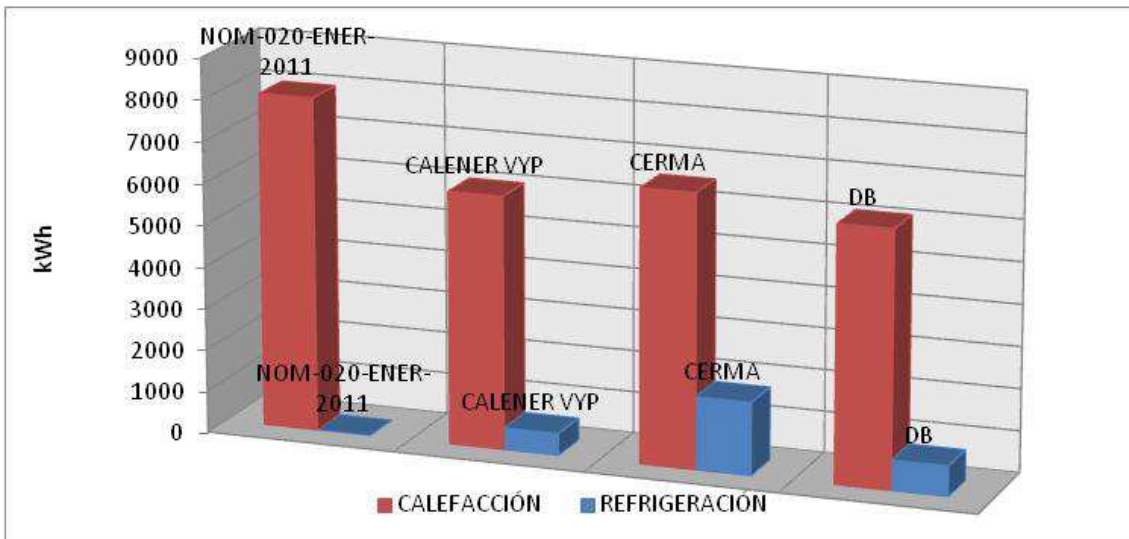
Gráfica 12: Ubicación de la VIS U BÁSICA de acuerdo a las demandas de calefacción y refrigeración

La gráfica 13, muestra la posición de cada procedimiento de acuerdo a los resultados de las demandas energéticas de la VIS U CTE, se observa que el más sensible a los cambios en los parámetros de la vivienda es el DesignBuilder ya que cambia su posición respecto a la gráfica anterior.



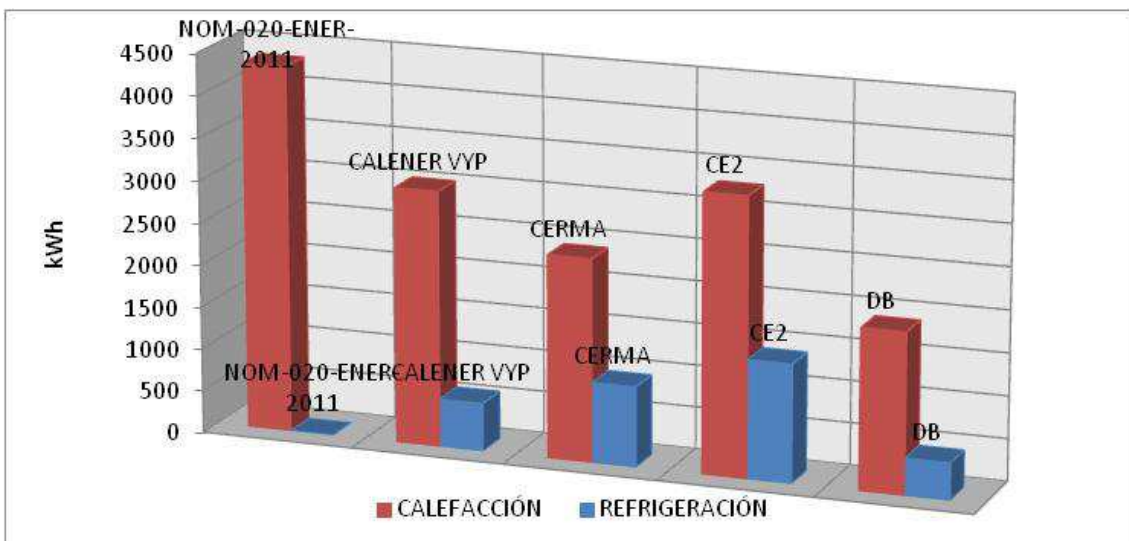
Gráfica 13: Ubicación de la VIS U CTE de acuerdo a las demandas de calefacción y refrigeración

La gráfica 14, es la comparación de los resultados de las demandas de calefacción y refrigeración de la VIS U BÁSICA, donde se puede apreciar cual es la demanda que provoca más gasto energético a la vivienda, dentro de la zona de estudio siendo en este caso particular la demanda de calefacción la que genera más gasto durante todo el año.



Gráfica 14: Comparación de los resultados obtenidos en los procedimientos de las demandas de calefacción y refrigeración de la VIS U BÁSICA

La gráfica 15, es la comparación de los resultados de las demandas de calefacción y refrigeración de la VIS U CTE, en donde se puede apreciar la disminución de las demandas en la VIS al modificar los parámetros límite de la envolvente y determina el beneficio que brinda limitar la demanda de energía en la vivienda a través de su envolvente.



Gráfica 15: Comparación de los resultados obtenidos en los procedimientos de las demandas de calefacción y refrigeración de la VIS U CTE

Conclusiones Parciales

Una vez realizado el análisis presentado en este capítulo, se observa que la normativa obligatoria para la vivienda NOM-020-ENER-2011 no establece parámetros límites de referencia para las características constructivas de la VIS U Básica, por lo tanto no obtiene ningún tipo de ahorro energético, etiqueta o alguna certificación energética.

Con los análisis de cada uno de los diferentes procedimientos situados en las gráficas de ubicación podemos definir cuál de los procedimientos es el que mejor funciona y brinda mejores resultados. Se deduce que el procedimiento que más se acerca al origen de la gráfica, es el que brinda resultados más certeros, al consumo real de la VIS, de acuerdo a su forma de calcular las demandas de calefacción y refrigeración y los criterios que utilizan.

Se observa que en las gráficas de ubicación el procedimiento que mejor respuesta tiene a los cambios y mejoras de cerramientos que se aplican a la VIS es el **DB** DesignBuilder, cuando pasamos de la VIS U BÁSICA a la VIS U CTE; por otro lado se nota que los procedimientos son más sensibles al cambio de la calefacción debido al tipo de clima en el que se ubica la VIS.

Lo cual denota la importancia que tiene el consumo de calefacción en la zona climática de estudio. En las gráficas de comparación podemos observar que la norma mexicana NOM-020-ENER-2011, la demanda de calefacción, supone un consumo sobredimensionado al resto de procedimientos en ambas condiciones al tratarse de un método de cálculo estacionario.

Si la vivienda no cumple con los límites establecidos por el CTE el procedimiento simplificado CE2 no permite realizar un análisis de la vivienda.

Los procedimientos Calener VYP y Cerma permiten calificar una vivienda sin que esta cumpla los límites normativos, por lo cual muestra resultados de su comportamiento, la forma de ingresar las características de la vivienda son diferentes; el Calener VYP por medio de un modelo geométrico en el que se definen sus partes y características, y el Cerma un sistema donde se define cada una de las partes y características de forma numérica. Ambos procedimientos muestran si la vivienda cumple o no con los límites y si esta puede obtener una calificación energética.

Los procedimientos establecidos como documentos reconocidos en España para realizar la calificación energética de la vivienda son de utilización exclusiva en las zonas establecidas dentro del territorio español, por lo tanto no se pueden trasladar automáticamente a la zona de estudio.

El análisis más completo de la vivienda lo proporciona el DesignBuilder al ser un procedimiento que permite ingresar características específicas sobre el funcionamiento de la vivienda y climáticas de la zona de estudio.

Muestra gran cantidad de resultados que permiten una mejor comprensión del funcionamiento de la vivienda y mejor definición de cada una de sus características constructivas. Las cuales pueden ser comparadas realizando mejoras a su envolvente y permite observar su comportamiento de confort térmico, consumo y emisiones.

Realizar estos análisis permite conocer cuáles son los datos necesarios para realizar la calificación energética de la vivienda y las diferentes formas de ingresar los datos de sus características para obtener los resultados y como se pueden expresar. Analizar el método y la metodología de cálculo que estos procedimientos utilizan, ayudará a proponer un planteamiento metodológico en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO PARA LA VIS

Escala de Calificación para la VIS.....	145
Propuesta de valores para la zona climática de estudio	148
Propuesta de Escala de Calificación para la VIS.....	153
Propuesta del Procedimiento Alternativo del Cálculo Energético de la VIS.....	157
Propuesta del Modelo de Etiqueta.....	172
Conclusiones parciales.....	176

Escala de Calificación para la VIS

Como antes se ha mencionado, todo Certificado de Eficiencia Energética debe contener, la calificación energética del edificio expresada mediante una etiqueta energética.

Para poder generar un diseño de etiquetado, se ha realizado un análisis energético extendido de la VIS, siguiendo los pasos establecidos en el análisis energético del capítulo III; en el que se busca establecer una escala de calificación, considerando el tipo de sistemas constructivos actuales en la zona de estudio y sobre que mejoras se pueden implementar para optimizar su comportamiento energético.

El objetivo de la escala de calificación sirve para comparar y evaluar el comportamiento energético del edificio frente al comportamiento de edificios similares, en esta investigación se utiliza la misma VIS, porque sus dimensiones están establecidas y cuentan con las mismas áreas y espacios en las viviendas de la misma tipología.

Los indicadores de comportamiento energético para la VIS, son los que generaran una clase de eficiencia energética, los límites de las clases de eficiencia que se proponen siguen la base del análisis energético aplicado a la VIS, los indicadores energéticos corresponden a:

- 1.- El valor del indicador correspondiente a las mejoras propuestas.
- 2.- El correspondiente a la VIS U CTE.
- 3.- El correspondiente a la VIS U Básica (actual).

Para el desarrollo de calificación alternativa de esta investigación, se siguen las siguientes decisiones:

- 1.- El indicador energético usado para comparar la VIS.
- 2.- El grado de similitud de las dimensiones, áreas de la VIS y que estas no cambian.
- 3.- La escala de calificación y los términos en los que se comparan las mejoras propuestas para la VIS, sean los mismos.

Indicadores energéticos

Los indicadores energéticos principales para la escala de calificación es dado en base anual y referido al consumo/demandas de calefacción, refrigeración y a las emisiones de dióxido de carbono CO² que estas generan:

- 1.- Energía total anual de la suma mensual de las demandas de calefacción y refrigeración, en **kWh**.
- 2.- Emisiones anuales de CO₂ producidas en total, en **Kg**.

Estos dos indicadores se obtienen de la energía consumida por el edificio para satisfacer las necesidades asociadas a unas condiciones normales, climáticas, de funcionamiento y ocupación.

Como indicador complementario se obtiene el promedio mensual de la temperatura interior (**C°**) de la VIS el cual permite explicar las razones de un buen o mal comportamiento del edificio y proporciona, información útil sobre los aspectos a tener en cuenta a la hora de proponer medidas de confort que mejoren su comportamiento.

Para la VIS los indicadores energéticos se obtendrán a partir de un procedimiento alternativo de cálculo que se propone a continuación, que integra los elementos considerados en una calificación energética, que son:

1.- La disposición y orientación del edificio.

Orientación

Debido a que la ganancia de calor a través de los cerramientos varía con la orientación y para simplificar la disposición de los mismos, se establecen en las mismas orientaciones que establece la normativa NOM-020-ENER-2011, las siguientes convenciones son:

NORTE: cuyo plano normal está orientado desde 45° al oeste y menos de 45° al este del norte.

ESTE: cuyo plano normal está orientado desde 45° al norte y menos de 45° al sur del este.

SUR: cuyo plano normal está orientado desde 45° al este y menos de 45° al oeste del sur.

OESTE: cuyo plano normal está orientado desde 45° al sur y menos de 45° al norte del oeste.

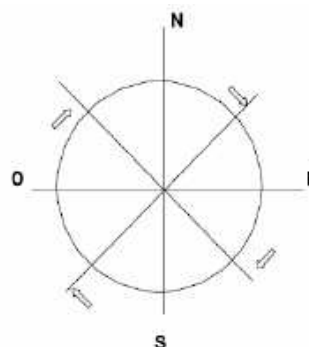


Figura 68: Disposición de las orientaciones para la escala de la VIS

2.- Las características térmicas de la envolvente.

Las características térmicas de la envolvente no tendrán ningún tipo de límite establecido que se tenga que alcanzar; si no que está a la disposición de cada proyectista/edificio la imposición o utilización de cualquier sistemas constructivo que se desee emplear o aplicar a la VIS.

Los límites de las clases se establecen de acuerdo con los parámetros de la metodología que establece la normativa en España (antes mencionados en el capítulo II) con los siguientes cambios:

1.- La escala debe diferenciar claramente los edificios eficientes de los no eficientes. No tendría sentido, por ejemplo, que la mayoría de los edificios estuviera en una sola clase.

2.- Debe tener suficiente sensibilidad a las mejoras. Esto se interpreta como que un edificio que haya mejorado suficientemente la calidad de su envolvente, debe tener derecho a ganar una posición en la escala.

3.- Debe ser posible, para la construcción de la VIS que alcance la clase A. La obtención de la clase A estaría, reservada a aquellas viviendas singulares con un sistema constructivo acertado, soluciones de eficiencia energética en la envolvente.

4.- Debe ser suficientemente estable en el tiempo (debe permanecer invariable durante tiempo de uso y ocupación).

5.- Debe ser consistente con los objetivos de la calificación; es decir, la escala debe ser un instrumento que permita tomar decisiones que conduzcan a cumplir los compromisos a largo plazo en materia energética y medioambiental.

6.- Es única para la propuesta alternativa de cálculo de esta investigación.

7.- Aunque la escala se desarrolla en principio para VIS de nueva construcción, debe poder extenderse a los edificios existentes si se realizan los estudios pertinentes y concluyen en la idoneidad de disponer de una escala única para todo el parque edificatorio de VIS.

Determinación del escenario de comparación

Para cada uno de los indicadores energéticos de la escala, el escenario de comparación se obtiene estimando que la construcción de la VIS actualmente es el caso menos favorable para la zona de estudio y el que más gasto energético provoca como se apunta en el análisis energético en el capítulo III. Que los parámetros que establecen el CTE y los utilizados para los análisis anteriores muestran que la calidad energética de la VIS mejora, por lo tanto incrementando el número de mejoras a la envolvente de la VIS esta se beneficia y generará menos gasto energético.

Demanda energética de calefacción y refrigeración

La demanda de calefacción y refrigeración se ha determinado mediante el programa DesignBuilder, utilizando los sistemas constructivos de los cerramientos de cada mejora propuesta a la VIS, y que deriva del cumplimiento del DB-HE1 del CTE, con las siguientes premisas:

- 1.- El periodo de simulación es en base anual, siendo Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo los meses potenciales de la estación de calefacción (meses de Invierno), correspondiendo los meses restantes Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre a la estación de refrigeración (meses de Verano).
- 2.- Las condiciones de operación del periodo de ocupación, consignas de temperatura y estrategias de apertura y cierre de persianas siempre son las mismas condiciones.
- 3.- Los requerimientos de ventilación se han adaptado a 1 Reno/h (una renovación por hora) que corresponde siempre a los horarios de ocupación de la VIS.
- 4.- No se considera significativa la contribución de la iluminación artificial, ni por ocupación.

Propuesta de valores para la zona climática de estudio

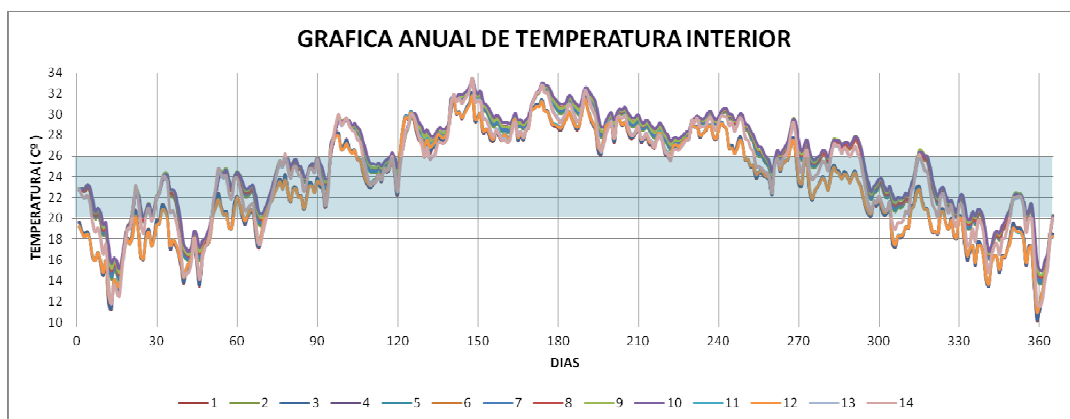
Los valores establecidos para las demandas de calefacción, refrigeración y emisiones de CO² de la zona climática de estudio, corresponden a cada una de las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS, a partir de las dos condiciones principales antes planteadas, se mencionan y enumeran a continuación:

- 1.- VIS U BÁSICA
- 2.- VIS U CTE
- 3.- VIS U BÁSICA + MEJORA DE VENTANAS
- 4.- VIS U CTE + MEJORA DE VENTANAS
- 5.- VIS U CTE AISLAMIENTO COLOCADO AL EXTERIOR
- 6.- VIS U CTE AISLAMIENTO COLOCADO AL EXTERIOR + MEJORA DE VENTANAS
- 7.- VIS U CTE DOBLE BLOCK CON AISLAMIENTO AL CENTRO
- 8.- VIS U CTE DOBLE BLOCK CON AISLAMIENTO AL CENTRO + MEJORA DE VENTANAS
- 9.- VIS U CTE DE MUROS < 0,400
- 10.- VIS U CTE DE MUROS < 0,400 + MEJORA DE VENTANAS
- 11.- VIS U BÁSICA DE MUROS 1,500 + MEJORA DE VENTANAS
- 12.- VIS U BÁSICA DE MUROS 1,500
- 13.- VIS U CTE DE MUROS 1,500 + MEJORA DE VENTANAS
- 14.- VIS U CTE DE MUROS 1,500

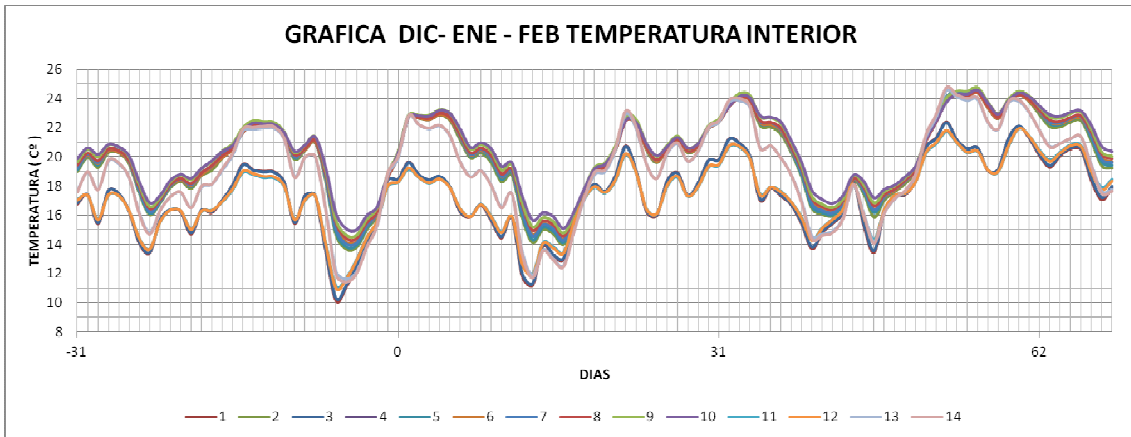
Una vez realizados los diferentes análisis, calculados por medio del software DesignBuilder se obtienen las siguientes gráficas de comparación:

Gráficas de temperatura interior 16 - 20.

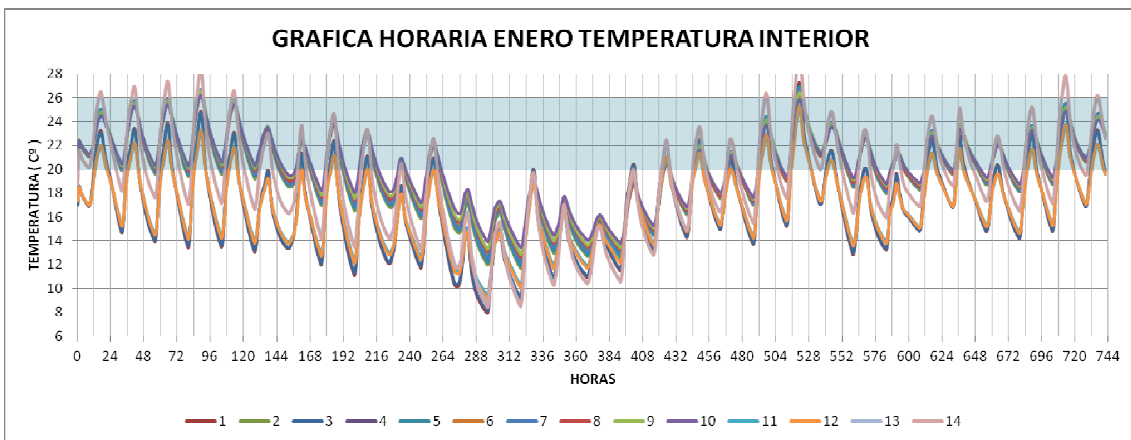
La gráfica 16, muestra el comportamiento anual de la temperatura interior promedio diaria en cada uno de los casos, los 14 casos se comportan de una manera similar mostrando variaciones en la temperatura de hasta 5 C° grados centígrados.



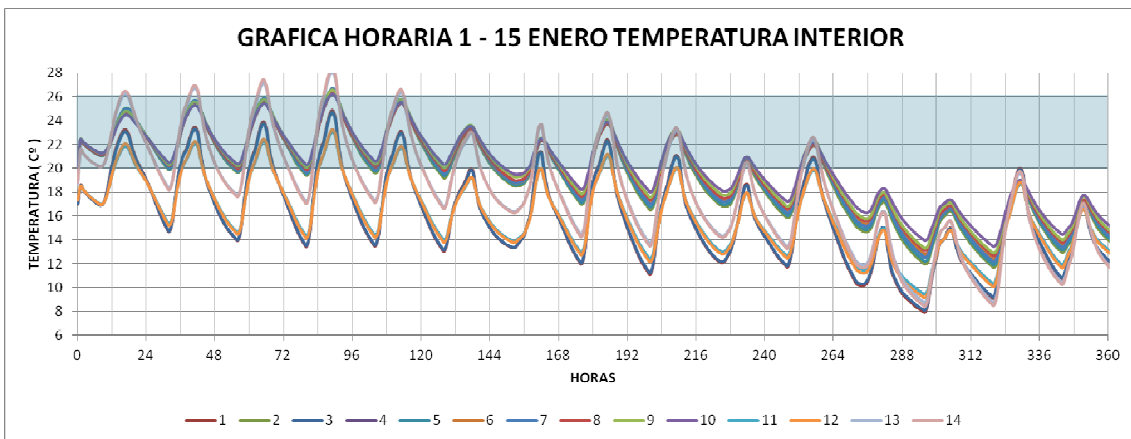
Gráfica 16: Comportamiento anual de la temperatura interior de las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS



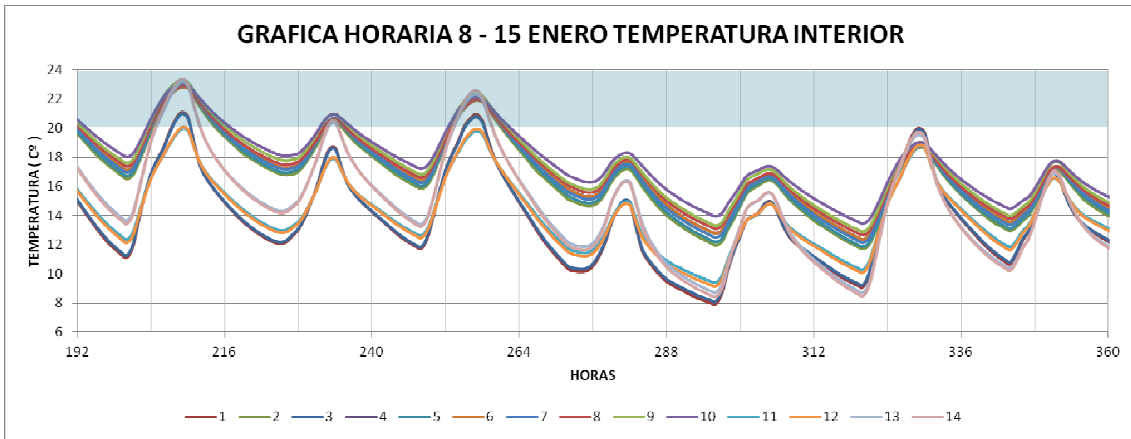
Gráfica 17: Comportamiento de 3 meses de invierno de la temperatura interior de las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS



Gráfica 18: Comportamiento horario del mes de Enero de la temperatura interior de las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS

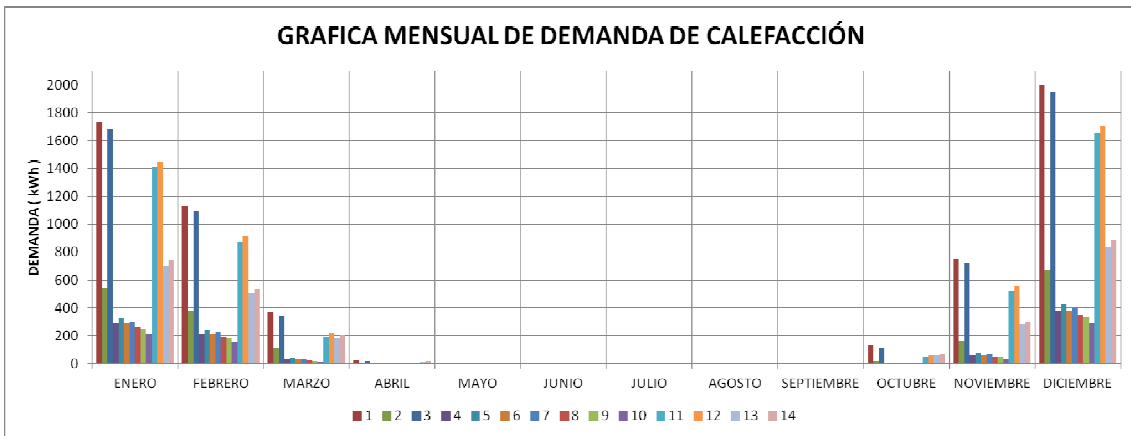


Gráfica 19: Comportamiento horario de los primeros 15 días del mes de Enero de la temperatura interior de las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS

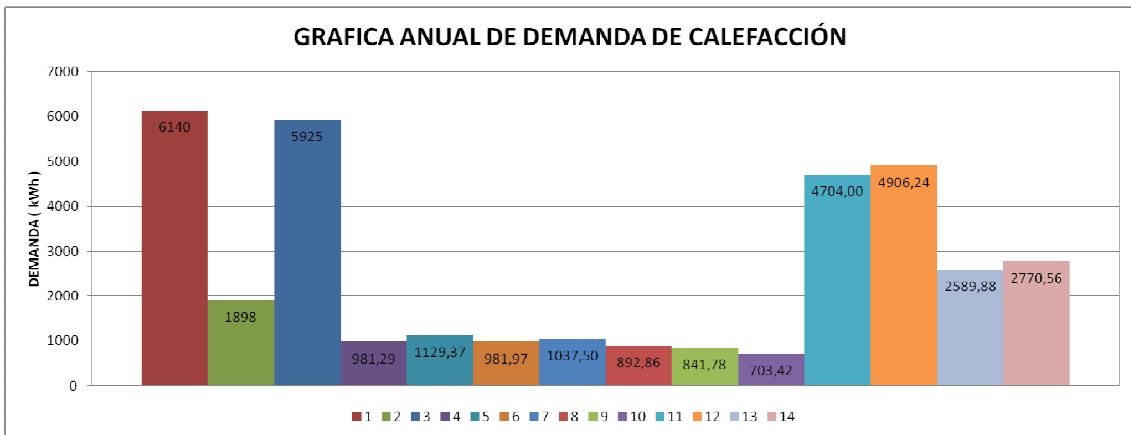


Gráfica 20: Comportamiento horario de la semana más fría del año de la temperatura interior de las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS

Gráfica de las demandas de calefacción anual 21, 22

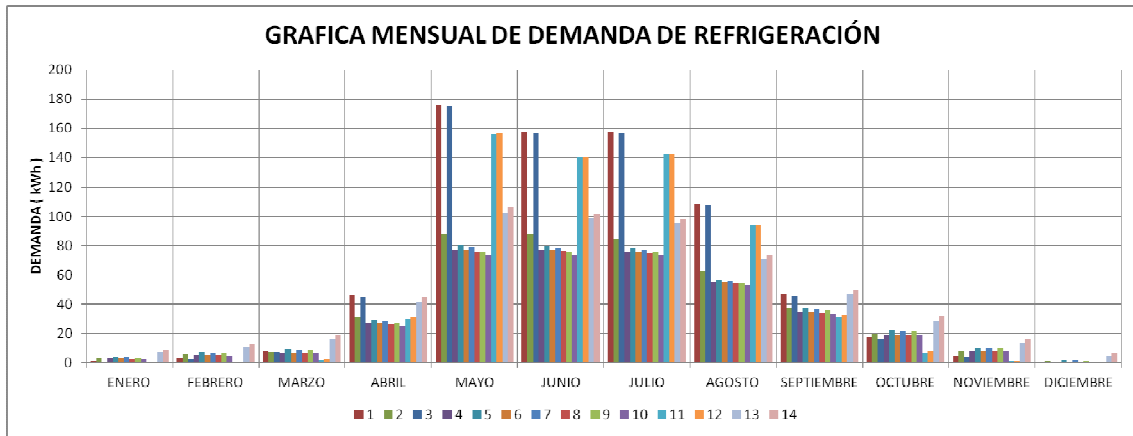


Gráfica 21: Demanda de calefacción mensual en las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS

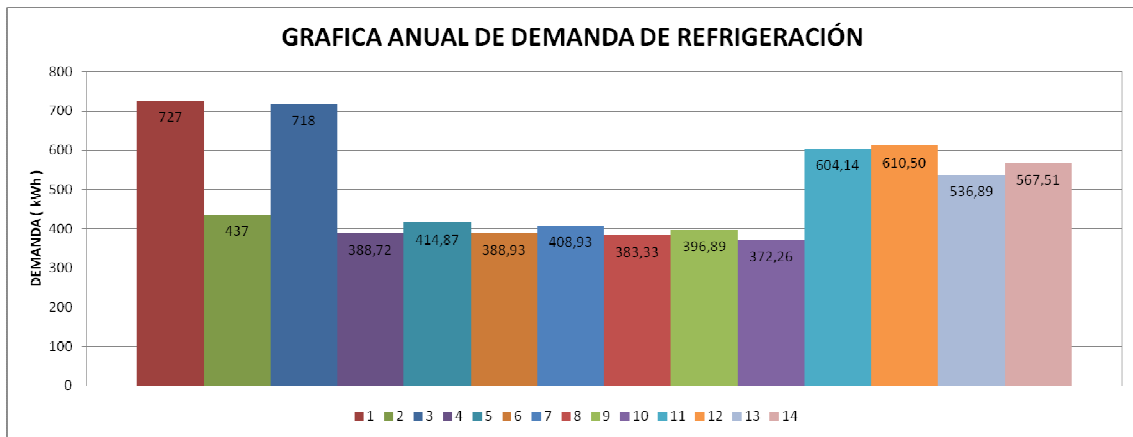


Gráfica 22: Demanda de calefacción anual en las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS

Gráfica de las demandas de refrigeración anual 23, 24

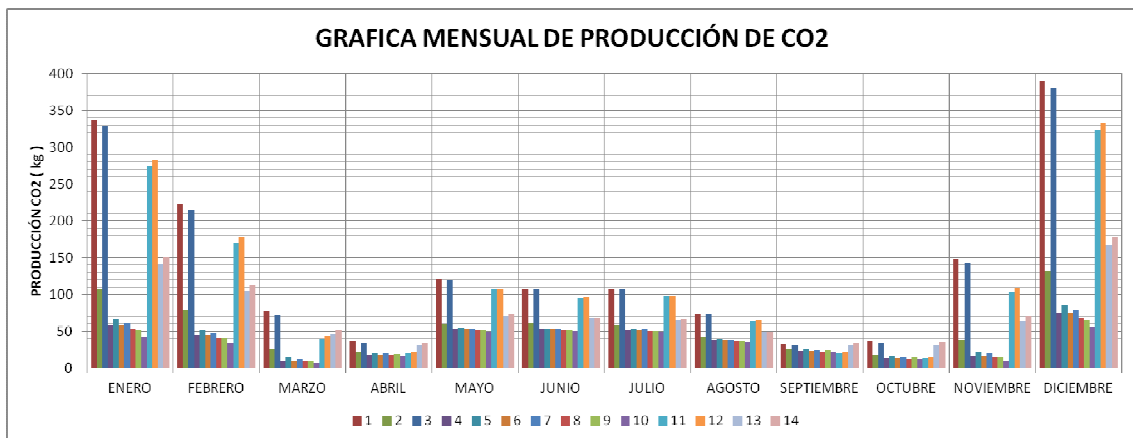


Gráfica 23: Demanda de refrigeración mensual en las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS

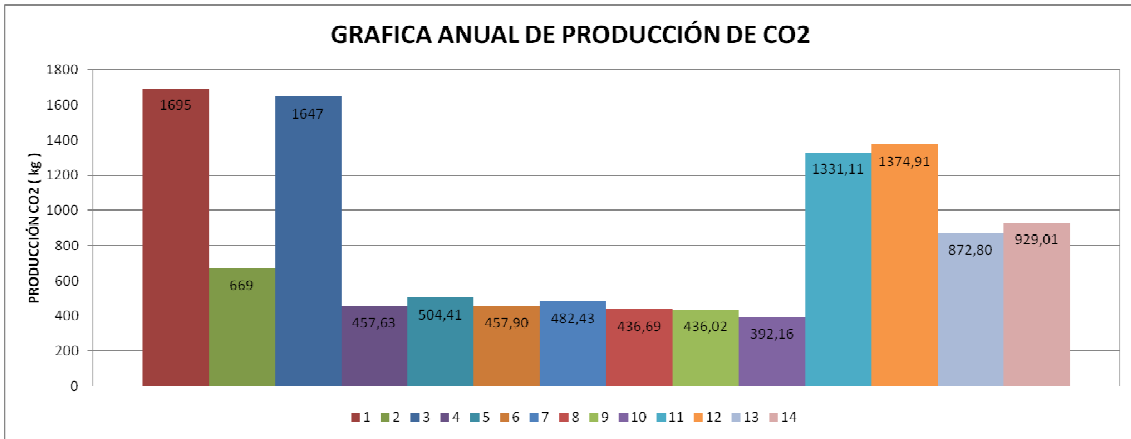


Gráfica 24: Demanda de refrigeración anual en las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS

Gráfica de producción de CO² anual 25, 26



Gráfica 25: Demanda de producción mensual de CO₂ en las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS



Gráfica 26: Demanda de producción anual de CO₂ en las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS

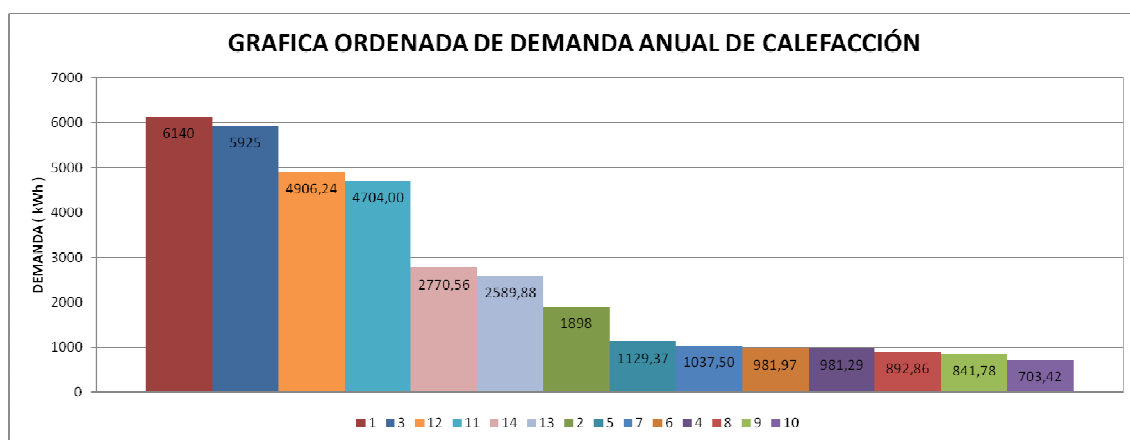
Propuesta de Escala de Calificación para la VIS

Una vez analizados los resultados anteriores se propone que la escala de calificación se establezca de acuerdo al gasto energético que se genera en las mejoras respecto a las demandas de calefacción, refrigeración, emisiones de CO².

Organizados y ordenados los resultados de las gráficas anteriores, se obtienen las gráficas con las que se establece el orden para la propuesta de la escala de calificación.

Gráfica de la escala de la demanda de Calefacción

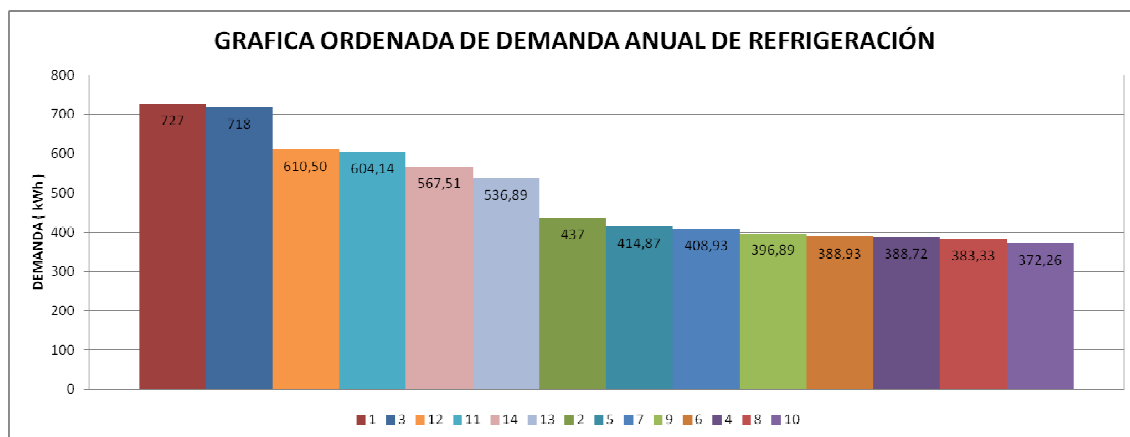
En la gráfica 27, se puede observar el orden que se establece de acuerdo a cada una de las mejoras y del gasto energético de la demanda de calefacción, donde la VIS U CTE DE MUROS < 0,400 + MEJORA DE VENTANAS es la que menor demanda obtiene, la VIS U Básica aparece como la que mayor demanda tiene de todas, y la VIS U CTE se posiciona al medio de estas dos.



Gráfica 27: Ordenada de demanda anual de calefacción de las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS

Gráfica de la escala de la demanda de Refrigeración

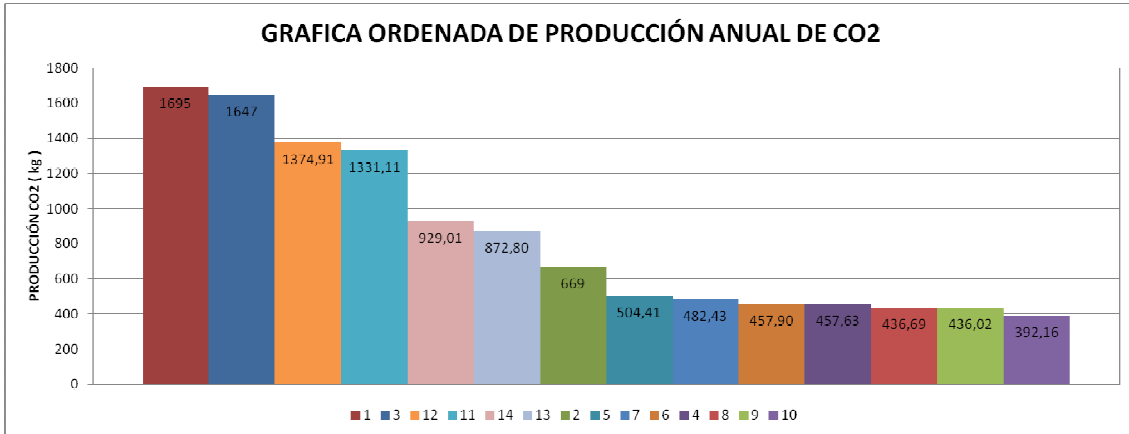
En la gráfica 28, se puede observar el orden que se establece de acuerdo a cada una de las mejoras y del gasto energético de la demanda de refrigeración, donde la VIS U CTE DE MUROS < 0,400 + MEJORA DE VENTANAS es la que menor demanda obtiene, la VIS U Básica aparece como la que mayor demanda tiene de todas, y la VIS U CTE se posiciona al medio de estas dos.



Gráfica 28: Ordenada de demanda anual de refrigeración de las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS

Gráfica de la escala de la Producción anual de CO²

En la gráfica 29, se puede observar el orden que se establece de acuerdo a cada una de las mejoras y de la producción de CO₂, donde la correspondencia es de acuerdo a las demandas producidas por las mejoras, por lo tanto sigue patrón anterior de las demandas de calefacción y refrigeración donde la VIS U CTE DE MUROS < 0,400 + MEJORA DE VENTANAS es la que menor producción de CO₂, la VIS U Básica es la que mayor producción tiene y la VIS U CTE se ubica al medio de las dos.

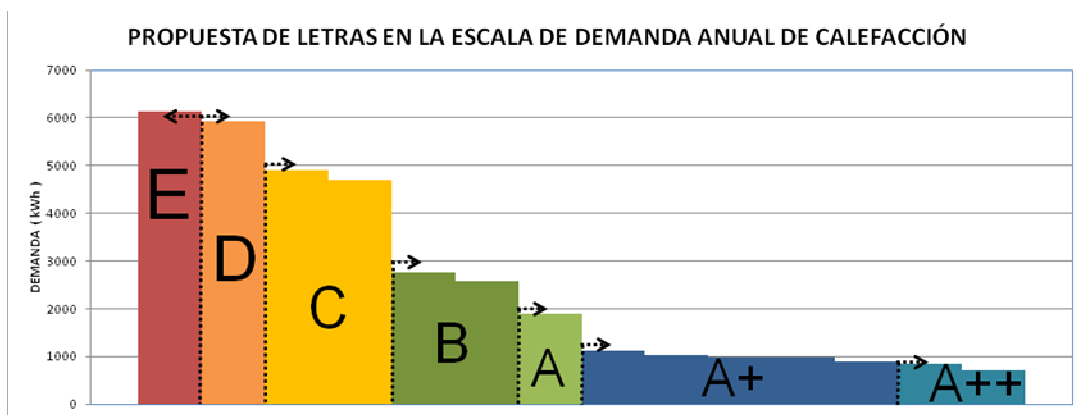


Gráfica 29: Ordenada de la producción anual de CO₂ de las mejoras que se proponen a la envolvente de la VIS

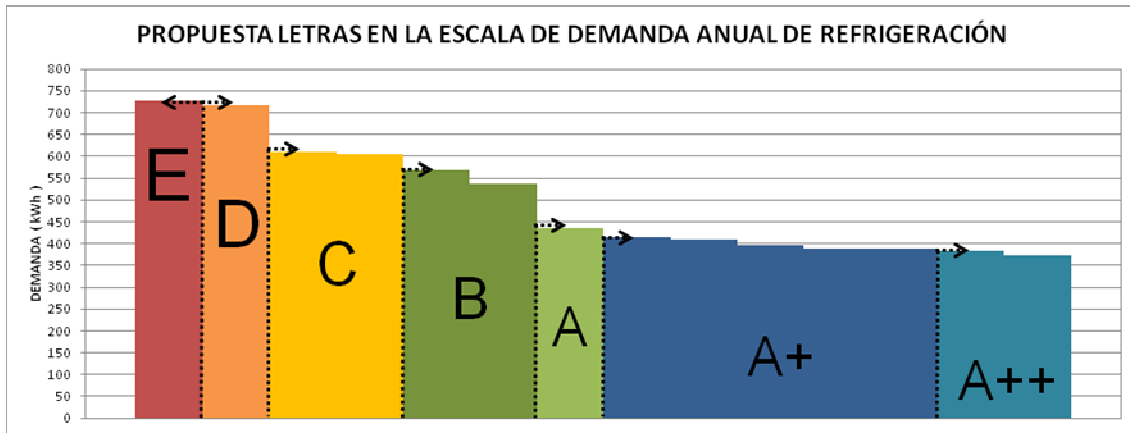
A partir de las gráficas anteriores se establecen las escalas de calificación que se proponen para la VIS.

Las escalas finales se formaran por clases que se establecen de acuerdo al gasto energético de las mejoras y se forman a partir de "Letras" de donde la escala más baja será la letra "E" que es la que obtiene y se establece a través del gasto energético de la VIS actual denominada VIS U BÁSICA, a partir de esta e incorporando mejoras a la envolvente en la VIS se obtienen las letras "D", "C", "B" y la letra "A" la cual corresponde al gasto energético de la VIS con parámetros de la normativa Española denominada VIS U CTE, a partir de esta letra "A" se añaden dos escalas mas denominadas "A+" (A PLUS) y la más alta la "A++" (A PLUS PLUS) que corresponden a las mejoras que se pueden incorporar y añadir a la envolvente de la VIS para reducir al máximo el gasto energético en la VIS.

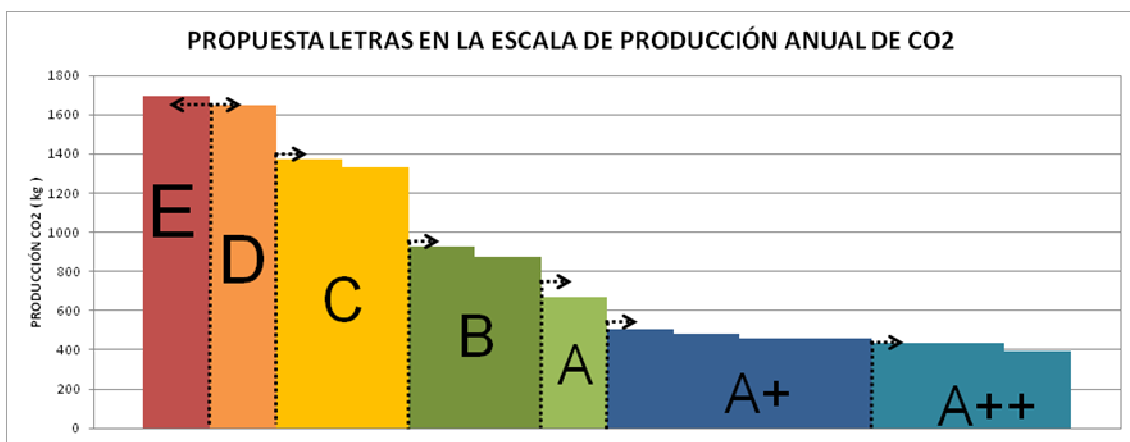
Las gráficas 30 - 32 muestran la división de las escalas propuestas y la letra que les corresponde dentro de los valores obtenidos.



Gráfica 30: Propuesta de la escala para la demanda anual de Calefacción de la VIS

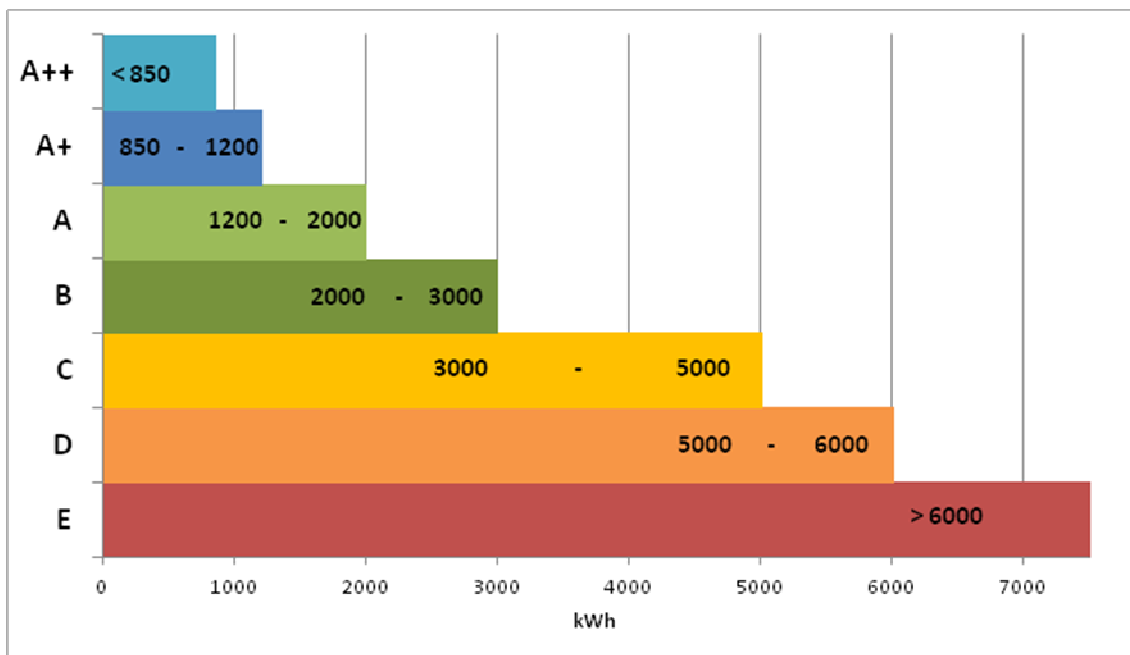


Gráfica 31: Propuesta de la escala para la demanda anual de Refrigeración de la VIS

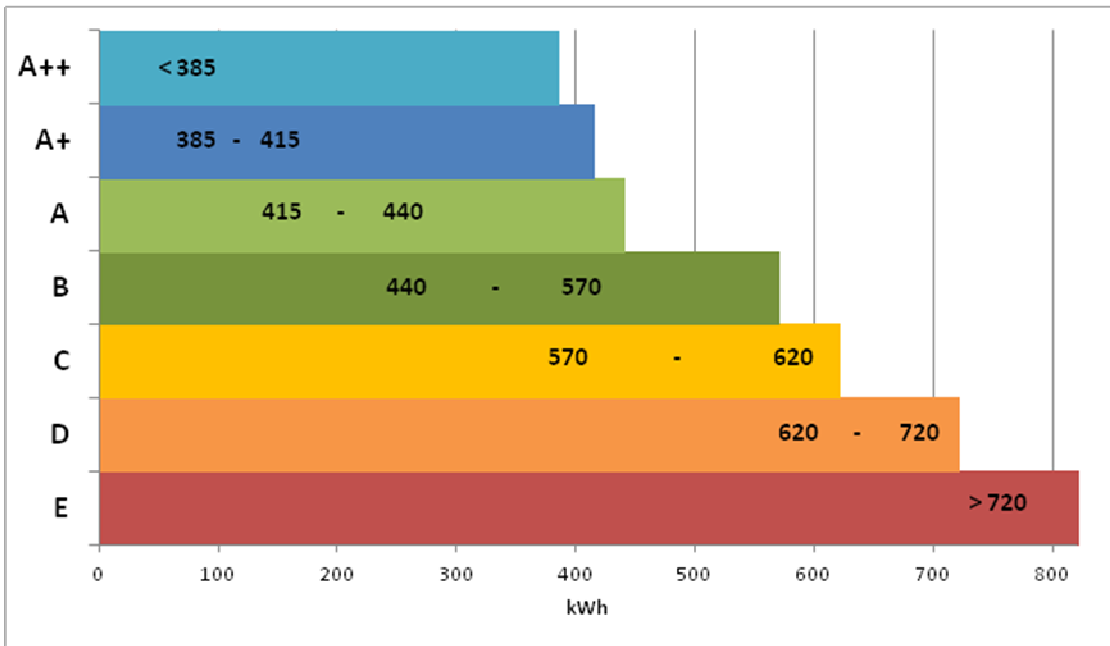


Gráfica 32: Propuesta de la escala para la producción anual de CO₂ de la VIS

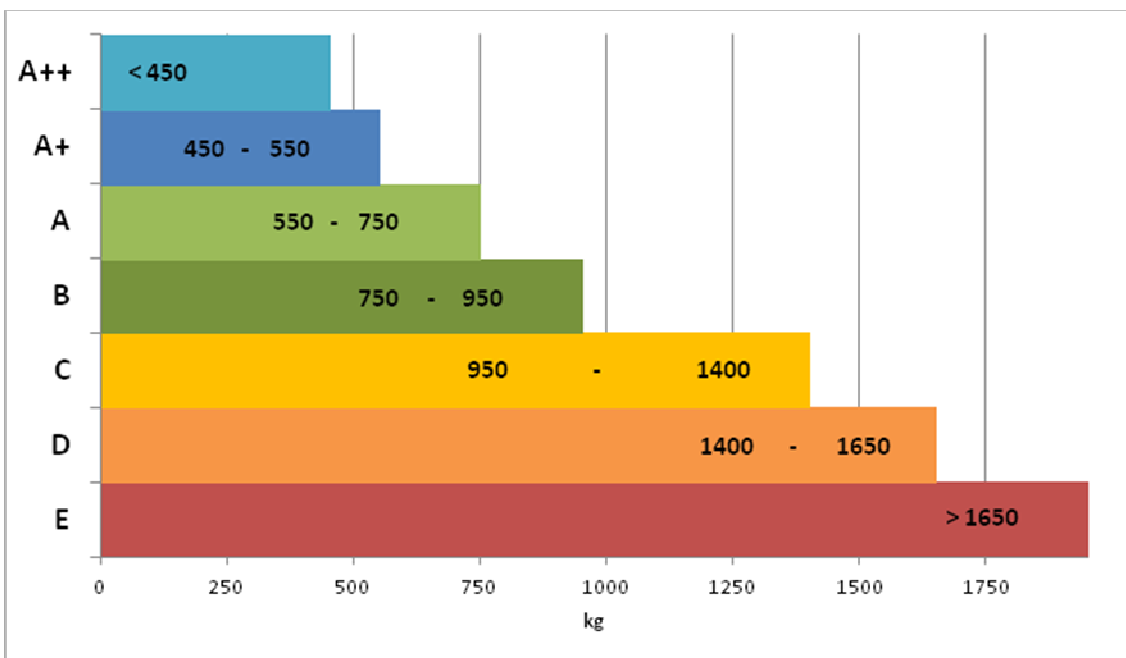
Las gráficas 33 - 35 muestran los valores de cada una de las escalas de calificación que se proponen:



Gráfica 33: Gráfica de valores y letras de la escala para la demanda anual de calefacción de la VIS



Gráfica 34: Gráfica de valores y letras de la escala para la demanda anual de Refrigeración de la VIS



Gráfica 35: Gráfica de valores y letras de la escala para la producción anual de CO₂ de la VIS

Propuesta del Procedimiento Alternativo del Cálculo Energético de la VIS

Objeto

El procedimiento alternativo del cálculo energético de la VIS consiste en limitar la demanda energética de la vivienda, evaluando la demanda mediante un cálculo específico que se adapta a la escala establecida para la VIS. La evaluación se realizará considerando la VIS tal cual ha sido proyectada de acuerdo a su forma (geometría y volumen) y construcción de cada uno de sus cerramientos exteriores.

Aplicabilidad

La aplicabilidad del procedimiento alternativo es exclusivamente para las viviendas que no superen las dimensiones establecidas para la VIS y que cumplan lo establecido según la siguiente definición:

- 1.- "Vivienda cuya superficie es de entre 30 y 70 metros cuadrados y cuenta con espacios interiores comunes como, Estancia-Comedor, Cocina, Baño y entre 1 y 2 recamaras".
- 2.- Que la superficie de cerramientos transparentes no supere el 25% de la superficie total de cerramientos opacos;
- 3.- Que la superficie de acristalamiento de cubierta sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.

Quedan excluidas las viviendas que tengan cerramientos formados por soluciones constructivas no convencionales o de sistemas de los cuales no se pueda calcular u obtener la transmitancia de calor con el método de cálculo del procedimiento alternativo, como *muros Trombe, muros parietodinámicos, invernaderos adosados, fachadas ventiladas, etc.*

Criterio de verificación

Que el resultado energético que obtiene la VIS por medio del cálculo que se propone cumpla lo establecido en la propuesta de escala de calificación planteada de acuerdo a su ubicación en:

- a) La demanda de calefacción, de acuerdo los análisis establecidos como la demanda de mayor impacto en la zona de estudio, por tanto primer resultado de verificación.
- b) La producción de CO₂ de la VIS, de acuerdo a los análisis establecidos el segundo criterio de verificación.
- c) La demanda de refrigeración, de acuerdo los análisis establecidos como la demanda de menor impacto en la zona de estudio y último criterio de verificación.

Método de cálculo

Especificaciones del método de cálculo

El método de cálculo a utilizar como procedimiento alternativo se basa en el cálculo de la temperatura interior de la VIS a través de la temperatura exterior medida hora a hora de cada día que forman el promedio mensual de cada uno de los meses de todo un año, de la zona de estudio, los cuales sean establecido de acuerdo a los datos climáticos monitorizados durante el año 2011 y que son los que se muestran en la tabla 33:

MESES	TEMPERATURA EXTERIOR MEDIA DIARIA 30-31 DATOS	RADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL MEDIA DIARIA 30-31 DATOS	TEMPERATURA EXTERIOR MEDIA HORARIA 720-744 DATOS	RADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL MEDIA HORARIA 720-744 DATOS
ENERO	13,80	4,47	13,79	4,48
FEBRERO	15,06	4,58	15,06	4,58
MARZO	17,91	4,85	17,91	4,85
ABRIL	20,97	4,97	20,98	4,97
MAYO	24,43	5,11	24,41	5,11
JUNIO	24,16	4,87	24,16	4,87
JULIO	24,23	4,52	24,23	4,52
AGOSTO	23,53	3,50	23,53	3,50
SEPTIEMBRE	21,10	4,00	21,11	4,00
OCTUBRE	19,00	4,91	19,01	4,91
NOVIEMBRE	16,07	4,36	16,07	4,36
DICIEMBRE	13,34	4,08	13,34	4,08
MEDIA	19,47	4,52	19,47	4,52

Tabla 33: Promedio mensual de temperatura exterior y radiación global horizontal de Saltillo

El cálculo obtiene el comportamiento térmico del edificio, de sus demandas de calefacción y refrigeración y emisiones de dióxido de carbono CO₂, teniendo en cuenta las solicitaciones de ganancias exteriores y considera los efectos de masa térmica de la construcción de la VIS.

El desarrollo del procedimiento de cálculo se genera con la menor cantidad de datos de la VIS y contempla los siguientes aspectos:

- Los datos generales del proyecto y climáticos; donde se especifican los datos generales del proyecto a analizar y que siguen los requeridos en la normativa Mexicana como: Propietario, Ubicación de la vivienda, certificador o unidad de verificación. Y los climáticos referidos a las temperaturas exteriores y radiación global horizontal (ver tabla 33) que se emplearán para realizar los cálculos de las demandas de calefacción y refrigeración, así como las temperaturas de consigna que se establecerán como temperaturas deseadas de Invierno y de Verano.
- La determinación de los datos geométricos de la vivienda; de las áreas en metros cuadrados de cada uno de los cerramientos opacos y de sus acristalamientos, así como un coeficiente de obstrucción y sombra que se establece para cada una de los acristalamientos producidas por obstáculos de fachada tales como voladizos, retranqueos, salientes laterales, etc.;
- Los datos de cerramientos opacos y transparentes donde se obtiene la "U" transmitancia térmica de cada uno, en sus diferentes orientaciones, norte, este, sur, oeste, cubierta y suelo sobre terreno.
- Los datos de los acristalamientos donde se obtiene la "U" transmitancia térmica de cada uno en sus diferentes orientaciones, norte, este, sur, oeste y cubierta.

Descripción de los datos de la VIS necesarios para la utilización del procedimiento de cálculo

Para el uso del procedimiento de cálculo se debe disponer de los datos que se detallan a continuación:

Para la definición de los rangos de confort en los que basará el cálculo:

1.- Establecimiento de la consigna en la temperatura deseada de Invierno en grados centígrados (C°)

2.- Establecimiento de la consigna en la temperatura deseada de Verano en grados centígrados (C°)

Para la definición geométrica será necesario especificar los siguientes datos:

a) situación, dimensiones de los lados, orientación de todos los cerramientos opacos de la VIS;

3.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) del/los muro/s Norte.

4.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) de la/las puerta/s exterior Norte.

5.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) del/los muro/s Este.

6.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) de la/las puerta/s exterior Este.

7.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) del/los muro/s Sur.

8.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) de la/las puerta/s exterior Sur.

9.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) del/los muro/s Oeste.

10.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) de la/las puerta/s exterior Oeste.

11.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) de la Cubierta.

12.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) del suelo sobre terreno.

b) para cada cerramiento transparente la situación, forma y las dimensiones de los acristalamientos (ventanas, lucernarios y claraboyas) contenidos en el mismo;

13.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) del/los acristalamiento/s Norte.

14.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) del/los acristalamiento/s Este.

15.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) del/los acristalamiento/s Sur.

16.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) del/los acristalamiento/s Oeste.

17.- Sumatoria del área total en metros cuadrados (m^2) del/los acristalamiento/s en cubierta.

c) para cada acristalamiento el coeficiente de obstrucción y sombra de los obstáculos de fachada, incluyendo retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales y cualquier otro elemento de control solar exterior que pudiera tener cada orientación;

18.- Índice del coeficiente de obstrucción y sombra Norte de **0** a **1**; donde 0 es totalmente protegido y 1 sin ningún tipo de obstrucción o protección solar exterior o interior.

19.- Índice del coeficiente de obstrucción y sombra Este de **0** a **1**; donde 0 es totalmente protegido y 1 sin ningún tipo de obstrucción o protección solar exterior o interior.

20.- Índice del coeficiente de obstrucción y sombra Sur de **0** a **1**; donde 0 es totalmente protegido y 1 sin ningún tipo de obstrucción o protección solar exterior o interior.

21.- Índice del coeficiente de obstrucción y sombra Oeste de **0** a **1**; donde 0 es totalmente protegido y 1 sin ningún tipo de obstrucción o protección solar exterior o interior.

22.- Índice del coeficiente de obstrucción y sombra de Cubierta de **0** a **1**; donde 0 es totalmente protegido y 1 sin ningún tipo de obstrucción o protección solar exterior o interior.

Para la definición constructiva es necesario especificar para cada tipo de cerramiento los siguientes datos:

a) Para las partes opacas de los cerramientos cada uno deberá contar con el espesor en metros (**m**) de cada material que conforme cada una de sus capas las cuales deberán tener propiedades físicas (conductividad térmica (**W/m°C**), calor específico (**Joules/kg°C**) y densidad (**kg/m³**) para la obtención de la transmitancia térmica "U" en (**W/m² K**);

23.- Definición del sistema constructivo de acuerdo al número de capas que integran el muro Norte de exterior a interior, cada material con el espesor del mismo en metros (**m**).

24.- Definición del sistema constructivo de acuerdo al número de capas que integran el muro Este de exterior a interior, cada material con el espesor del mismo en metros (**m**).

25.- Definición del sistema constructivo de acuerdo al número de capas que integran el muro Sur de exterior a interior, cada material con el espesor del mismo en metros (**m**).

26.- Definición del sistema constructivo de acuerdo al número de capas que integran el muro Oeste de exterior a interior, cada material con el espesor del mismo en metros (**m**).

27.- Definición del sistema constructivo de acuerdo al número de capas que integran la Cubierta de exterior a interior, cada material con el espesor del mismo en metros (**m**).

28.- Definición del sistema constructivo de acuerdo al número de capas que integran el Suelo Sobre Terreno de exterior a interior, cada material con el espesor del mismo en metros (**m**).

Para la conductividad térmica superficial exterior **he** será igual para todos los casos a **13 W/m² K** y la conductividad térmica superficial interior **hi** para Muros será de **8,1 W/m² K**, para Cubiertas será de **9,4 W/m² K** y para Suelo Sobre Terreno será de **6,6 W/m² K**;

b) Para las Puertas cada una deberá contar con el tipo de material que la conforma y su transmitancia térmica total en (**W/m² K**);

29.- Definición del material de la/s puerta/s Norte.

30.- Definición del material de la/s puerta/s Este.

31.- Definición del material de la/s puerta/s Sur.

32.- Definición del material de la/s puerta/s Oeste.

c) Para los Acristalamientos cada uno deberá contar con el tipo de acristalamiento y su transmitancia térmica total en (**W/m² K**);

33.- Definición del tipo de acristalamiento Norte.

34.- Definición del tipo de acristalamiento Este.

35.- Definición del tipo de acristalamiento Sur.

36.- Definición del tipo de acristalamiento Oeste.

37.- Definición del tipo de acristalamiento de Cubierta.

Formulaciones matemáticas y unidades para desarrollar el cálculo.

Descripción de las de las formulas que utiliza el procedimiento de cálculo y las unidades con las que se desarrolla.

1.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la Temperatura interior calculada T_i de la VIS, viene dada por la siguiente expresión:

$$T_i = T_e + \frac{Gi_{Totales} \cdot f_{Gi}}{\sum_i U_i \cdot S_i} \cdot \left(1 - \exp\left(-t \cdot \sum_i U_i \cdot S_i / MT\right) \right) \quad \text{[A.1]}$$

En donde:

T_i Es la temperatura interior calculada de la vivienda en **°C**;

T_e Es la temperatura exterior que se obtiene de datos climáticos del sitio en **°C**;

$Gi_{Totales}$ Son las Ganancias internas totales por ventanas exteriores en **W**, según la expresión [A.2];

f_{Gi} Es el factor de corrección que se aplica a las Ganancias internas; que se establece para este procedimiento en **1**;

$\sum_i U_i \cdot S_i$ Es la sumatoria para los diferentes cerramientos de su parte opaca (normalmente M-MURO, CU-CUBIERTA, Sst-SUELO SOBRE TERRENO) y de su parte transparente (normalmente Acristalamientos de cada hueco) de cada componente de la envolvente de acuerdo a su orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) en **W/°C**. Cada cerramiento tendrá un coeficiente global de transferencia de calor U_i de cada orientación i en **W/m²°C**.

Por ejemplo, un cerramiento típico de una parte opaca de un muro, está formado por un aplanado exterior, tabique o Block de concreto y un repellado interior; que se multiplica por el área del cerramiento S_i de acuerdo a cada orientación i , en **m²**, según la expresión [A.5];

t Es el tiempo en **Segundos**; es la cantidad de segundos que se establece para este procedimiento en 24 horas (un Día). Que son 86.400 segundos resultado de la multiplicación de los segundos en un minuto por los minutos de una hora es decir: 86.400seg = 24hr.60min.60segundos;

MT Es la Masa Térmica total de la vivienda en **Joules/°C**, según la expresión [A.9].

2.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtienen las Ganancias internas totales por ventanas exteriores $G_{i_{Totales}}$ de la vivienda debe calcularse mediante la expresión:

$$G_{i_{Totales}} = \left(\sum_i^{hue\ cos} R_i \cdot 1000 \right) / 24 \quad \text{[A.2]}$$

En donde:

$\sum_i^{hue\ cos} R_i$ Es la sumatoria de los diferentes huecos que conforman la parte de acristalamientos de cada componente en la envolvente que se extiende a todas las orientaciones i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) en **kWh**. Cada hueco tendrá una Radiación R de cada orientación i en **kWh**, según la expresión [A.3].

3.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la Radiación R para cada hueco de todas las orientaciones i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) debe calcularse mediante la expresión:

$$R_N = RV_N \cdot S_{A,N} \quad \text{[A.3]}$$

En donde:

RV_N Es la Radiación vertical que tiene cada orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA), en **kWh/m²**, según la expresión [A.4];

$S_{A,N}$ Es la superficie total de todos los acristalamientos de la vivienda de acuerdo a la orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) en **m²**.

4.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la Radiación Vertical RV_N para cada orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) debe calcularse mediante la expresión:

$$RV_N = RGH \cdot f_N \cdot COS_N \quad \text{[A.4]}$$

En donde:

RGH Es la Radiación Global Horizontal que se obtiene de datos climáticos del sitio en **kWh/m²**;

f_N Es el Factor de orientación que sigue la base de la NOM-020-ENER-2011 y establece como la ganancia de calor solar por orientación para la zona climática de estudio: N-NORTE **0,70**, E-ESTE **1,59**, S-SUR **1,31**, O-OESTE **1,64**, CU-CUBIERTA **3,22**;

COS_N Es el Coeficiente de Obstrucción y Sombra del Acristalamiento de cada hueco, (según la especificación del que calcula), que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada tales como retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros, o en función del dispositivo de protección solar exterior o interior, con valor a dimensional entre **0** y **1**.

5.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la sumatoria para los diferentes cerramientos que conforman la parte opaca y transparente de cada componente de la envolvente $\sum_i^{OpAcri} U_i \cdot S_i$ debe calcularse mediante la expresión:

$$\sum_i^{OpAcri} U_i \cdot S_i = (U_{M,N} \cdot S_{M,N}) + (U_{p,N} \cdot S_{p,N}) + (U_{Acri,N} \cdot S_{Acri,N}) + (U_{M,E} \cdot S_{M,E}) + (U_{p,E} \cdot S_{p,E}) + (U_{Acri,E} \cdot S_{Acri,E}) + \dots + (U_{Sst} \cdot S_{Sst}) \quad \text{[A.5]}$$

En donde:

$U_{M,N}$ Es la transmitancia térmica de cada cerramiento opaco (normalmente M-MURO, CU-CUBIERTA, Sst-SUELO SOBRE TERRENO) de cada componente de la envolvente de cada orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) en **W/m²°C**, según la expresión [A.6].

$U_{p,N}$ Es un valor único de transmitancia térmica dado por el tipo de material de cada puerta de cada orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE), obtenido a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de base de datos de documentos reconocidos, en **W/ m²°C**.

- $U_{Acri,N}$ Es la transmitancia térmica de cada cerramiento transparente (normalmente el tipo de Acristalamiento de cada hueco) de cada componente de la envolvente de cada orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) en **W/m²°C**.
- $S_{M,N}$ Es la superficie total de todos los cerramientos opacos (normalmente M-MURO, CU-CUBIERTA, Sst-SUELO SOBRE TERRENO) de la vivienda de acuerdo a la orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) en **m²**.
- $S_{p,N}$ Es la superficie total de la puerta de acuerdo a la orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) en **m²**.
- $S_{Acri,N}$ Es la superficie total de cada cerramiento transparente (normalmente Acristalamiento de cada hueco) de la vivienda de acuerdo a la orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) en **m²**;

6.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la transmitancia térmica de cada cerramiento opaco $U_{M,N}$ debe calcularse mediante la expresión:

$$U_{M,N} = \frac{1}{R_T} \quad \text{[A.6]}$$

En donde:

R_T Es la Resistencia Térmica Total de un componente constructivo constituido por capas térmicamente homogéneas en **m²°C/ W**, según la expresión [A.7].

7.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la Resistencia Térmica Total R_T debe calcularse mediante la expresión:

$$R_T = R_{he} + R_{C1} + R_{C2} + R_{C3} + \dots + R_n + R_{hi} \quad \text{[A.7]}$$

En donde:

R_{he} Es la resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior, y corresponde a $he = 13 \text{ W/m}^2\text{°C}$ o igual a $R_{he} = 0,077 \text{ m}^2\text{°C/W}$;

$R_{C1}, R_{C2} \dots R_n$ Son las resistencias térmicas de cada capa del cerramiento definidas según la expresión [A.8] en **m²°C/W**;

R_{hi}

Es la resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en la vivienda, y corresponde a $h_i = 8,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$ o igual a $R_{hi} = 0,123 \text{ m}^2\text{°C/W}$ para superficies verticales, $h_i = 9,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$ o igual a $R_{hi} = 0,106 \text{ m}^2\text{°C/W}$ para superficies horizontales con flujo de calor hacia arriba (Cubierta) y $h_i = 6,6 \text{ W/m}^2\text{°C}$ o igual a $R_{hi} = 0,152 \text{ m}^2\text{°C/W}$ para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo (Suelo sobre terreno).

8.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtienen las resistencias de cada capa del cerramiento $R_{C1}, R_{C2} \dots R_n$ térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_C = \frac{e}{\lambda} \quad \text{[A.8]}$$

En donde:

e Es el espesor de cada capa, en **m**. (En caso de que una capa sea de espesor variable se considerará el espesor medio);

λ Es la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de base de datos de documentos reconocidos, en **W/m°C**.

9.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la Masa Térmica total MT debe calcularse mediante la expresión:

$$MT = \sum_i^{Opacos} Mt_i \quad \text{[A.9]}$$

En donde:

$\sum_i^{Opacos} Mt_i$ Es la sumatoria de la masa térmica de los diferentes cerramientos que conforman la parte opaca (normalmente M-MURO, CU-CUBIERTA, Sst-SUELO SOBRE TERRENO, quedando exentas las p-PUERTAS) de cada componente de la envolvente de acuerdo a su orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA, Sst-SUELO SOBRE TERRENO) en **Joules/°C**, tomando en cuenta todas las capas que conforman los cerramientos según la expresión [A.10].

10.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la sumatoria de la Masa Térmica Mt_i , debe calcularse mediante la expresión:

$$Mt_i = S_i \cdot \left((e \cdot \rho \cdot c_p)_{C1} + (e \cdot \rho \cdot c_p)_{C2} + (e \cdot \rho \cdot c_p)_{C3} + \dots \right) \quad \text{[A.10]}$$

En donde:

- S_i Es la superficie total del cerramiento opaco (normalmente M-MURO, CU-CUBIERTA, Sst-SUELO SOBRE TERRENO) de acuerdo a su orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA, Sst-SUELO SOBRE TERRENO) en m^2 ;
- e Es el espesor de cada capa, en **m**. (En caso de que una capa sea de espesor variable se considerará el espesor medio);
- ρ Es la densidad del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de base de datos de documentos reconocidos, en **kg/m³**.
- c_p Es el calor específico del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de base de datos de documentos reconocidos, en **Joules/kg°C**.

11.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la Demanda de Calefacción mensual D_{Calef} de la VIS, viene dada por la siguiente expresión:

$$D_{Calef}(1mes) = \left(\left(\sum_i^{OpAcri} U_i S_i \cdot (T_{D_{INVIERNO}} - T_{iPm}) \right) \cdot hrs_{mes} \right) / 1000 \quad \text{[A.11]}$$

En donde:

D_{Calef} Es la Demanda de Calefacción de la vivienda en **kWh**;

$\sum_i^{OpAcri} U_i \cdot S_i$ Es la sumatoria para los diferentes cerramientos de su parte opaca (normalmente M-MURO, CU-CUBIERTA, Sst-SUELO SOBRE TERRENO) y de su parte transparente (normalmente Acristalamientos de cada hueco) de cada componente de la envolvente de acuerdo a su orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) en **W/°C**. Cada cerramiento tendrá un coeficiente global de transferencia de calor U_i de cada orientación i en **W/m²°C**.

Por ejemplo, un cerramiento típico de una parte opaca de un muro, está formado por un aplanado exterior, tabique o Block de concreto y un repellado interior; que se multiplica por el área del cerramiento S_i de acuerdo a cada orientación i , en **m²**, según la expresión [A.5];

$T_{D_{INVIERNO}}$ Es la consigna (según la especificación del que calcula) de la Temperatura Deseada de Invierno en **°C**;

T_{iPm} Es la temperatura interior promedio mensual de la vivienda en **°C**;

hrs_{mes} Es el número de **horas** totales que tiene el mes que se calcula.

Si se desea calcular la Demanda de Calefacción de un día del mes en particular debe calcularse mediante la expresión:

$$D_{Calef}(1día) = \left(\left(\sum_i^{OpAcri} U_i S_i \cdot (T_{D_{INVIERNO}} - T_{iPd}) \right) \cdot 24 \right) / 1000 \quad \text{[A.12]}$$

En donde:

T_{iPd} Es la temperatura interior promedio diaria de la vivienda en **°C**;

Si se desea calcular la Demanda de Calefacción de una hora del día en particular debe calcularse mediante la expresión:

$$D_{Calef}(1hora) = \left(\sum_i^{OpAcric} U_i S_i \cdot (T_{D_{INVIERNO}} - T_i) \right) / 1000 \quad \text{[A.13]}$$

En donde:

T_i Es la temperatura interior calculada de la vivienda en °C;

12.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la Demanda de Refrigeración mensual $D_{Re\ fri}$ de la VIS, viene dada por la siguiente expresión:

$$D_{Re\ fri}(1mes) = \left(\left(\sum_i^{OpAcric} U_i S_i \cdot (T_{iPm} - T_{D_{VERANO}}) \right) \cdot hrs_{mes} \right) / 1000 \quad \text{[A.14]}$$

En donde:

$D_{Re\ fri}$ Es la Demanda de Refrigeración de la vivienda en kWh;

$\sum_i^{OpAcric} U_i \cdot S_i$ Es la sumatoria para los diferentes cerramientos de su parte opaca (normalmente M-MURO, CU-CUBIERTA, Sst-SUELO SOBRE TERRENO) y de su parte transparente (normalmente Acristalamientos de cada hueco) de cada componente de la envolvente de acuerdo a su orientación i (normalmente N-NORTE, E-ESTE, S-SUR, O-OESTE, CU-CUBIERTA) en **W/°C**. Cada cerramiento tendrá un coeficiente global de transferencia de calor U_i de cada orientación i en **W/m²°C**.

Por ejemplo, un cerramiento típico de una parte opaca de un muro, está formado por un aplanado exterior, tabique o Block de concreto y un repellado interior; que se multiplica por el área del cerramiento S_i de acuerdo a cada orientación i , en **m²**, según la expresión [A.5];

T_{iPm} Es la temperatura interior promedio mensual de la vivienda en °C;

$T_{D_{VERANO}}$ Es la consigna (según la especificación del que calcula) de la Temperatura Deseada de Verano en **C°**;

hrs_{mes} Es el número de **horas** totales que tiene el mes que se calcula.

Si se desea calcular la Demanda de Calefacción de un día del mes en particular debe calcularse mediante la expresión:

$$D_{Re\ fri}(1día) = \left(\left(\sum_i^{OpAcri} U_i S_i \cdot (T_{iPd} - T_{DVERANO}) \right) \cdot 24 \right) / 1000 \quad \text{[A.15]}$$

En donde:

T_{iPd} Es la temperatura interior promedio diaria de la vivienda en °C;

Si se desea calcular la Demanda de Calefacción de una hora del día en particular debe calcularse mediante la expresión:

$$D_{Re\ fri}(1hora) = \left(\sum_i^{OpAcri} U_i S_i \cdot (T_i - T_{DVERANO}) \right) / 1000 \quad \text{[A.16]}$$

En donde:

T_i Es la temperatura interior calculada de la vivienda en °C;

13.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene el Total de emisiones de dióxido de carbono $CO_{2Totales}$ de la VIS en un año, viene dada por la siguiente expresión:

$$CO_{2Totales} = \sum CO_{2Calef} + \sum CO_{2Re\ fri} \quad \text{[A.17]}$$

En donde:

$CO_{2Totales}$ Es la suma de las emisiones que producen la demanda de calefacción más la demanda de refrigeración en un año, en **kg**;

$\sum CO_{2Calef}$ Es la sumatoria de emisiones de dióxido de carbono por calefacción que produce la vivienda en los meses establecidos como Invierno que tienen una demanda de calefacción, en **kg**, según la expresión [A.18];

$\sum CO_{2Re\ fri}$ Es la sumatoria de emisiones de dióxido de carbono por refrigeración que produce la vivienda en los meses establecidos como Verano que tienen una demanda de refrigeración, en **kg**, según la expresión [A.19].

14.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la sumatoria de emisiones de dióxido de carbono por calefacción $\sum CO_{2Calef}$ debe calcularse mediante la expresión:

$$\sum CO_{2Calef} = (D_{Calef\ Enero} \cdot f_{CO_2}) + (D_{Calef\ Febrero} \cdot f_{CO_2}) + \dots + (D_{Calef\ Diciembre} \cdot f_{CO_2}) \quad \text{[A.18]}$$

En donde:

$D_{Calef\ Enero}$ Son las demandas de calefacción que tiene los meses establecidos como Invierno, en **kWh**;

f_{CO_2} Es el factor de emisiones de CO_2 de acuerdo al tipo de combustible que se utilice para calefaccionar, en este procedimiento establecido para Gas Natural o Gas LP en **0,195 kgCO₂/kWh**.

15.- La formula a utilizar en el cálculo con la que se obtiene la sumatoria de emisiones de dióxido de carbono por refrigeración $\sum CO_{2Re\ fri}$ debe calcularse mediante la expresión:

$$\sum CO_{2Re\ fri} = (D_{Re\ fri\ Junio} \cdot f_{CO_2}) + (D_{Re\ fri\ Julio} \cdot f_{CO_2}) + \dots + (D_{Calef\ Agosto} \cdot f_{CO_2}) \quad \text{[A.19]}$$

En donde:

$D_{Re\ fri\ Junio}$ Son las demandas de refrigeración que tiene los meses establecidos como Verano, en **kWh**;

f_{CO_2} Es el factor de emisiones de CO_2 de acuerdo al tipo de combustible que se utilice para refrigerar, en este procedimiento establecido para Electricidad en **0,685 kgCO₂/kWh**.

Hoja de Cálculo de referencia

El procedimiento alternativo de cálculo que se propone y que se determina a través de las formulaciones matemáticas antes descritas y que han sido desarrolladas exclusivamente para este trabajo de investigación.

Están descritas y han sido ingresadas en una hoja de cálculo del programa informático Microsoft Excel que desarrolla y realiza de manera automática los cálculos al ingresar los 37 datos que describen la VIS necesarios para su utilización antes mencionados.

Mostrando como resultado gráficas de temperatura interior y exterior, el balance energético de los cerramientos de la VIS, las demandas de Calefacción, Refrigeración y las Emisiones de dióxido de carbono en periodos de tiempo mensual, diario y horario de todo un año, así como los datos numéricos del cálculo realizado.

Propuesta de Modelo de Etiqueta

La etiqueta de Calificación de Eficiencia Energética para la VIS se ajustará al contenido de la figura 69.

1 → **CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIS**

3 → Ubicación de la Vivienda

4 → REFERENCIA CATASTRAL -----
AÑO DE CONSTRUCCIÓN -----
LEGISTALACIÓN APLICABLE -----
DIRECCIÓN -----
COLONIA -----
CIUDAD -----
ESTADO -----
CÓDIGO POSTAL -----
TELÉFONO - E-MAIL -----

6 → Escala de Calificación Energética

	Demanda de Calefacción (kWh / año)	Producción de CO ² (kg / año)	Demanda de Refrigeración (kWh / año)
A++ más eficiente			000
A+	000		
A		000	
B			
C			
D			
E menos eficiente			

5 →

7 →

8 →

9 → Certificador - Clave de Unidad de Verificación

10 → NOMBRE COMPLETO -----
RAZON SOCIAL -----
TITULACIÓN HABILITANE -----
Nº DE REGISTRO -----
TELÉFONO ----- FAX -----
E-MAIL -----

11 → Notas: La consigna de Temperatura Deseada de Invierno es:
La consigna de Temperatura Deseada de Verano es:

12 → FECHA -----

Figura 69: Modelo de Etiqueta de Calificación de Eficiencia Energética para la VIS

Se tendrá en cuenta las siguientes precisiones:

i. La etiqueta medirá 200 mm de ancho y 260 mm de alto, y se centrará en una hoja de papel blanca tamaño carta de 216 mm por 279 mm. El formato es único y su contenido deberá mantener las proporciones de las citadas especificaciones.

ii. Los colores serán de acuerdo a la configuración de colores RGB (Red, Green, Blue / Rojo, Verde, Azul) del programa de Microsoft, Power point; con arreglo al ejemplo: 0-176-80: rojo 0, verde 176, azul 80.

iii. La etiqueta cumplirá todos los requisitos siguientes (los números se refieren a la figura anterior):

1.- Título de la etiqueta ancho: 200 mm - alto: 15 mm - fondo blanco: 255-255-255. Una línea "CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIS" fuente Arial 28 pt, color 0-0-0, en tipo negrita, borde trazo de 3 pto color verde 0-176-80.

2.- Contorno de la etiqueta trazo 3 pto de 200 mm de ancho y 260 mm de alto, color verde 0-176-80.

3.- Etiqueta ancho: 200 mm - alto: 13 mm - fondo: 255-255-255. Una línea "Ubicación de la Vivienda" fuente Arial 20 pt, en tipo normal.

4.- Datos de la VIS: Tabla rectangular de nueve filas de 6 mm y dos columnas, la primera de 64 mm y la segunda de 136 mm: total ancho: 200 mm - alto: 54 mm - bordes color verde 0-176-80, texto en mayúsculas, en tipo normal.

Primera columna:

a.- Texto "REFERENCIA CATASTRAL" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

b.- Texto "AÑO DE CONSTRUCCIÓN" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

c.- Texto "LEGISLACIÓN APLICABLE" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

d.- Texto "DIRECCIÓN" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

e.- Texto "COLONIA" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

f.- Texto "CIUDAD" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

g.- Texto "ESTADO" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

h.- Texto "CÓDIGO POSTAL" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

i.- Texto "TELÉFONO - E-MAIL" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

Segunda columna:

En color blanco 255-255-255. (para introducción del datos del usuario en fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal; o de forma manual).

5.- Rectángulo ancho: 196 mm - alto: 108 mm - fondo color: 217-217-217.

6.- Etiqueta ancho: 90 mm - alto: 10 mm - sin fondo. Una línea "Escala de Calificación Energética" fuente Arial 16 pt, en tipo normal.

a.- Rectángulo ancho: 33 mm - alto: 18 mm, texto "Demanda de Calefacción (kWh / año)" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

b.- Rectángulo ancho: 33 mm - alto: 18 mm, texto "Producción de CO² (kg / año)" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

c.- Rectángulo ancho: 33 mm - alto: 18 mm, texto "Demanda de Refrigeración (kWh / año)" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

7.- Escala de **A++** (más eficiente) a **E** (menos eficiente):

a. Forma pentágono ancho: para clase A 36,4 mm - para clase G 90,9 mm - alto: 10 mm - espacio: 02 mm - colores:

- Clase A++: 75-172-198.

- Clase A+: 79-129-189.

- Clase A: 155-187-89.

- Clase B: 119-147-60.

- Clase C: 255-192-0.

- Clase D: 247-150-70.

- Clase E: 192-80-77.

b. Texto "A++" - "E": fuente Arial 16 pt, mayúsculas, color 255-255-255, tipo normal.

c. Texto "más eficiente", "menos eficiente": fuente subíndice Arial 12 pt, color 255-255-255, tipo normal.

8.- Calificación energética:

a. Forma pentágono ancho: 28 mm - alto: 10 mm, color 0-0-0.

b. Valor fuente Arial 16 pt, color 255-255-255, tipo normal.

9.- Etiqueta ancho: 200 mm - alto: 1 mm - fondo: 255-255-255. Una línea "Certificador - Clave de Unidad de Verificación" fuente Arial 20 pt, en tipo normal.

10.- Datos del certificador: Tabla rectangular de seis filas de 6 mm y dos columnas, la primera de 64 mm y la segunda de 136 mm: total ancho: 200 mm - alto: 36 mm - bordes color verde 0-176-80, texto en mayúsculas, en tipo normal.

Primera columna:

a.- Texto "NOMBRE COMPLETO" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

b.- Texto "RAZÓN SOCIAL" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

c.- Texto "TITULACIÓN HABILITABLE" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

d.- Texto "Nº DE REGISTRO" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

e.- Texto "TELEFONO - FAX" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

f.- Texto "E-MAIL" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

Segunda columna:

En color blanco 255-255-255. (para introducción del datos del usuario en fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal; o de forma manual).

11.- Etiqueta ancho: 200 mm - alto: 12 mm - fondo: 255-255-255. Una línea "Notas: La consigna de Temperatura Deseada de Invierno es: espacio, La consigna de Temperatura Deseada de Verano es:" fuente Arial 12 pt, en tipo normal.

12.- Datos de la fecha de elaboración: Tabla rectangular de una fila de 6 mm y dos columnas, la primera de 64 mm y la segunda de 136 mm: total ancho: 200 mm - alto: 6 mm - bordes color verde 0-176-80, texto en mayúsculas, en tipo normal.

Primera columna:

a.- Texto "FECHA" fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal.

Segunda columna:

En color blanco 255-255-255. (para introducción del datos del usuario en fuente Arial 12 pt - color: 0-0-0, tipo normal; o de forma manual).

Conclusiones Parciales

Ya que la VIS cuenta con características específicas y particulares es posible realizar una escala de calificación propia, los valores propuestos dentro de la escala de calificación para la VIS son valores a los que la vivienda con mejoras en su envolvente constructiva puede acceder.

Dentro de la Escala se incorporan correctamente los dos casos muestra de estudio que forman la base de la calificación siendo la VIS U Básica el escenario más desfavorable y la VIS U CTE una situación favorable a la que se le pueden incorporar aun mejoras, dando la posibilidad de aumentar el rango de calificación.

La propuesta del Procedimiento Alternativo para el cálculo energético de la VIS, incorpora la utilización de datos climáticos reales, a los cuales y de acuerdo a la descripción de datos de la vivienda con una manera sencilla y con la mínima cantidad de datos 37 de la vivienda es posible desarrollar un método de cálculo alternativo.

Que en el Procedimiento Alternativo se puedan visualizar y conocer las formulaciones matemáticas que se utilizan en el método de cálculo, es de gran ayuda para el usuario, ya que puede conocer todos los aspectos que son necesarios y que debe tener en cuenta al realizar la calificación de la VIS; que el método de cálculo no se encuentre escondido “tras bambalinas” es una guía de los pasos que debe seguir el usuario para utilizar correctamente el procedimiento.

El modelo de etiqueta que se propone es informativo y cumple con los lineamientos de la normativa mexicana NOM-020-ENER-2011, lo cual la hace viable como propuesta de utilización en la zona de estudio.

CAPÍTULO V

VERIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO

Verificación del Procedimiento Alternativo a la VIS / U Básica.....	179
Verificación del Procedimiento Alternativo a la VIS / U CTE.....	195
Interpretación y comparación de resultados.....	214
Conclusiones parciales.....	219

Verificación del procedimiento alternativo

Se ha utilizado la hoja de cálculo de referencia, donde se sigue lo establecido en el capítulo IV; las celdas con relleno azul claro son los datos de información y las celdas con relleno verde claro identifican los datos necesarios para desarrollar el cálculo, el formato completo de la hoja de cálculo así como los datos se encuentran en el anexo de esta investigación.

La hoja de cálculo de referencia está dividida en 4 pestañas azules donde se ingresan los datos de la vivienda:

- 1.- DATOS PROYECTO - CLIMÁTICOS
- 2.- DATOS VIVIENDA - GEOMÉTRICOS
- 3.- DATOS CERRAMIENTOS "U" OPACOS
- 4.- DATOS "U" ACRISTALAMIENTOS

Y 7 pestañas verdes donde se muestran los resultados numéricos y gráficos de la vivienda:

- 1.- TEMPERATURA INTERIOR
- 2.- DEMANDA CALEF-REFRI MENSUAL
- 3.- CO₂ MENSUAL
- 4.- DEMANDA CALEF-REFRI DIARIA
- 5.- CO₂ DIARIO
- 6.- DEMANDA CALEF-REFRI HORARIA
- 7.- CO₂ HORARIO

Verificación del Procedimiento Alternativo a la VIS / U Básica

El primer paso para el desarrollo del procedimiento es establecer los datos de la vivienda que se van analizar en este caso la VIS U Básica en la pestaña 1 "DATOS PROYECTO-CLIMÁTICOS", especificando los datos generales del proyecto, como se muestra en la figura 70:

DATOS GENERALES DEL PROYECTO			
PROPIETARIO			
NOMBRE COMPLETO	LUIS MATATIAS BARAJAS SALDAÑA		
DIRECCIÓN	MALLORCA, 198		
COLONIA	EIXAMPLE ESQUERRA		
CIUDAD	BARCELONA		
ESTADO	BARCELONA		
CÓDIGO POSTAL	08036		
TELÉFONO - E-MAIL	628 600 063	luismb_42@hotmail.com	
UBICACIÓN DE LA VIVIENDA			
NOMBRE	VIS SALTILLO 70m ²		
REFERENCIA CATASTRAL	-----		
AÑO DE CONSTRUCCIÓN	-----		
LEGISLACIÓN APLICABLE	-----		
DIRECCIÓN	-----		
COLONIA	-----		
CIUDAD	SALTILLO		
ESTADO	COAHUILA		
CÓDIGO POSTAL	-----		
TELÉFONO - E-MAIL	628 600 063	luismb_42@hotmail.com	
CERTIFICADOR - UNIDAD DE VERIFICACIÓN			
NOMBRE COMPLETO	VIS U BASICA		
RAZÓN SOCIAL	-----		
TITULACIÓN HABILITANTE	-----		
DIRECCIÓN	-----		
COLONIA	-----		
CIUDAD	-----		
ESTADO	-----		
CÓDIGO POSTAL	-----	Nº DE REGISTRO	-----
TELÉFONO	-----	FAX	-----
E-MAIL	-----		

Figura 70: Datos generales del proyecto de la verificación de la VIS U Básica

En esta se muestra los datos necesarios del PROPIETARIO de la vivienda:

- 1.- Nombre completo - Nombre de la persona a la quien pertenece la vivienda.
- 2.- Dirección - Nombre de la vía pública o privada y número de donde reside.
- 3.- Colonia - Nombre de la colonia donde se ubica la vía.
- 4.- Ciudad - Nombre de la ciudad donde se ubica la colonia.
- 5.- Estado - Nombre del estado del que forma parte la ciudad.
- 6.- Código postal - Numero postal de 5 dígitos.
- 7.- Teléfono - e-mail - Número de contacto y dirección electrónica de contacto.

La UBICACIÓN DE LA VIVIENDA dentro de la zona de estudio:

- 1.- Nombre - Nombre que identifica la vivienda.
- 2.- Referencia catastral - Numero de identificación del inmueble.
- 3.- Año de construcción - Año de construcción de la vivienda.
- 4.- Legislación aplicable - Normativa que rige el análisis.
- 5.- Dirección - Nombre de la vía pública o privada y número donde se emplaza la vivienda.
- 6.- Colonia - Nombre de la colonia donde se ubica la vía.
- 7.- Ciudad - Nombre de la ciudad donde se ubica la colonia.
- 8.- Estado - Nombre del estado del que forma parte la ciudad.
- 9.- Código postal - Numero postal de 5 dígitos.
- 10.- Teléfono - e-mail - Número de contacto y dirección electrónica de contacto.

Y el profesional CERTIFICADOR O UNIDAD DE VERIFICACIÓN según sea el caso de quien realice el análisis:

- 1.- Nombre completo - Nombre de la persona que realiza el cálculo.
- 2.- Razón social - Nombre identificador legal de la empresa o persona física.
- 3.- Titulación habilitante- Nombre de la profesión o titulación académica.
- 4.- Dirección - Nombre de la vía pública o privada y número de donde reside.
- 5.- Colonia - Nombre de la colonia donde se ubica la vía.
- 6.- Ciudad - Nombre de la ciudad donde se ubica la colonia.
- 7.- Estado - Nombre del estado del que forma parte la ciudad.
- 8.- Código postal - Numero postal de 5 dígitos.
- 9.- N° de registro - Numero identificador si esta registrado como Unidad de Verificación o en su defecto cedula profesional.
- 10.- Teléfono - Numero de contacto.
- 11.- Fax - Numero para envío de documentos.
- 12.- E-mail - Dirección electrónica de contacto.

El siguiente paso es ingresar los 37 datos necesarios de la descripción de la vivienda; los dos primeros en la pestaña 1.- "DATOS PROYECTO - CLIMÁTICOS" que son las temperaturas de consigna de invierno, de verano en grados centígrados y se establecen en:

La consigna de Temperatura Deseada de Invierno es: **20 °C**

La consigna de Temperatura Deseada de Verano es: **26 °C**

En la pestaña 2.- "DATOS VIVIENDA - GEOMÉTRICOS" se ingresan los siguientes 20 datos geométricos necesarios de la vivienda en metros cuadrados, el coeficiente de obstrucción y sombra y se establecen según la figura 71:

PERIMETRO DE LA VIVIENDA	39,95	m			
ALTURA DE SUELO A TECHO DE LA VIVIENDA	2,60	m			
VOLUMEN HABITABLE	169,728	m3			
CERRAMIENTOS OPACOS	AREA m2	VOLUMEN m3	PESO Kg	MASA JOULES/Cº	
MURO NORTE	12,98	1,56	1826,94	1826935,00	
PUERTA NORTE	1,80				
MURO ESTE	19,75	2,37	2779,81	2779812,50	
PUERTA ESTE	2,60				
MURO SUR	13,36	1,60	1880,42	1880420,00	
PUERTA SUR	0,00				
MURO OESTE	32,79	3,93	4615,19	4615192,50	
PUERTA OESTE	0,00				
CUBIERTA	65,28	17,63	14345,28	14345280,00	
SUELO SOBRE TERRENO	65,28	9,79	25132,80	25132800,00	
TOTAL	213,84	36,88	50580,44	50580440,00	
ACRISTALAMIENTOS	AREA m2				
VENTANA NORTE	1,68				
VENTANA ESTE	1,50				
VENTANA SUR	4,47				
VENTANA OESTE	0,00				
CUBIERTA	0,00				
TOTAL	7,65				
FACTOR DE ORIENTACIÓN Y COEFICIENTE DE OBSTRUCCIÓN Y SOMBRA					
	25º25'				
Orientación	f mx	Cos			
N	0,70	1,00			
E	1,59	1,00			
S	1,31	1,00			
O	1,64	1,00			
CUBIERTA	3,22	1,00			
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA GANANCIA INTERNA					
MENSUAL	1,00				
DIARIO	1,00				
HORARIO	1,00				
TIEMPO	86400	s			
h	m	s			
24	60	60			

Figura 71: Datos geométricos del proyecto de la verificación de la VIS U Básica

En la pestaña 3.- "DATOS CERRAMIENTOS "U" OPACOS" se ingresan y establecen los datos de las partes opacas de los cerramientos de cada una de sus orientaciones, que son los siguientes 10 datos necesarios para el cálculo como se ve en las figuras 72 - 81:

MURO NORTE									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750	0,010	0,30	1000,00	625,00	0,13	79,81	79812,50	0,033
1	BH convencional espesor 100 mm	0,100	0,63	1000,00	1210,00	1,28	1545,17	1545170,00	0,160
2	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,010	0,56	1000,00	1350,00	0,13	172,40	172395,00	0,018
hi		1	8,1						0,123
TOTAL		0,12						U	2,43

Figura 72: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo del Muro Norte VIS U Básica

MURO ESTE									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750	0,010	0,30	1000,00	625,00	0,21	132,06	132062,50	0,033
1	BH convencional espesor 100 mm	0,100	0,63	1000,00	1210,00	2,11	2556,73	2556730,00	0,160
2	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,010	0,56	1000,00	1350,00	0,21	285,26	285255,00	0,018
hi		1	8,1						0,123
TOTAL		0,12						U	2,43

Figura 73: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo del Muro Este VIS U Básica

MURO SUR									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750	0,010	0,30	1000,00	625,00	0,13	83,50	83500,00	0,033
1	BH convencional espesor 100 mm	0,100	0,63	1000,00	1210,00	1,34	1616,56	1616560,00	0,160
2	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,010	0,56	1000,00	1350,00	0,13	180,36	180360,00	0,018
hi		1	8,1						0,123
TOTAL		0,12						U	2,43

Figura 74: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo del Muro Sur VIS U Básica

MURO OESTE									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750	0,010	0,30	1000,00	625,00	0,33	204,94	204937,50	0,033
1	BH convencional espesor 100 mm	0,100	0,63	1000,00	1210,00	3,28	3967,59	3967590,00	0,160
2	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,010	0,56	1000,00	1350,00	0,33	442,67	442665,00	0,018
hi		1	8,1						0,123
TOTAL		0,12						U	2,43

Figura 75: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo del Muro Oeste VIS U Básica

CUBIERTA									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750	0,010	0,30	1000,00	625,00	0,65	408,00	408000,00	0,033
1	FU Entrevigado de EPS mecanizado enrasado -Canto 250 mm	0,250	0,27	1000,00	800,00	16,32	13056,00	13056000,00	0,940
2	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,010	0,56	1000,00	1350,00	0,65	881,28	881280,00	0,018
hi		1	9,4						0,106
TOTAL		0,27						U	0,85

Figura 76: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo de la Cubierta VIS U Básica

SUELO SOBRE TERRENO									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Hormigón armado d > 2500	0,100	2,50	1000,00	2600,00	6,53	16972,80	16972800,00	0,040
1	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Plaqueta o baldosa de gres	0,050	2,30	1000,00	2500,00	3,26	8160,00	8160000,00	0,022
hi		1	6,6						0,152
TOTAL		0,15						U	3,45

Figura 77: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo del Suelo sobre terreno VIS U Básica

PUERTA NORTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Puerta	Puerta Madera	1	2,20

Figura 78: Definición del material de las puertas Norte VIS U Básica

PUERTA ESTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Puerta	Puerta Madera	1	2,20

Figura 79: Definición del material de las puertas Este VIS U Básica

PUERTA SUR			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
-----	-----	0	0,00

Figura 80: Definición del material de las puertas Sur VIS U Básica

PUERTA OESTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
-----	-----	0	0,00

Figura 81: Definición del material de las puertas Oeste VIS U Básica

En la pestaña 4.- "DATOS "U" ACRISTALAMIENTOS" se ingresan y establecen los datos de las partes transparentes de los cerramientos de cada una de sus orientaciones, que son los últimos 5 datos necesarios para el cálculo como se ve en las figuras 82 - 86:

ACRISTALAMIENTO NORTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Sencillo	Vidrio Sencillo 4 mm	1	5,70

Figura 82: Definición del tipo de acristalamiento de las Ventanas Norte VIS U Básica

ACRISTALAMIENTO ESTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Sencillo	Vidrio Sencillo 4 mm	1	5,70

Figura 83: Definición del tipo de acristalamiento de las Ventanas Este VIS U Básica

ACRISTALAMIENTO SUR			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Sencillo	Vidrio Sencillo 4 mm	1	5,70

Figura 84: Definición del tipo de acristalamiento de las Ventanas Sur VIS U Básica

ACRISTALAMIENTO OESTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Sencillo	Vidrio Sencillo 4 mm	1	5,70

Figura 85: Definición del tipo de acristalamiento de las Ventanas Oeste VIS U Básica

ACRISTALAMIENTO CUBIERTA			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
-----	-----	0	0,00

Figura 86: Definición del tipo de acristalamiento de la Cubierta VIS U Básica

Una vez ingresados y establecidos los datos necesarios el siguiente paso es de realizar los cálculos a través de las formulaciones matemáticas del método establecido.

La utilización de las formulas matemáticas se pueden realizar a partir de los datos de la vivienda ingresados y de los datos climáticos establecidos para promedios mensuales, promedios diarios o datos horarios. Para ejemplificar como realiza los cálculos se muestra la sustitución de las expresiones en las formulaciones por valores numéricos.

La fórmula [A.1] para obtener la Temperatura interior calculada T_i dice:

$$T_i = T_e + \frac{Gi_{Totales} \cdot f_{Gi}}{\sum_i^{OpAcric} U_i \cdot S_i} \left(1 - \exp \left(- t \cdot \sum_i^{OpAcric} U_i \cdot S_i / MT \right) \right)$$

Si sustituimos lo expresado por valores numéricos de cada mes del año según la tabla 34:

	$\sum U_i S_i$ OPACOS	TEMPERATURA EXTERIOR	FACTOR GANANCIAS INTERNAS	tiempo	Masa	GANANCIAS INTERNAS TOTALES
	W/°C	°C		segundos	joules/°C	W
PROMEDIO ENERO	525,495	13,80	1	86400	50580440,00	1754,80
PROMEDIO FEBRERO	525,495	15,06	1	86400	50580440,00	1798,25
PROMEDIO MARZO	525,495	17,91	1	86400	50580440,00	1903,42
PROMEDIO ABRIL	525,495	20,97	1	86400	50580440,00	1949,85
PROMEDIO MAYO	525,495	24,43	1	86400	50580440,00	2003,09
PROMEDIO JUNIO	525,495	24,16	1	86400	50580440,00	1911,43
PROMEDIO JULIO	525,495	24,23	1	86400	50580440,00	1774,20
PROMEDIO AGOSTO	525,495	23,53	1	86400	50580440,00	1372,66
PROMEDIO SEPTIEMBRE	525,495	21,10	1	86400	50580440,00	1567,80
PROMEDIO OCTUBRE	525,495	19,00	1	86400	50580440,00	1926,94
PROMEDIO NOVIEMBRE	525,495	16,07	1	86400	50580440,00	1709,31
PROMEDIO DICIEMBRE	525,495	13,34	1	86400	50580440,00	1601,88

Tabla 34: Valores de sustitución de cada mes del año para obtener la Temperatura interior calculada de la VIS U Básica

Para el mes de enero:

$$T_e = 13,80 \text{ C}^\circ$$

$$Gi_{Totales} = 1754,80 \text{ W}$$

$$f_{Gi} = 1$$

$$\sum_i^{OpAcric} U_i \cdot S_i = 525,495 \text{ W / C}^\circ$$

$$t = 86400 \text{ Segundos}$$

$$MT = 50580440,00 \text{ Joules / } ^\circ\text{C}$$

Tenemos que:

$$T_i = 13,80 + \frac{1754,80.1}{525,495} \cdot (1 - \exp(-86400.525,495/50580440,00))$$

Por lo tanto:

$$T_i = 15,78 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Repitiendo la sustitución para cada mes del año los valores resultados de la temperatura interior calculada T_i se observan según la tabla 35:

	TEMPERATURA INTERIOR CALCULADA
	$^\circ\text{C}$
PROMEDIO ENERO	15,78
PROMEDIO FEBRERO	17,09
PROMEDIO MARZO	20,06
PROMEDIO ABRIL	23,17
PROMEDIO MAYO	26,68
PROMEDIO JUNIO	26,31
PROMEDIO JULIO	26,23
PROMEDIO AGOSTO	25,08
PROMEDIO SEPTIEMBRE	22,87
PROMEDIO OCTUBRE	21,17
PROMEDIO NOVIEMBRE	18,00
PROMEDIO DICIEMBRE	15,15

Tabla 35: Temperatura interior calculada de cada mes del año para la VIS U Básica

Una vez obtenida la temperatura interior calculada, la formula [A.11] para obtener la Demanda de Calefacción mensual D_{Calef} dice:

$$D_{Calef}(1mes) = \left(\left(\sum_i^{OpAcri} U_i S_i \cdot (T_{D_{INVIERNO}} - T_{iPm}) \right) \cdot hrs_{mes} \right) / 1000$$

Si sustituimos lo expresado por valores numéricos de cada mes del año según las tablas 35 y 36:

	$\Sigma U_i S_i$ OPACOS	TEMPERATUR A DESEADA INVIERNO	TOTAL HORAS AL MES
	W/°C	°C	Hrs
ENERO	525,495	20	744
FEBRERO	525,495	20	672
MARZO	525,495	20	744
ABRIL	525,495	20	720
MAYO	525,495	20	744
JUNIO	525,495	20	720
JULIO	525,495	20	744
AGOSTO	525,495	20	744
SEPTIEMBRE	525,495	20	720
OCTUBRE	525,495	20	744
NOVIEMBRE	525,495	20	720
DICIEMBRE	525,495	20	744

Tabla 36: Valores de sustitución de cada mes del año para obtener la demanda de calefacción de la VIS U Básica

Para el mes de enero:

$$\sum_i^{OpAcri} U_i \cdot S_i = 525,495 \text{ W / } ^\circ\text{C}$$

$$T_{D_{INVIERNO}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{iPm} = 15,78 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$hrs_{mes} = 744 \text{ hrs}$$

Tenemos que:

$$D_{Calef}(1mes) = ((525,495 \cdot (20 - 15.78)) \cdot 744) / 1000$$

Por lo tanto:

$$D_{Calef} = 1650,18 \text{ kWh}$$

Repitiendo la sustitución para cada mes del año los valores resultados de la demanda de calefacción D_{Calef} se observan según la tabla 37:

	DEMANDA DE CALEFACCIÓN
	kWh
ENERO	1650,18
FEBRERO	1028,66
MARZO	-23,09
ABRIL	-1199,55
MAYO	-2613,57
JUNIO	-2387,54
JULIO	-2435,58
AGOSTO	-1986,93
SEPTIEMBRE	-1085,92
OCTUBRE	-459,22
NOVIEMBRE	756,66
DICIEMBRE	1896,01

Tabla 37: Demanda de calefacción de cada mes del año para la VIS U Básica

Una vez obtenidos los valores resultados para la demanda de calefacción, la formula [A.14] para obtener la Demanda de Refrigeración mensual $D_{Re\ fri}$ dice:

$$D_{Re\ fri}(1mes) = \left(\left(\sum_i^{OpAcri} U_i S_i \cdot (T_{i\ Pm} - T_{D_{VERANO}}) \right) \cdot hrs_{mes} \right) / 1000$$

Si sustituimos lo expresado por valores numéricos de cada mes del año según las tablas 37 y 38:

	$\Sigma U_i S_i$ OPACOS	TEMPERATURA DESEADA INVIERNO	TOTAL HORAS AL MES
	W/°C	°C	Hrs
ENERO	525,495	26	744,000
FEBRERO	525,495	26	672,000
MARZO	525,495	26	744,000
ABRIL	525,495	26	720,000
MAYO	525,495	26	744,000
JUNIO	525,495	26	720,000
JULIO	525,495	26	744,000
AGOSTO	525,495	26	744,000
SEPTIEMBRE	525,495	26	720,000
OCTUBRE	525,495	26	744,000
NOVIEMBRE	525,495	26	720,000
DICIEMBRE	525,495	26	744,000

Tabla 38: Valores de sustitución de cada mes del año para obtener la demanda de refrigeración de la VIS U Básica

Para el mes de enero:

$$\sum_i^{OpAcri} U_i \cdot S_i = 525,495 \text{ W / } ^\circ\text{C}$$

$$T_{iPm} = 15,78 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{D_{VERANO}} = 26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$hrs_{mes} = 744 \text{ hrs}$$

Tenemos que:

$$D_{Re\ fri}(1mes) = ((525,495 \cdot (15,78 - 26)) \cdot 744) / 1000$$

Por lo tanto:

$$D_{Re\ fri} = -3995,99 \text{ kWh}$$

Repitiendo la sustitución para cada mes del año los valores resultados de la demanda de refrigeración $D_{Re\ fri}$ se observan según la tabla 39:

	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
	kWh
ENERO	-3995,99
FEBRERO	-3147,46
MARZO	-2322,72
ABRIL	-1070,59
MAYO	267,76
JUNIO	117,40
JULIO	89,77
AGOSTO	-358,88
SEPTIEMBRE	-1184,22
OCTUBRE	-1886,59
NOVIEMBRE	-3026,80
DICIEMBRE	-4241,82

Tabla 39: Demanda de refrigeración de cada mes del año para la VIS U Básica

Una vez obtenidos los valores resultados para las demandas de calefacción y refrigeración, la formula [A.17] para obtener la producción total de emisiones de dióxido de carbono CO_2

$CO_{2Totales}$ dice:

$$CO_{2Totales} = \sum CO_{2Calef} + \sum CO_{2Re\ fri}$$

Para obtener la sumatoria de emisiones de dióxido de carbono por calefacción $\sum CO_{2Calef}$ y la sumatoria de emisiones de dióxido de carbono por refrigeración $\sum CO_{2Re\ fri}$, la formula [A.18 y A.19] dice:

$$\sum CO_{2Calef} = (D_{Calef_{Enero}} \cdot f_{CO_2}) + (D_{Calef_{Febrero}} \cdot f_{CO_2}) + \dots + (D_{Calef_{Diciembre}} \cdot f_{CO_2})$$

Si sustituimos lo expresado por los valores numéricos de la demanda de calefacción de cada mes de Invierno del año según la tabla 37, despreciando los valores negativos:

Tenemos que:

$$\sum CO_{2Calef} = (165018.0,195) + (102866.0,195) + (0.0,195) + (0.0,195) + (75666.0,195) + (189601.0,195)$$

Por lo tanto:

$$\sum CO_{2Calef} = 1039,64 \text{ kg}$$

$$\sum CO_{2Re\ fri} = (D_{Re\ fri_{Junio}} \cdot f_{CO_2}) + (D_{Re\ fri_{Julio}} \cdot f_{CO_2}) + \dots + (D_{Calef_{Agosto}} \cdot f_{CO_2})$$

Si sustituimos lo expresado por los valores numéricos de la demanda de refrigeración de cada mes de Verano del año según la tabla 39, despreciando los valores negativos:

Tenemos que:

$$\sum CO_{2Calef} = (0,0,685) + (267,76,0,685) + (117,40,0,685) + (89,77,0,685) + (0,0,685) + (0,0,685)$$

Por lo tanto:

$$\sum CO_{2Calef} = 325,33 \text{ kg}$$

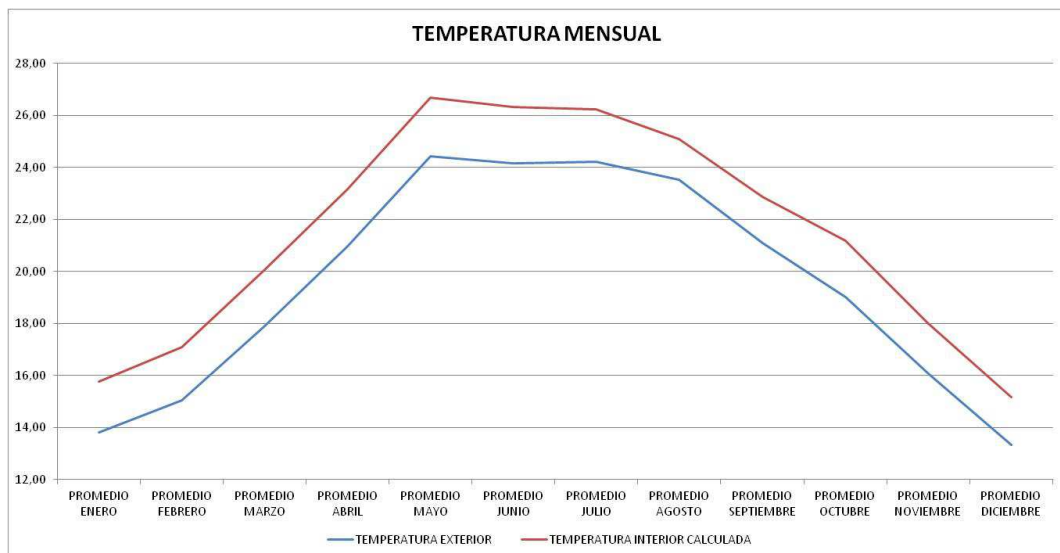
Si sustituimos lo expresado por valores numéricos de la sumatoria de emisiones de dióxido de carbono por calefacción $\sum CO_{2Calef}$ y refrigeración $\sum CO_{2Re\ fri}$ tenemos que:

$$CO_{2Totales} = 1039,64 + 325,33$$

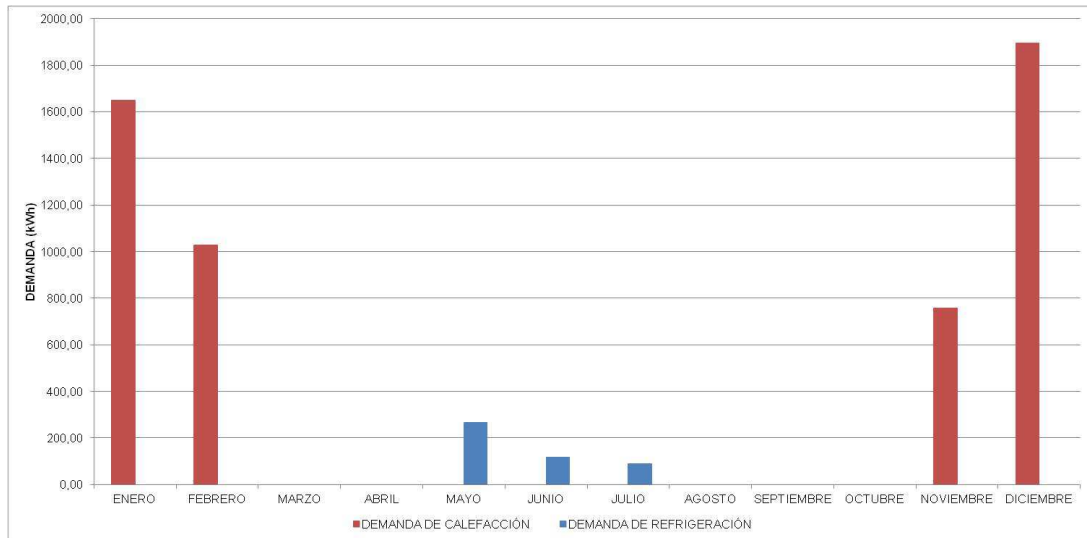
Por lo tanto:

$$CO_{2Totales} = 1364,97 \text{ kg}$$

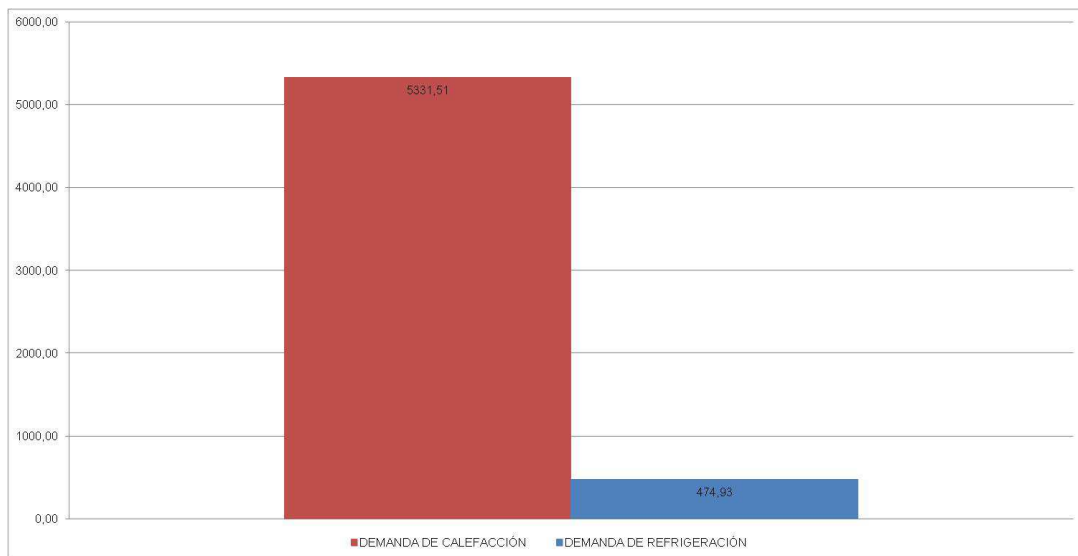
Una vez realizado el cálculo y obtenido los resultados mensuales por medio de las formulaciones matemáticas del Procedimiento Alternativo tenemos para todo el año las gráficas 36 - 40.



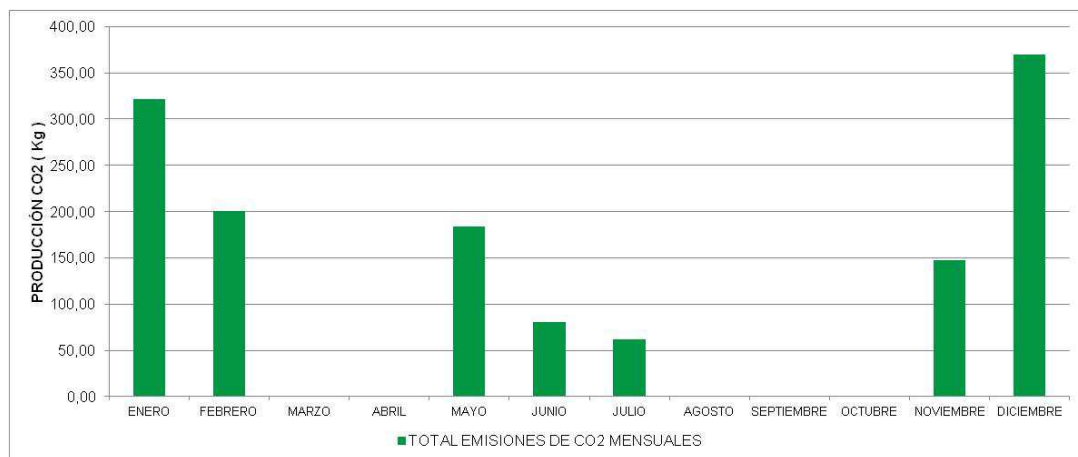
Gráfica 36: Gráfica del promedio Mensual de temperatura exterior y temperatura interior calculada de la VIS U Básica



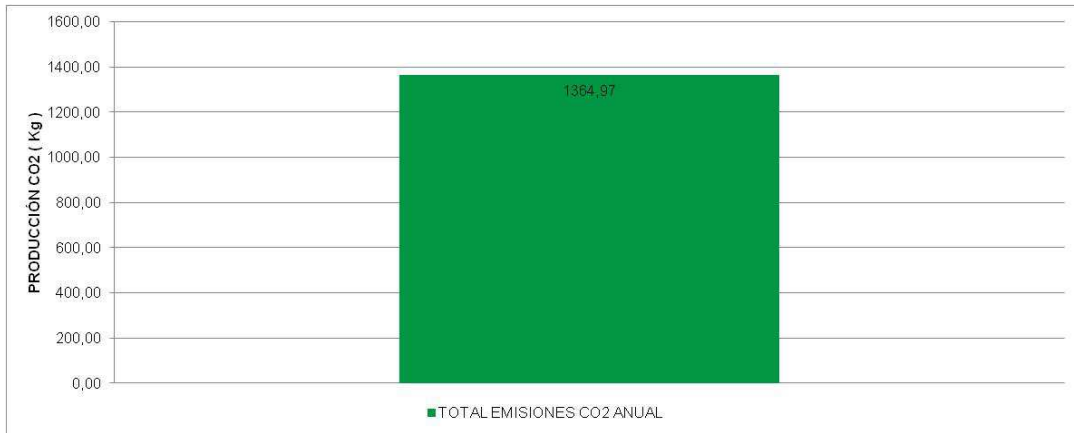
Gráfica 37: Gráfica de las Demandas mensuales de calefacción y refrigeración de la VIS U Básica



Gráfica 38: Gráfica de la Demanda total anual de calefacción y refrigeración de la VIS U Básica



Gráfica 39: Gráfica de la Producción de emisiones de dióxido CO₂ mensual de la VIS U Básica



Gráfica 40: Gráfica de la Producción total anual de emisiones de dióxido de CO₂ de la VIS U Básica

Los totales establecidos para la VIS U BÁSICA son:

Demanda de Calefacción anual = **5331,51 kWh**

Demanda de Refrigeración anual = **474,93 kWh**

Producción de emisiones de dióxido de carbono CO₂ anuales = **1364,97 kg**

Estos resultados se ubican y posicionan dentro de las escalas de calificación que se proponen para la VIS según el capítulo IV, y se ajusta al contenido del modelo de etiqueta de calificación energética la cual es el resultado final y que muestra la eficiencia de la vivienda, de acuerdo a lo establecido, la etiqueta para la VIS U BÁSICA se muestra en la figura 87:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIS			
Ubicación de la Vivienda			
REFERENCIA CATASTRAL	VIS U BÁSICA		
AÑO DE CONSTRUCCIÓN	-----		
LEGISTALACIÓN APLICABLE	-----		
DIRECCIÓN	-----		
COLONIA	-----		
CIUDAD	-----		
ESTADO	-----		
CÓDIGO POSTAL	-----		
TELÉFONO - E-MAIL	-----	-----	-----
Escala de Calificación Energética	Demanda de Calefacción (kWh / año)	Producción de CO ² (kg / año)	Demanda de Refrigeración (kWh / año)
A++ <small>más eficiente</small>			
A+			
A			
B			475
C		1365	
D	5332		
E <small>menos eficiente</small>			
Certificador - Clave de Unidad de Verificación			
NOMBRE COMPLETO	-----		
RAZON SOCIAL	-----		
TITULACIÓN HABILITANTE	-----		
Nº DE REGISTRO	-----		
TELÉFONO	-----	FAX	-----
E-MAIL	-----		
Notas:	La consigna de Temperatura Deseada de Invierno es: 20 °C La consigna de Temperatura Deseada de Verano es: 26 °C		
FECHA	-----		

Figura 87: Resultado final del modelo de Etiqueta de Calificación Energética de la VIS U Básica

Verificación del Procedimiento Alternativo a la VIS / U CTE

El primer paso para el desarrollo del procedimiento es establecer los datos de la vivienda que se van analizar en este caso la VIS U CTE en la pestaña 1 "DATOS PROYECTO - CLIMÁTICOS", especificando los datos generales del proyecto, como se muestra en la figura 88:

DATOS GENERALES DEL PROYECTO			
PROPIETARIO			
NOMBRE COMPLETO	LUIS MATATIAS BARAJAS SALDAÑA		
DIRECCIÓN	MALLORCA, 198		
COLONIA	EIXAMPLE ESQUERRA		
CIUDAD	BARCELONA		
ESTADO	BARCELONA		
CÓDIGO POSTAL	08036		
TELÉFONO - E-MAIL	628 600 063	luismb_42@hotmail.com	
UBICACIÓN DE LA VIVIENDA			
NOMBRE	VIS SALTILLO 70m ²		
REFERENCIA CATASTRAL	-----		
AÑO DE CONSTRUCCIÓN	-----		
LEGISLACIÓN APLICABLE	-----		
DIRECCIÓN	-----		
COLONIA	-----		
CIUDAD	SALTILLO		
ESTADO	COAHUILA		
CÓDIGO POSTAL	-----		
TELÉFONO - E-MAIL	628 600 063	luismb_42@hotmail.com	
CERTIFICADOR - UNIDAD DE VERIFICACIÓN			
NOMBRE COMPLETO	VIS U CTE		
RAZÓN SOCIAL	-----		
TITULACIÓN HABILITANTE	-----		
DIRECCIÓN	-----		
COLONIA	-----		
CIUDAD	-----		
ESTADO	-----		
CÓDIGO POSTAL	-----	Nº DE REGISTRO	-----
TELÉFONO	-----	FAX	-----
E-MAIL	-----		

Figura 88: Datos generales del proyecto de la verificación de la VIS U CTE

En esta se muestra los datos necesarios del PROPIETARIO de la vivienda:

- 1.- Nombre completo - Nombre de la persona a la quien pertenece la vivienda.
- 2.- Dirección - Nombre de la vía pública o privada y número de donde reside.
- 3.- Colonia - Nombre de la colonia donde se ubica la vía.
- 4.- Ciudad - Nombre de la ciudad donde se ubica la colonia.
- 5.- Estado - Nombre del estado del que forma parte la ciudad.
- 6.- Código postal - Numero postal de 5 dígitos.
- 7.- Teléfono - e-mail - Número de contacto y dirección electrónica de contacto.

La UBICACIÓN DE LA VIVIENDA dentro de la zona de estudio:

- 1.- Nombre - Nombre que identifica la vivienda.
- 2.- Referencia catastral - Numero de identificación del inmueble.
- 3.- Año de construcción - Año de construcción de la vivienda.
- 4.- Legislación aplicable - Normativa que rige el análisis.
- 5.- Dirección - Nombre de la vía pública o privada y número donde se emplaza la vivienda.
- 6.- Colonia - Nombre de la colonia donde se ubica la vía.
- 7.- Ciudad - Nombre de la ciudad donde se ubica la colonia.
- 8.- Estado - Nombre del estado del que forma parte la ciudad.
- 9.- Código postal - Numero postal de 5 dígitos.
- 10.- Teléfono - e-mail - Número de contacto y dirección electrónica de contacto.

Y el profesional CERTIFICADOR O UNIDAD DE VERIFICACIÓN según sea el caso de quien realice el análisis:

- 1.- Nombre completo - Nombre de la persona que realiza el cálculo.
- 2.- Razón social - Nombre identificador legal de la empresa o persona física.
- 3.- Titulación habilitante- Nombre de la profesión o titulación académica.
- 4.- Dirección - Nombre de la vía pública o privada y número de donde reside.
- 5.- Colonia - Nombre de la colonia donde se ubica la vía.
- 6.- Ciudad - Nombre de la ciudad donde se ubica la colonia.
- 7.- Estado - Nombre del estado del que forma parte la ciudad.
- 8.- Código postal - Numero postal de 5 dígitos.
- 9.- N° de registro - Numero identificador si esta registrado como Unidad de Verificación o en su defecto cedula profesional.
- 10.- Teléfono - Numero de contacto.
- 11.- Fax - Numero para envío de documentos.
- 12.- E-mail - Dirección electrónica de contacto.

El siguiente paso es ingresar los 37 datos necesarios de la descripción de la vivienda; los dos primeros en la pestaña 1.- "DATOS PROYECTO - CLIMÁTICOS" que son las temperaturas de consigna de invierno, de verano en grados centígrados y se establecen en:

La consigna de Temperatura Deseada de Invierno es: **20 °C**

La consigna de Temperatura Deseada de Verano es: **26 °C**

En la pestaña 2.- "DATOS VIVIENDA - GEOMÉTRICOS" se ingresan los siguientes 20 datos geométricos necesarios de la vivienda en metros cuadrados, el coeficiente de obstrucción y sombra y se establecen según la figura 89:

PERIMETRO DE LA VIVIENDA	39,95	m			
ALTURA DE SUELO A TECHO DE LA VIVIENDA	2,60	m			
VOLUMEN HABITABLE	169,728	m3			
CERRAMIENTOS OPACOS	AREA m2	VOLUMEN m3	PESO Kg	MASA JOULES/Cº	
MURO NORTE	12,98	2,21	1852,90	1852895,00	
PUERTA NORTE	1,80				
MURO ESTE	19,75	3,36	2819,31	2819312,50	
PUERTA ESTE	2,60				
MURO SUR	13,36	2,27	1907,14	1907140,00	
PUERTA SUR	0,00				
MURO OESTE	32,79	5,57	4680,77	4680772,50	
PUERTA OESTE	0,00				
CUBIERTA	65,28	20,89	14475,84	14475840,00	
SUELO SOBRE TERRENO	65,28	13,06	25263,36	25263360,00	
TOTAL	213,84	47,36	50999,32	50999320,00	
ACRISTALAMIENTOS	AREA m2				
VENTANA NORTE	1,68				
VENTANA ESTE	1,50				
VENTANA SUR	4,47				
VENTANA OESTE	0,00				
CUBIERTA	0,00				
TOTAL	7,65				
FACTOR DE ORIENTACIÓN Y COEFICIENTE DE OBSTRUCCIÓN Y SOMBRA					
	25º25'				
Orientación	f mx	Cos			
N	0,70	1,00			
E	1,59	1,00			
S	1,31	1,00			
O	1,64	1,00			
CUBIERTA	3,22	1,00			
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA GANANCIA INTERNA					
MENSUAL	1,00				
DIARIO	1,00				
HORARIO	1,00				
TIEMPO	86400	s			
h	m	s			
24	60	60			

Figura 89: Datos geométricos del proyecto de la verificación de la VIS U CTE

En la pestaña 3.- "DATOS CERRAMIENTOS "U" OPACOS" se ingresan y establecen los datos de las partes opacas de los cerramientos de cada una de sus orientaciones, que son los siguientes 10 datos necesarios para el cálculo como se ve en las figuras 90 - 99:

MURO NORTE									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750	0,010	0,30	1000,00	625,00	0,13	79,81	79812,50	0,033
1	BH convencional espesor 100 mm	0,100	0,63	1000,00	1210,00	1,28	1545,17	1545170,00	0,160
2	MW Lana mineral [0.04 W/(mK)]	0,050	0,04	1000,00	40,00	0,64	25,54	25540,00	1,250
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,010	0,56	1000,00	1350,00	0,13	172,40	172395,00	0,018
hi		1	8,1						0,123
TOTAL		0,17						U	0,60

Figura 90: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo del Muro Norte VIS U CTE

MURO ESTE									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750	0,010	0,30	1000,00	625,00	0,21	132,06	132062,50	0,033
1	BH convencional espesor 100 mm	0,100	0,63	1000,00	1210,00	2,11	2556,73	2556730,00	0,160
2	MW Lana mineral [0.04 W/(mK)]	0,050	0,04	1000,00	40,00	1,06	42,26	42260,00	1,250
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,010	0,56	1000,00	1350,00	0,21	285,26	285255,00	0,018
hi		1	8,1						0,123
TOTAL		0,17						U	0,60

Figura 91: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo del Muro Este VIS U CTE

MURO SUR									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750	0,010	0,30	1000,00	625,00	0,13	83,50	83500,00	0,033
1	BH convencional espesor 100 mm	0,100	0,63	1000,00	1210,00	1,34	1616,56	1616560,00	0,160
2	MW Lana mineral [0.04 W/(mK)]	0,050	0,04	1000,00	40,00	0,67	26,72	26720,00	1,250
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,010	0,56	1000,00	1350,00	0,13	180,36	180360,00	0,018
hi		1	8,1						0,123
TOTAL		0,17						U	0,60

Figura 92: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo del Muro Sur VIS U CTE

MURO OESTE									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750	0,010	0,30	1000,00	625,00	0,33	204,94	204937,50	0,033
1	BH convencional espesor 100 mm	0,100	0,63	1000,00	1210,00	3,28	3967,59	3967590,00	0,160
2	MW Lana mineral [0.04 W/(mK)]	0,050	0,04	1000,00	40,00	1,64	65,58	65580,00	1,250
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,010	0,56	1000,00	1350,00	0,33	442,67	442665,00	0,018
hi		1	8,1						0,123
TOTAL		0,17						U	0,60

Figura 93: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo del Muro Oeste VIS U CTE

CUBIERTA									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 500 < d < 750	0,010	0,30	1000,00	625,00	0,65	408,00	408000,00	0,033
1	FU Entrevigado de EPS mecanizado enrasado -Canto 250 mm	0,250	0,27	1000,00	800,00	16,32	13056,00	1305600,00	0,940
2	MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,050	0,04	1000,00	40,00	3,26	130,56	130560,00	1,250
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,010	0,56	1000,00	1350,00	0,65	881,28	881280,00	0,018
hi		1	9,4						0,106
TOTAL		0,32						U	0,41

Figura 94: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo de la Cubierta VIS U CTE

SUELO SOBRE TERRENO									
CAPAS	MATERIALES	ESPESOR	Conductividad	Calor específico	Densidad	VOLUMEN	PESO	MASA	R
he		1	13						0,077
EXTERIOR	Hormigón armado d > 2500	0,100	2,50	1000,00	2600,00	6,53	16972,80	16972800,00	0,040
1	MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,050	0,04	1000,00	40,00	3,26	130,56	130560,00	1,250
2	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	-----	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INTERIOR	Plaqueta o baldosa de gres	0,050	2,30	1000,00	2500,00	3,26	8160,00	8160000,00	0,022
hi		1	6,6						0,152
TOTAL		0,20						U	0,65

Figura 95: Definición de las capas de materiales que integran el sistema constructivo del Suelo sobre terreno VIS U CTE

PUERTA NORTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Puerta	Puerta Madera	1	2,20

Figura 96: Definición del material de las puertas Norte VIS U CTE

PUERTA ESTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Puerta	Puerta Madera	1	2,20

Figura 97: Definición del material de las puertas Este VIS U CTE

PUERTA SUR			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
-----	-----	0	0,00

Figura 98: Definición del material de las puertas Sur VIS U CTE

PUERTA OESTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
-----	-----	0	0,00

Figura 99: Definición del material de las puertas Oeste VIS U CTE

En la pestaña 4.- "DATOS "U" ACRISTALAMIENTOS" se ingresan y establecen los datos de las partes transparentes de los cerramientos de cada una de sus orientaciones, que son los últimos 5 datos necesarios para el cálculo como se ve en las figuras 100 - 104:

ACRISTALAMIENTO NORTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Sencillo	Vidrio Sencillo 4 mm	1	5,70

Figura 100: Definición del tipo de acristalamiento de las Ventanas Norte VIS U CTE

ACRISTALAMIENTO ESTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Sencillo	Vidrio Sencillo 4 mm	1	5,70

Figura 101: Definición del tipo de acristalamiento de las Ventanas Este VIS U CTE

ACRISTALAMIENTO SUR			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Sencillo	Vidrio Sencillo 4 mm	1	5,70

Figura 102: Definición del tipo de acristalamiento de las Ventanas Sur VIS U CTE

ACRISTALAMIENTO OESTE			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
Sencillo	Vidrio Sencillo 4 mm	1	5,70

Figura 103: Definición del tipo de acristalamiento de las Ventanas Oeste VIS U CTE

ACRISTALAMIENTO CUBIERTA			
CATEGORIA	MATERIALES	NUMERO DE CAPAS	VALOR DE U
-----	-----	0	0,00

Figura 104: Definición del tipo de acristalamiento de la Cubierta VIS U CTE

Una vez ingresados y establecidos los datos necesarios el siguiente paso es de realizar los cálculos a través de las formulaciones matemáticas del método establecido.

La utilización de las formulas matemáticas se pueden realizar a partir de los datos de la vivienda ingresados y de los datos climáticos establecidos para promedios mensuales, promedios diarios o datos horarios. Para ejemplificar como realiza los cálculos se muestra la sustitución de las expresiones en las formulaciones por valores numéricos.

La fórmula [A.1] para obtener la Temperatura interior calculada T_i dice:

$$T_i = T_e + \frac{Gi_{Totales} \cdot f_{Gi}}{\sum_i^{OpAcri} U_i \cdot S_i} \left(1 - \exp \left(- t \cdot \sum_i^{OpAcri} U_i \cdot S_i / MT \right) \right)$$

Si sustituimos lo expresado por valores numéricos de cada mes del año según la tabla 40:

	$\sum U_i S_i$ OPACOS	TEMPERATURA EXTERIOR	FACTOR GANANCIAS INTERNAS	tiempo	Masa	GANANCIAS INTERNAS TOTALES
	W/°C	°C		segundos	joules/°C	W
PROMEDIO ENERO	170,070	13,80	1	86400	50999320,00	1754,80
PROMEDIO FEBRERO	170,070	15,06	1	86400	50999320,00	1798,25
PROMEDIO MARZO	170,070	17,91	1	86400	50999320,00	1903,42
PROMEDIO ABRIL	170,070	20,97	1	86400	50999320,00	1949,85
PROMEDIO MAYO	170,070	24,43	1	86400	50999320,00	2003,09
PROMEDIO JUNIO	170,070	24,16	1	86400	50999320,00	1911,43
PROMEDIO JULIO	170,070	24,23	1	86400	50999320,00	1774,20
PROMEDIO AGOSTO	170,070	23,53	1	86400	50999320,00	1372,66
PROMEDIO SEPTIEMBRE	170,070	21,10	1	86400	50999320,00	1567,80
PROMEDIO OCTUBRE	170,070	19,00	1	86400	50999320,00	1926,94
PROMEDIO NOVIEMBRE	170,070	16,07	1	86400	50999320,00	1709,31
PROMEDIO DICIEMBRE	170,070	13,34	1	86400	50999320,00	1601,88

Tabla 40: Valores de sustitución de cada mes del año para obtener la Temperatura interior calculada de la VIS U CTE

Para el mes de enero:

$$T_e = 13,80 \text{ C}^\circ$$

$$Gi_{Totales} = 1754,80 \text{ W}$$

$$f_{Gi} = 1$$

$$\sum_i^{OpAcri} U_i \cdot S_i = 170,07 \text{ W / C}^\circ$$

$$t = 86400 \text{ Segundos}$$

$$MT = 50999320,00 \text{ Joules / }^\circ\text{C}$$

Tenemos que:

$$T_i = 13,80 + \frac{1754,80.1}{170,07} \cdot (1 - \exp(-86400.170,07/50999320,00))$$

Por lo tanto:

$$T_i = 16.38 \text{ °C}$$

Repitiendo la sustitución para cada mes del año los valores resultados de la temperatura interior calculada T_i se observan según la tabla 41:

	TEMPERATURA INTERIOR CALCULADA
	°C
PROMEDIO ENERO	16,38
PROMEDIO FEBRERO	17,71
PROMEDIO MARZO	20,71
PROMEDIO ABRIL	23,84
PROMEDIO MAYO	27,37
PROMEDIO JUNIO	26,97
PROMEDIO JULIO	26,84
PROMEDIO AGOSTO	25,55
PROMEDIO SEPTIEMBRE	23,41
PROMEDIO OCTUBRE	21,84
PROMEDIO NOVIEMBRE	18,59
PROMEDIO DICIEMBRE	15,70

Tabla 41: Temperatura interior calculada de cada mes del año para la VIS U CTE

Una vez obtenida la temperatura interior calculada, la formula [A.11] para obtener la Demanda de Calefacción mensual D_{Calef} dice:

$$D_{Calef}(1mes) = \left(\left(\sum_i^{OpAcri} U_i S_i \cdot (T_{DINVERNO} - T_{iPm}) \right) \cdot hrs_{mes} \right) / 1000$$

Si sustituimos lo expresado por valores numéricos de cada mes del año según las tablas 41 y 42:

	$\Sigma U_i S_i$ OPACOS	TEMPERATUR A DESEADA INVIERNO	TOTAL HORAS AL MES
	W/°C	°C	Hrs
ENERO	170,07	20	744
FEBRERO	170,07	20	672
MARZO	170,07	20	744
ABRIL	170,07	20	720
MAYO	170,07	20	744
JUNIO	170,07	20	720
JULIO	170,07	20	744
AGOSTO	170,07	20	744
SEPTIEMBRE	170,07	20	720
OCTUBRE	170,07	20	744
NOVIEMBRE	170,07	20	720
DICIEMBRE	170,07	20	744

Tabla 42: Valores de sustitución de cada mes del año para obtener la demanda de calefacción de la VIS U CTE

Para el mes de enero:

$$\sum_i^{OpAcri} U_i \cdot S_i = 170,07 \text{ W / } ^\circ\text{C}$$

$$T_{D_{INVIERNO}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{iPm} = 16,38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$hrs_{mes} = 744 \text{ hrs}$$

Tenemos que:

$$D_{Calef}(1mes) = ((170,07 \cdot (20 - 16,38)) \cdot 744) / 1000$$

Por lo tanto:

$$D_{Calef} = 457,57 \text{ kWh}$$

Repitiendo la sustitución para cada mes del año los valores resultados de la demanda de calefacción D_{Calef} se observan según la tabla 43:

	DEMANDA DE CALEFACCIÓN
	kWh
ENERO	457,57
FEBRERO	262,12
MARZO	-90,44
ABRIL	-470,47
MAYO	-933,16
JUNIO	-853,32
JULIO	-865,58
AGOSTO	-702,88
SEPTIEMBRE	-417,58
OCTUBRE	-232,61
NOVIEMBRE	172,78
DICIEMBRE	543,80

Tabla 43: Demanda de calefacción de cada mes del año para la VIS U CTE

Una vez obtenidos los valores resultados para la demanda de calefacción, la formula [A.14] para obtener la Demanda de Refrigeración mensual $D_{Re\ fri}$ dice:

$$D_{Re\ fri}(1mes) = \left(\left(\sum_i^{OpAcri} U_i S_i \cdot (T_{i\ Pm} - T_{D_{VERANO}}) \right) \cdot hrs_{mes} \right) / 1000$$

Si sustituimos lo expresado por valores numéricos de cada mes del año según las tablas 43 y 44:

	$\Sigma U_i S_i$ OPACOS	TEMPERATURA DESEADA INVIERNO	TOTAL HORAS AL MES
	W/°C	°C	Hrs
ENERO	170,07	26	744
FEBRERO	170,07	26	672
MARZO	170,07	26	744
ABRIL	170,07	26	720
MAYO	170,07	26	744
JUNIO	170,07	26	720
JULIO	170,07	26	744
AGOSTO	170,07	26	744
SEPTIEMBRE	170,07	26	720
OCTUBRE	170,07	26	744
NOVIEMBRE	170,07	26	720
DICIEMBRE	170,07	26	744

Tabla 44: Valores de sustitución de cada mes del año para obtener la demanda de refrigeración de la VIS U CTE

Para el mes de enero:

$$\sum_i^{Opacos} U_i \cdot S_i = 170,07 \text{ W / } ^\circ\text{C}$$

$$T_{iPm} = 16,38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{D_{VERANO}} = 26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$hrs_{mes} = 744 \text{ hrs}$$

Tenemos que:

$$D_{Re\ fri}(1mes) = ((127,69 \cdot (16,38 - 26)) \cdot 744) / 1000$$

Por lo tanto:

$$D_{Re\ fri} = -1216,76 \text{ kWh}$$

Repitiendo la sustitución para cada mes del año los valores resultados de la demanda de refrigeración $D_{Re\ fri}$ se observan según la tabla 45:

	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
	kWh
ENERO	-1216,76
FEBRERO	-947,84
MARZO	-668,75
ABRIL	-264,23
MAYO	173,97
JUNIO	118,62
JULIO	106,39
AGOSTO	-56,32
SEPTIEMBRE	-317,13
OCTUBRE	-526,58
NOVIEMBRE	-907,48
DICIEMBRE	-1302,99

Tabla 45: Demanda de refrigeración de cada mes del año para la VIS U CTE

Una vez obtenidos los valores resultados para las demandas de calefacción y refrigeración, la formula [A.17] para obtener la producción total de emisiones de dióxido de carbono CO_2

$CO_{2\text{Totales}}$ dice:

$$CO_{2\text{Totales}} = \sum CO_{2\text{Calef}} + \sum CO_{2\text{Re fri}}$$

Para obtener la sumatoria de emisiones de dióxido de carbono por calefacción $\sum CO_{2\text{Calef}}$ y la sumatoria de emisiones de dióxido de carbono por refrigeración $\sum CO_{2\text{Re fri}}$, la formula [A.18 y A.19] dice:

$$\sum CO_{2\text{Calef}} = (D_{\text{Calef Enero}} \cdot f_{CO_2}) + (D_{\text{Calef Febrero}} \cdot f_{CO_2}) + \dots + (D_{\text{Calef Diciembre}} \cdot f_{CO_2})$$

Si sustituimos lo expresado por los valores numéricos de la demanda de calefacción de cada mes de Invierno del año según la tabla 43, despreciando los valores negativos:

Tenemos que:

$$\sum CO_{2\text{Calef}} = (457,57 \cdot 0,195) + (26212 \cdot 0,195) + (0 \cdot 0,195) + (0 \cdot 0,195) + (17278 \cdot 0,195) + (54380 \cdot 0,195)$$

Por lo tanto:

$$\sum CO_{2\text{Calef}} = 280,07 \text{ kg}$$

$$\sum CO_{2Re\ fri} = (D_{Re\ fri_{Junio}} \cdot f_{CO_2}) + (D_{Re\ fri_{Julio}} \cdot f_{CO_2}) + \dots + (D_{Calef_{Agosto}} \cdot f_{CO_2})$$

Si sustituimos lo expresado por los valores numéricos de la demanda de refrigeración de cada mes de Verano del año según la tabla 45, despreciando los valores negativos:

Tenemos que:

$$\sum CO_{2Calef} = (0,0,685) + (173,970,685) + (118,620,685) + (106,390,685) + (0,0,685) + (0,0,685)$$

Por lo tanto:

$$\sum CO_{2Calef} = 273,30 \text{ kg}$$

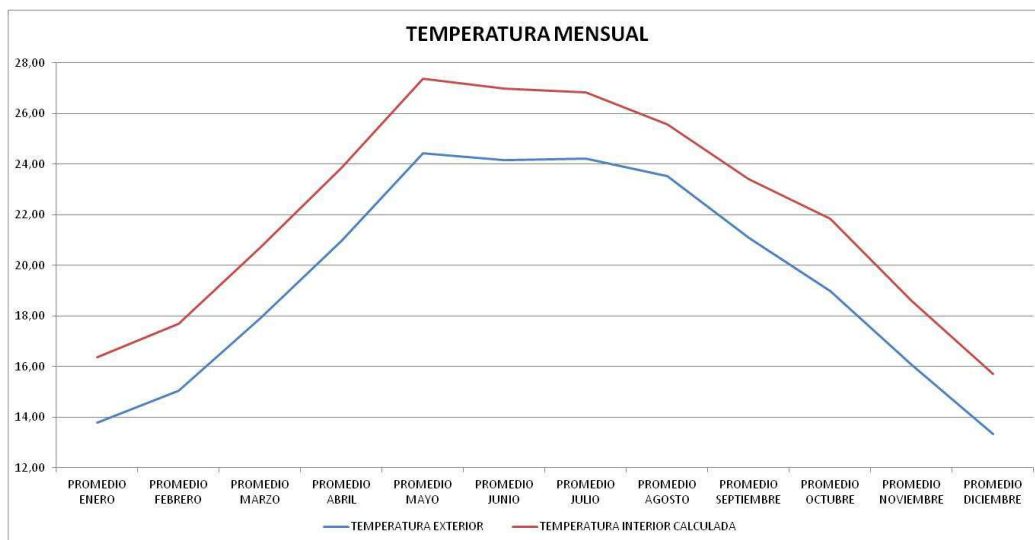
Si sustituimos lo expresado por valores numéricos de la sumatoria de emisiones de dióxido de carbono por calefacción $\sum CO_{2Calef}$ y refrigeración $\sum CO_{2Re\ fri}$ tenemos que:

$$CO_{2Totales} = 280,07 + 273,30$$

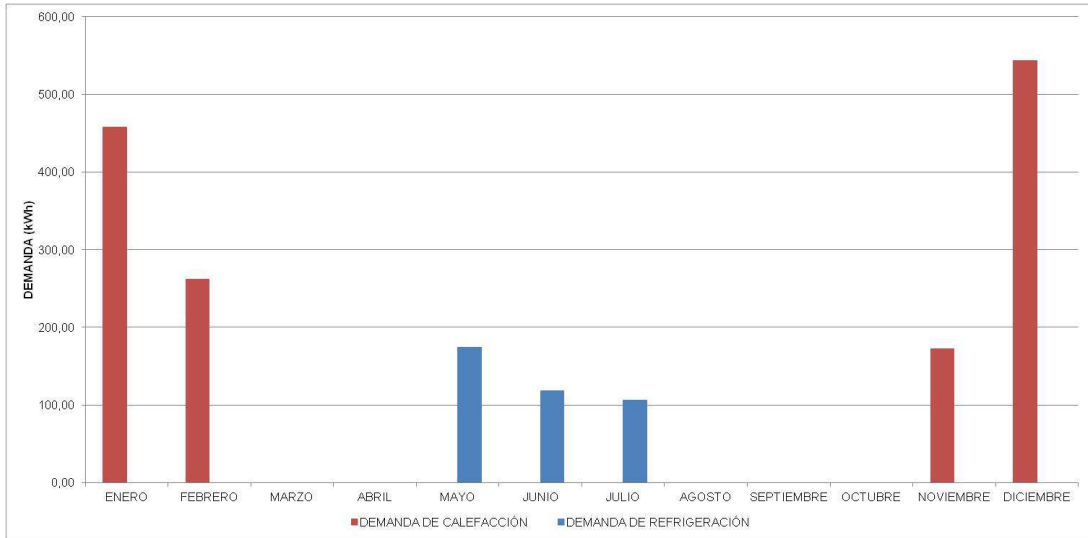
Por lo tanto:

$$CO_{2Totales} = 553,37 \text{ kg}$$

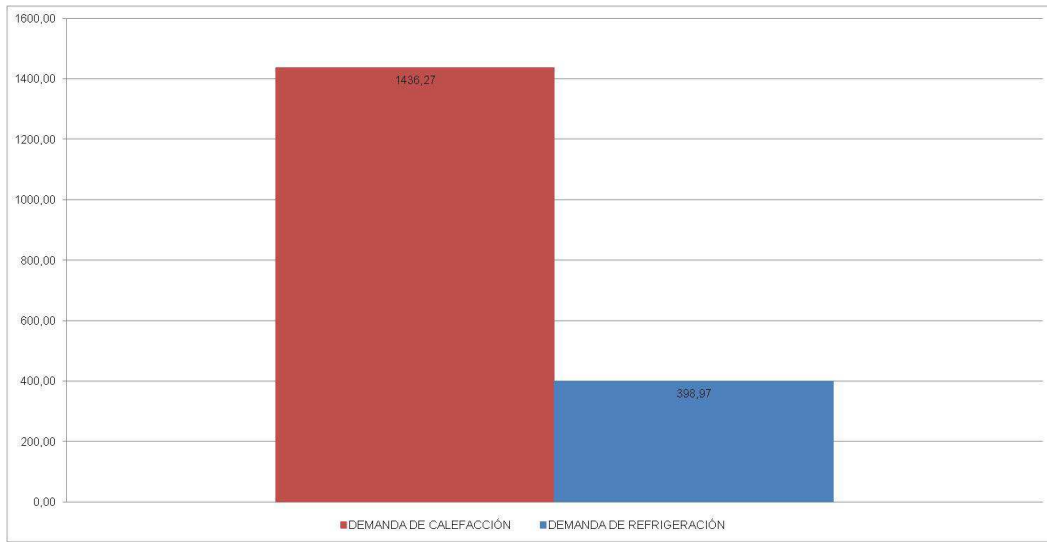
Una vez realizado el cálculo y obtenido los resultados mensuales por medio de las formulaciones matemáticas del procedimiento tenemos para todo el año las gráficas 41 - 45:



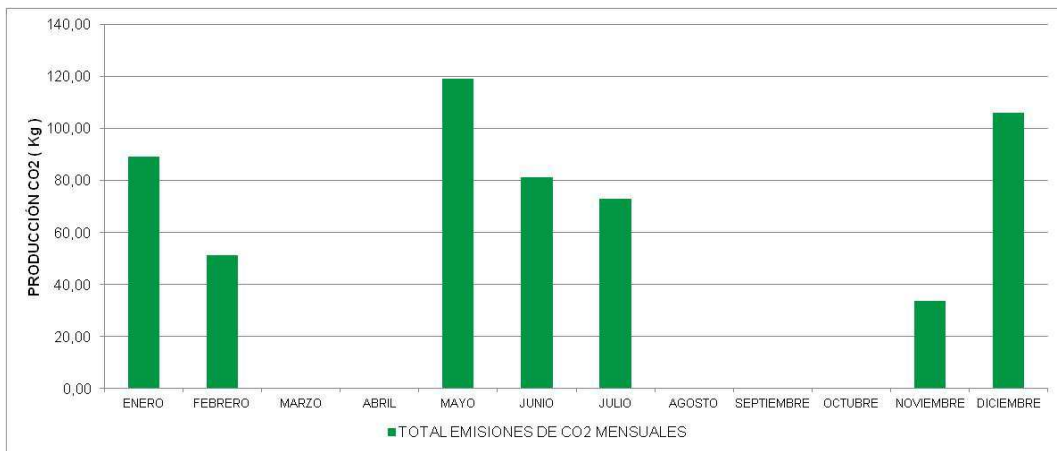
Gráfica 41: Gráfica del promedio Mensual de temperatura exterior y temperatura interior calculada de la VIS U CTE



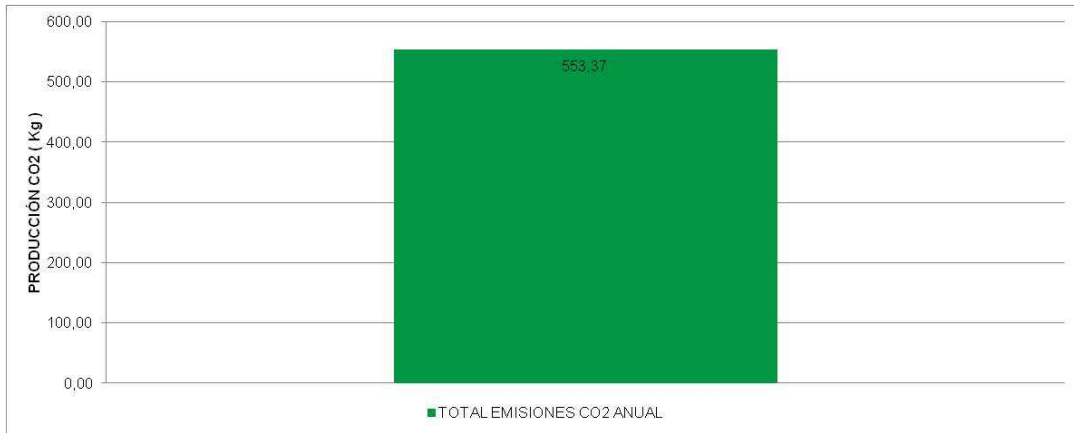
Gráfica 42: Gráfica de las Demandas mensuales de calefacción y refrigeración de la VIS U CTE



Gráfica 43: Gráfica de la Demanda total anual de calefacción y refrigeración de la VIS U CTE



Gráfica 44: Gráfica de la Producción de emisiones de dióxido CO₂ mensual de la VIS U CTE



Gráfica 45: Gráfica de la Producción total anual de emisiones de dióxido de CO₂ de la VIS U CTE

Los totales establecidos para la VIS U CTE son:

Demanda de Calefacción anual = **1436,27 kWh**

Demanda de Refrigeración anual = **398,97 kWh**

Producción de emisiones de dióxido de carbono CO₂ anuales = **553,37 kg**

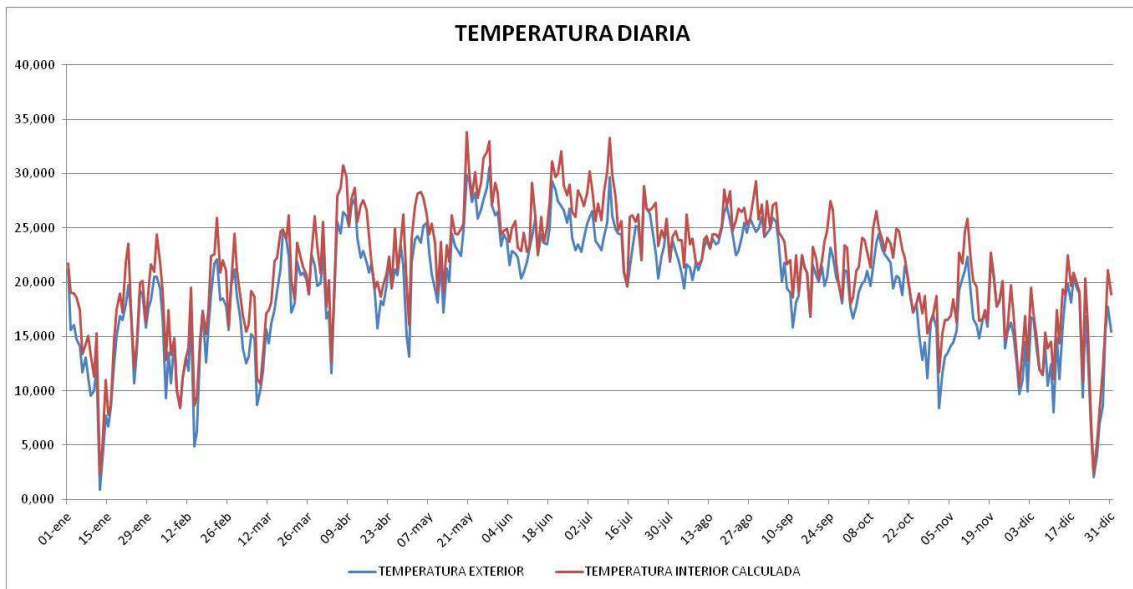
Estos resultados se ubican y posicionan dentro de las escalas de calificación que se proponen para la VIS según el capítulo IV, y se ajusta al contenido del modelo de etiqueta de calificación energética la cual es el resultado final y que muestra la eficiencia de la VIS U CTE, de acuerdo a lo establecido, la etiqueta para la VIS U CTE se muestra en la figura 105:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIS			
Ubicación de la Vivienda			
REFERENCIA CATASTRAL	VIS U CTE		
AÑO DE CONSTRUCCIÓN	-----		
LEGISTALACIÓN APLICABLE	-----		
DIRECCIÓN	-----		
COLONIA	-----		
CIUDAD	-----		
ESTADO	-----		
CÓDIGO POSTAL	-----		
TELÉFONO - E-MAIL	-----	-----	-----
Escala de Calificación Energética	Demanda de Calefacción (kWh / año)	Producción de CO ² (kg / año)	Demanda de Refrigeración (kWh / año)
A++ <small>más eficiente</small>			
A+			399
A	1436	553	
B			
C			
D			
E <small>menos eficiente</small>			
Certificador - Clave de Unidad de Verificación			
NOMBRE COMPLETO	-----		
RAZON SOCIAL	-----		
TITULACIÓN HABILITANTE	-----		
N° DE REGISTRO	-----		
TELÉFONO	-----	FAX	-----
E-MAIL	-----		
Notas:	La consigna de Temperatura Deseada de Invierno es: 20 °C La consigna de Temperatura Deseada de Verano es: 26 °C		
FECHA	-----		

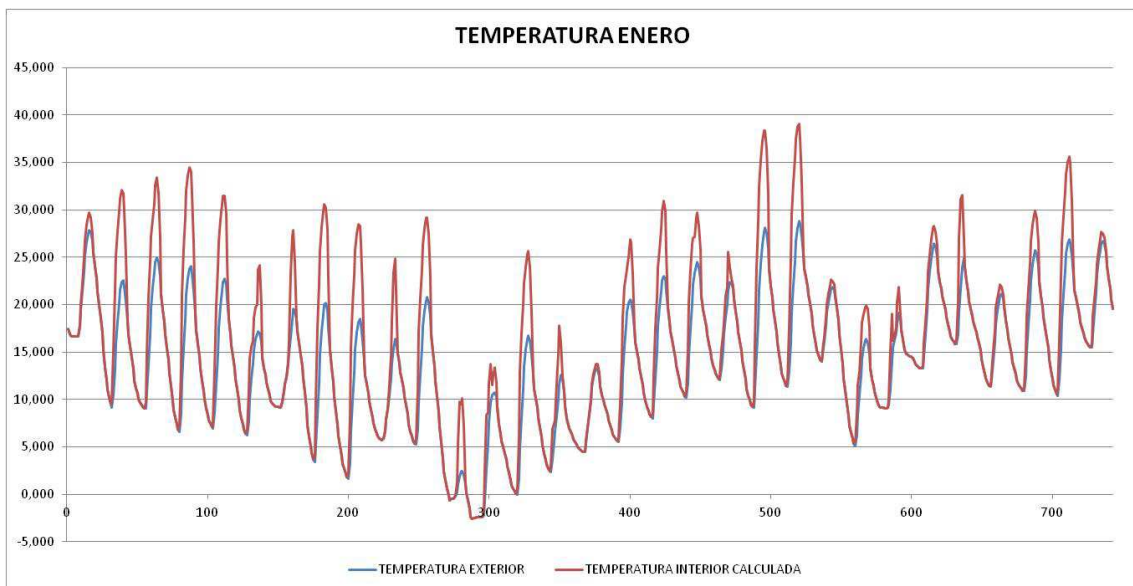
Figura 105: Resultado final del modelo de Etiqueta de Calificación Energética de la VIS U CTE

La verificación del Procedimiento Alternativo se ha realizado también con datos climáticos diarios de cada mes del año y datos horarios de cada día del año, donde se utilizan los mismos 37 datos establecidos como necesarios, los cuales se encuentran en los anexos de esta investigación; el ser una gran cantidad de datos, 365 en el caso diarios y 8760 en el caso horario, al igual que las gráficas que se generan al realizar la verificación del método de cálculo del Procedimiento Alternativo.

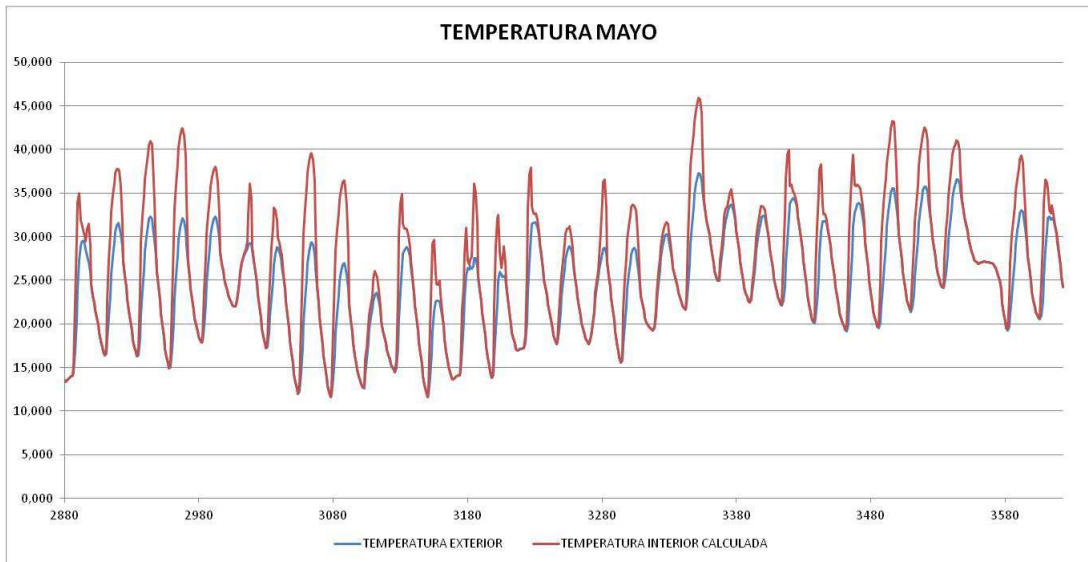
Las gráficas 46 - 53, son ejemplos de los resultados que se generan al utilizar datos diarios o datos cada hora.



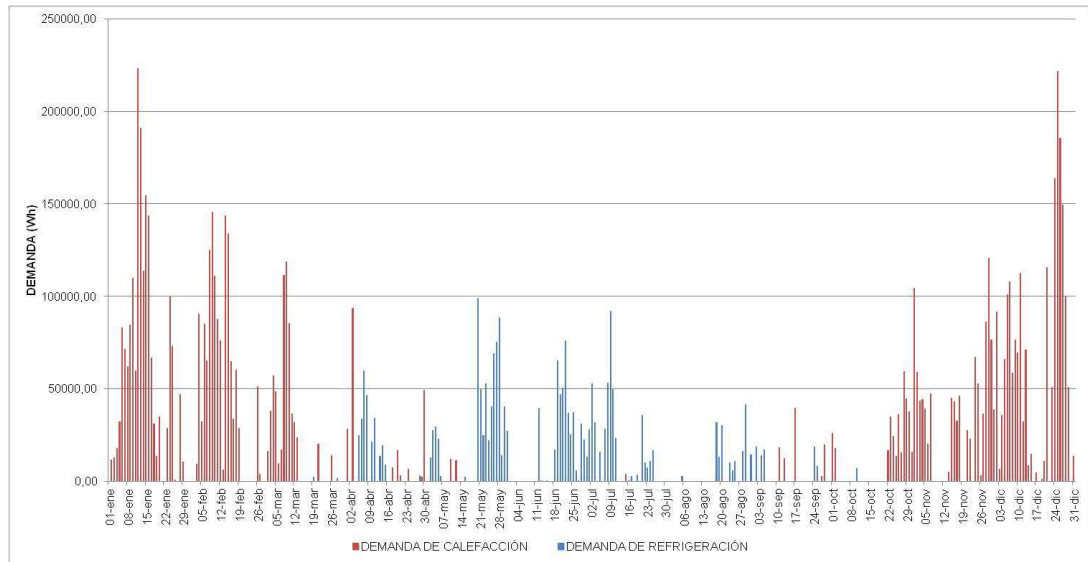
Gráfica 46: Temperatura diaria de la VIS U Básica de todo un año calculada con el Procedimiento Alternativo de la VIS



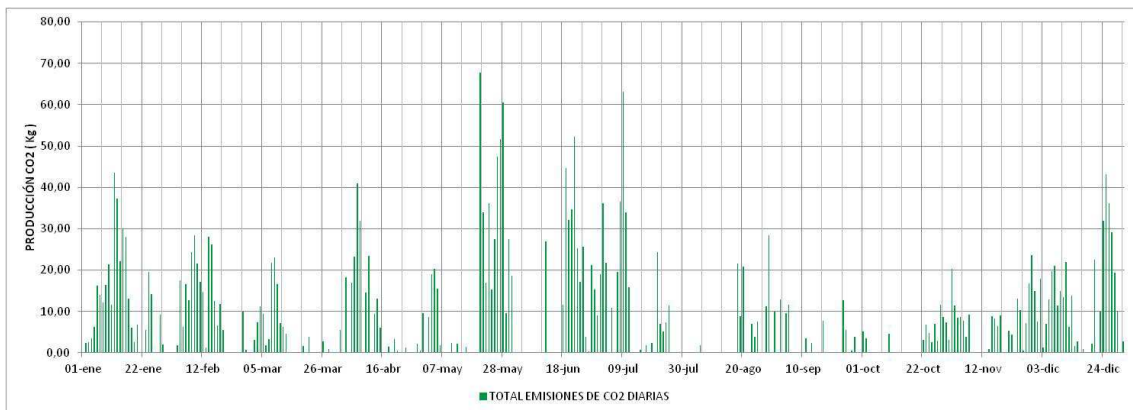
Gráfica 47: Temperatura de cada hora de la VIS U Básica del mes de Enero calculada con el Procedimiento Alternativo de la VIS



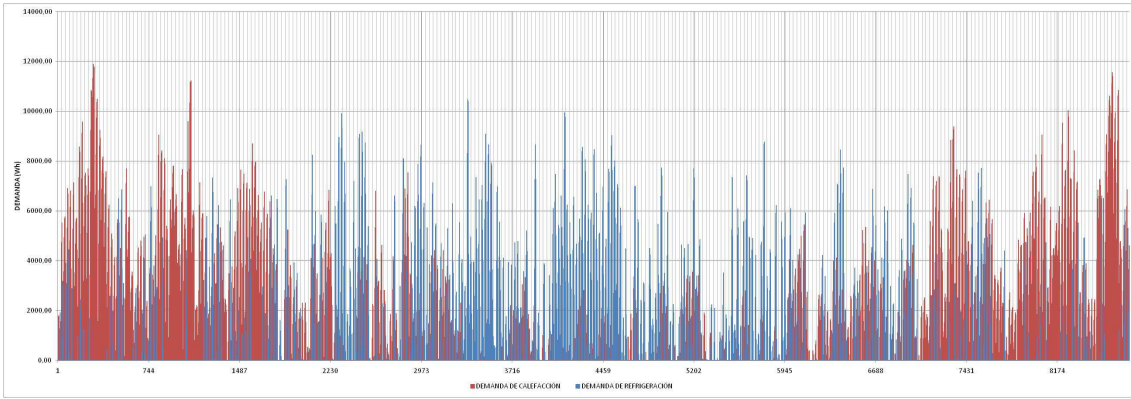
Gráfica 48: Temperatura de cada hora de la VIS U Básica del mes de Mayo calculada con el Procedimiento Alternativo de la VIS



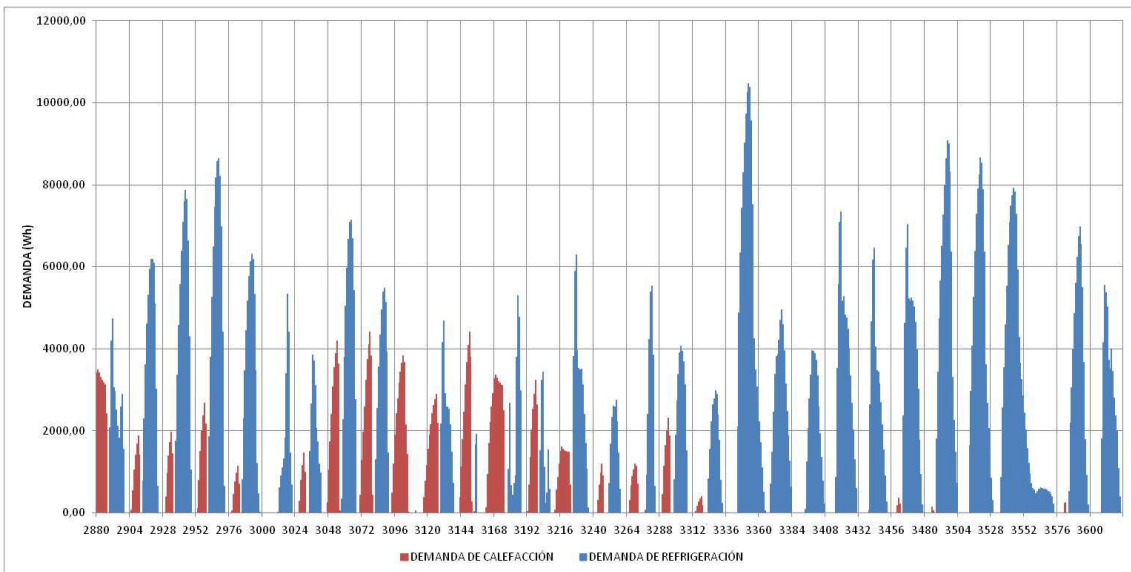
Gráfica 49: Demanda de calefacción y refrigeración diarias de la VIS U Básica de todo un año calculada con el Procedimiento Alternativo de la VIS



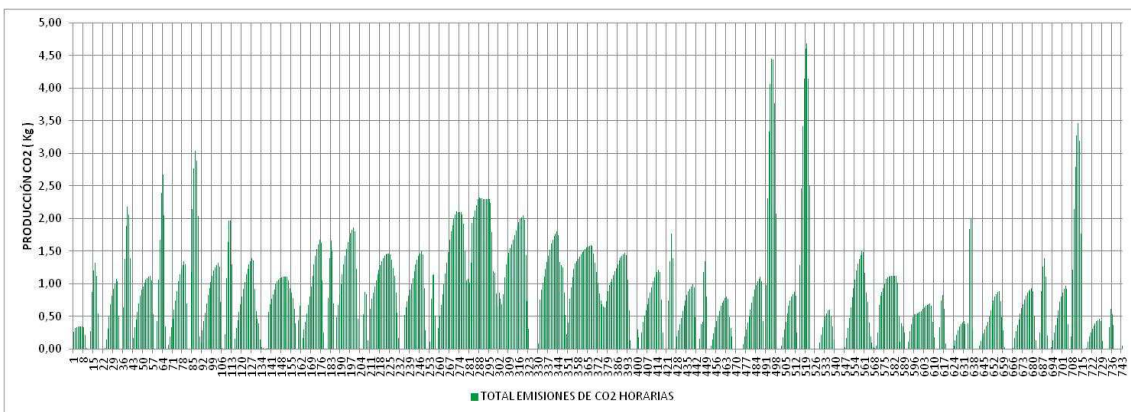
Gráfica 50: Demanda de la producción de CO₂ diario de la VIS U Básica de todo un año calculada con el Procedimiento Alternativo de la VIS



Gráfica 51: Demanda de calefacción y refrigeración de cada hora de la VIS U Básica de todo un año calculada con el Procedimiento Alternativo de la VIS



Gráfica 52: Demanda de calefacción y refrigeración de cada hora de la VIS U Básica del mes de Mayo calculada con el Procedimiento Alternativo de la VIS



Gráfica 53: Demanda de la producción de CO₂ de cada hora de la VIS U Básica del mes de Enero calculada con el Procedimiento Alternativo de la VIS

Interpretación y comparación de resultados

Se realiza un análisis comparativo de los resultados de la VIS U BÁSICA obtenidos por el método de cálculo del procedimiento alternativo, el cual se ha desarrollado con datos climáticos monitorizados a cada hora del día, todos los días de cada mes de un año.

Las formulaciones matemáticas han sido aplicadas a la vivienda y desarrolladas con datos de temperatura y radiación global horizontal medidos cada día (ver anexos) y cada hora (ver anexos), y se han comparado los resultados obtenidos S / D (Sin Descarte) de los valores negativos, de las demandas de calefacción y refrigeración y se obtienen las tablas 46, 47:

	DEMANDA CALEFACCIÓN MENSUAL S/D	DEMANDA CALEFACCIÓN DIARIA S/D	DEMANDA DE CALEFACCIÓN HORARIA S/D
ENERO	1650,18	1650,18	1649,37
FEBRERO	1028,66	1028,66	1029,39
MARZO	-23,09	-23,09	-22,63
ABRIL	-1199,55	-1199,55	-1203,34
MAYO	-2613,57	-2613,57	-2608,62
JUNIO	-2387,54	-2387,54	-2387,69
JULIO	-2435,58	-2435,58	-2435,93
AGOSTO	-1986,93	-1986,93	-1985,42
SEPTIEMBRE	-1085,92	-1085,92	-1089,72
OCTUBRE	-459,22	-459,22	-462,44
NOVIEMBRE	756,66	756,66	756,15
DICIEMBRE	1896,01	1896,01	1900,98
TOTAL	-6859,89	-6859,89	-6859,89

Tabla 46: Resultados finales de cada mes del año de la demanda de calefacción calculada mensual, diaria y horaria de la VIS U Básica

	DEMANDA REFRIGERACIÓN MENSUAL S/D	DEMANDA REFRIGERACIÓN DIARIA S/D	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN HORARIA S/D
ENERO	-3995,99	-3995,99	-3992,03
FEBRERO	-3147,46	-3147,46	-3148,18
MARZO	-2322,72	-2322,72	-2323,18
ABRIL	-1070,59	-1070,59	-1066,81
MAYO	267,76	267,76	262,80
JUNIO	117,40	117,40	117,55
JULIO	89,77	89,77	90,11
AGOSTO	-358,88	-358,88	-360,39
SEPTIEMBRE	-1184,22	-1184,22	-1180,42
OCTUBRE	-1886,59	-1886,59	-1883,37
NOVIEMBRE	-3026,80	-3026,80	-3026,29
DICIEMBRE	-4241,82	-4241,82	-4249,95
TOTAL	-20760,15	-20760,15	-20760,15

Tabla 47: Resultados finales de cada mes del año de la demanda de refrigeración calculada mensual, diaria y horaria de la VIS U Básica

Se observa que los resultados de los promedios del cálculo desarrollado con datos mensuales y con cálculos desarrollados con datos promedios diarios son exactamente iguales, y no tienen variación.

Comparando los resultados mensuales y diarios con los resultados del cálculo desarrollado con datos de cada hora, se observa que existe una variación mínima de ± 4 kWh. Aunque en la sumatoria total de todos los meses los resultados son iguales.

El resultado correcto de utilización de las demandas anuales de calefacción y refrigeración de la VIS por medio del método de cálculo propuesto en el Procedimiento Alternativo, es el que descarta los valores negativos de la sumatoria total de cada mes calculado, en las demandas de calefacción y refrigeración. Independiente se haya realizado el cálculo con datos promedios mensuales, diarios o datos horarios, según las tablas 48, 49, Siendo el total anual de las demandas la sumatoria de los valores positivos.

	DEMANDA CALEFACCIÓN MENSUAL S/D	DEMANDA CALEFACCIÓN MENSUAL C/D
ENERO	1650,18	1650,18
FEBRERO	1028,66	1028,66
MARZO	-23,09	0,00
ABRIL	-1199,55	0,00
MAYO	-2613,57	0,00
JUNIO	-2387,54	0,00
JULIO	-2435,58	0,00
AGOSTO	-1986,93	0,00
SEPTIEMBRE	-1085,92	0,00
OCTUBRE	-459,22	0,00
NOVIEMBRE	756,66	756,66
DICIEMBRE	1896,01	1896,01
TOTAL	-6859,89	5331,51

Tabla 48: Resultados finales mensuales y total anual de la demanda de calefacción de la VIS U Básica

	DEMANDA REFRIGERACIÓN MENSUAL S/D	DEMANDA REFRIGERACIÓN MENSUAL C/D
ENERO	-3995,99	0,00
FEBRERO	-3147,46	0,00
MARZO	-2322,72	0,00
ABRIL	-1070,59	0,00
MAYO	267,76	267,76
JUNIO	117,40	117,40
JULIO	89,77	89,77
AGOSTO	-358,88	0,00
SEPTIEMBRE	-1184,22	0,00
OCTUBRE	-1886,59	0,00
NOVIEMBRE	-3026,80	0,00
DICIEMBRE	-4241,82	0,00
TOTAL	-20760,15	474,93

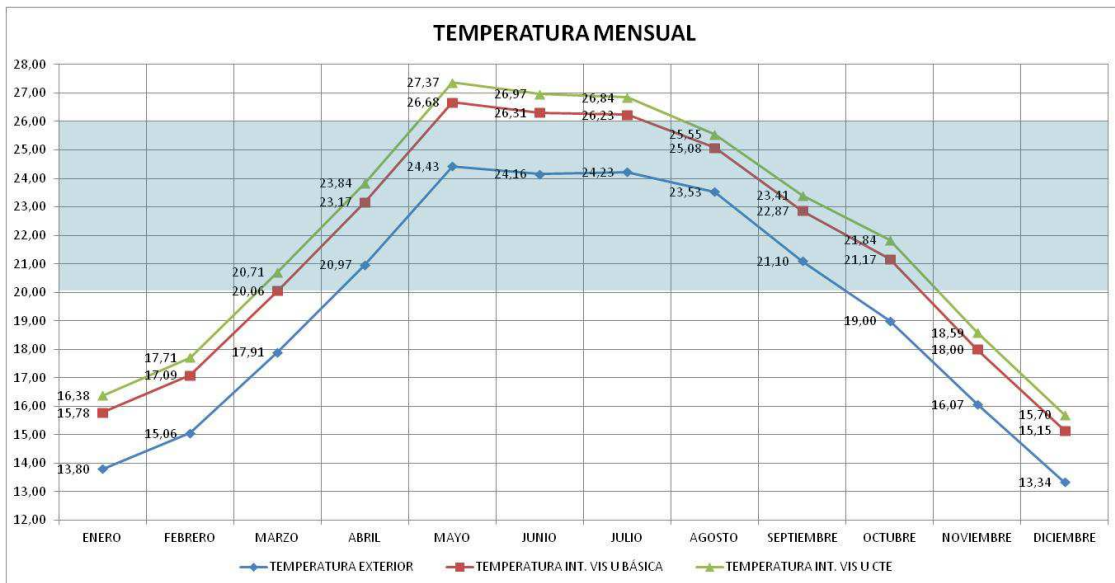
Tabla 49: Resultados finales mensuales y total anual de la demanda de refrigeración de la VIS U Básica

En el caso de la VIS U CTE sigue el mismo proceso de verificación, por lo que los resultados finales se consideran correctos.

Una vez verificado el procedimiento Alternativo con datos promedios mensuales se observa que la posición de la VIS U Básica con respecto a la propuesta de escala obtenida anteriormente, se sitúa con una calificación **D** en la demanda de calefacción, una calificación **C** en la producción de CO₂ y una calificación **B** en la demanda de refrigeración, en comparación de la VIS U CTE que se sitúa con una mejor calificación **A** en la demanda de calefacción y la producción de CO₂ y un **A+** en la demanda de refrigeración.

Si comparamos los resultados obtenidos de la verificación del procedimiento en ambos casos se obtienen las gráficas 54 - 58.

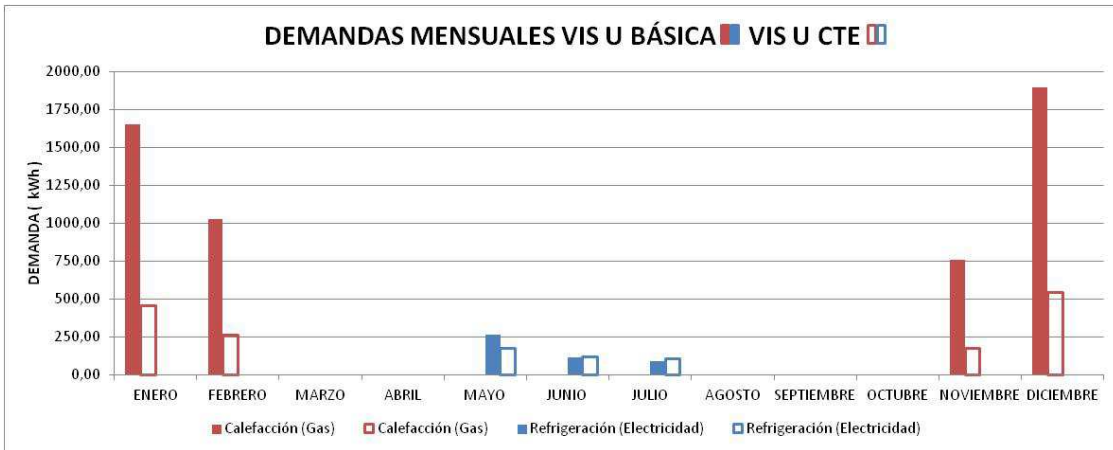
El promedio mensual de la temperatura interior de la VIS U BÁSICA y la temperatura interior de la VIS U CTE, en relación con la temperatura exterior en el eje de las ordenadas, y en el eje de las abscisas los meses del año. Se observa que la VIS U CTE siempre está por encima de la VIS U BÁSICA, con una media de 0,61 C°.



Gráfica 54: Comparación de la temperatura exterior e interior calculada de la VIS U Básica y de la VIS U CTE

Las gráficas de barras muestran las demandas de la VIS U BÁSICA con barras de relleno sólido rojo la calefacción, con barras de relleno sólido azul la refrigeración y las demandas de la VIS U CTE con barras de contorno rojo sin relleno la calefacción y con barras de contorno azul sin relleno la refrigeración.

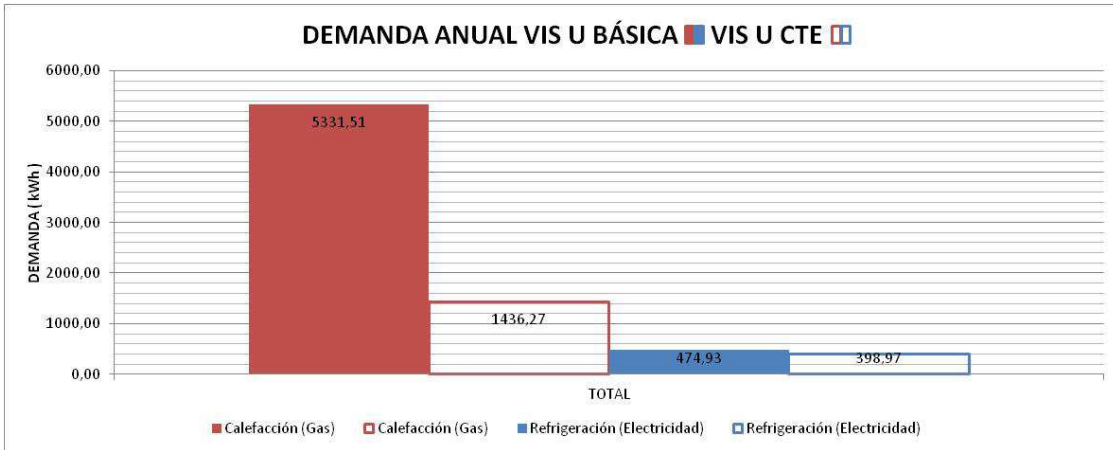
Aunque la diferencia de temperatura interior parece ser muy poca entre la VIS U CTE y la VIS U Básica se observa en la gráfica 55, que la demanda de calefacción de cada mes del año muestran una diferencia media del 73% entre la VIS U Básica y la VIS U CTE, esto debido a la mejora de la envolvente lo que disminuye el gasto energético de la VIS.



Gráfica 55: Comparación de la demanda de calefacción y refrigeración mensual de la VIS U Básica y de la VIS U CTE

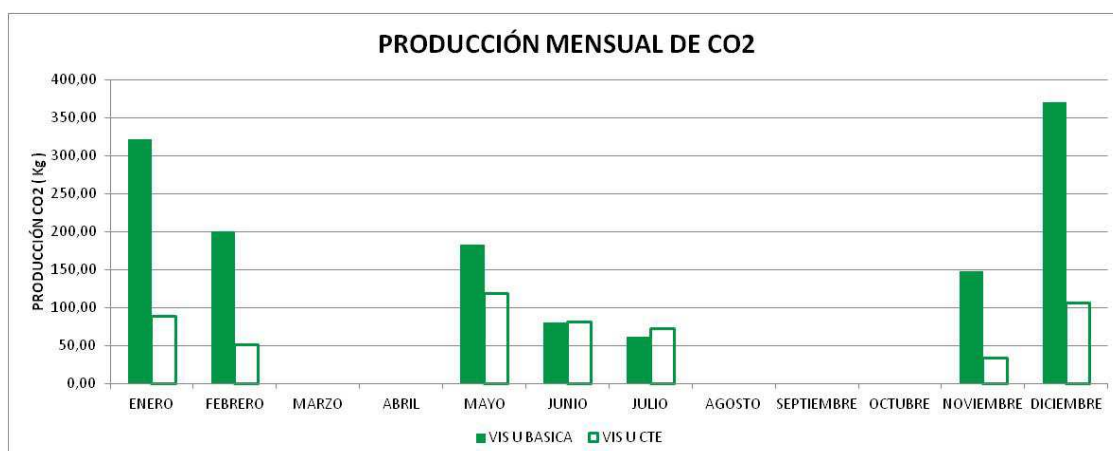
La gráfica 56, muestra el total anual de las demandas de calefacción y refrigeración, donde la demanda de calefacción durante el año en la VIS U BÁSICA es mayor con un total de 5331,51 kWh kilovatios hora, en comparación con la demanda de la VIS U CTE de 1436,27 kWh kilovatios hora teniendo una diferencia de 3895,24 kWh kilovatios hora durante el año. Que representa un porcentaje de uso de la calefacción del 73% por ciento mayor en la VIS U BÁSICA durante el año.

La refrigeración tiene un menor impacto de uso durante el año, aun así la VIS U BÁSICA tiene un consumo de 474,93 kWh kilovatios hora mayor al consumo de la VIS U CTE con 398,97 kWh kilovatios hora, teniendo una diferencia de 75,96 kWh kilovatios hora durante el año. Que representa un porcentaje de uso de la refrigeración del 16% por ciento mayor en la VIS U BÁSICA durante el año.



Gráfica 56: Comparación de la demanda de calefacción y refrigeración anual de la VIS U Básica y de la VIS U CTE

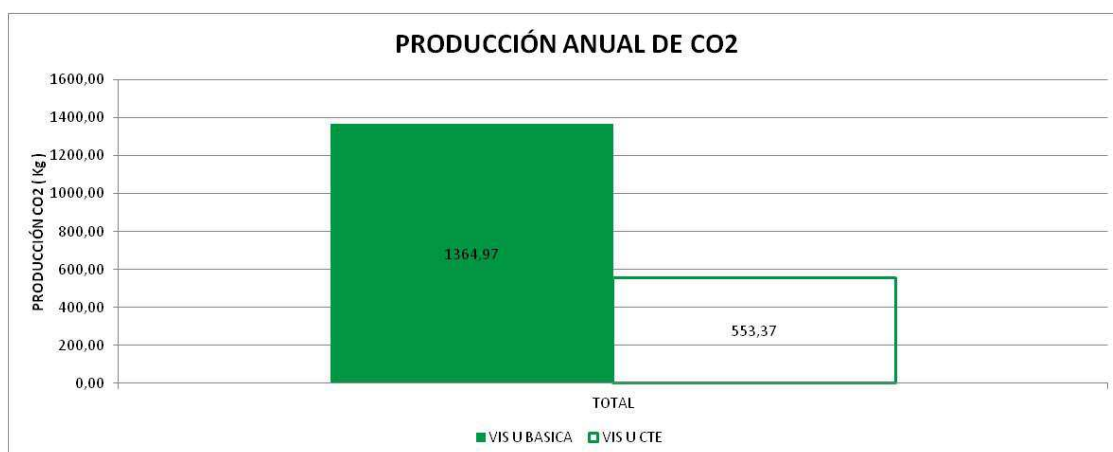
Las gráficas 57, 58, muestran la producción de CO₂ mensual y anual a lo largo del año, en el eje de las abscisas los meses del año y en el eje de las ordenadas el valor de la producción de CO₂ expresados en Kg kilogramos, la VIS U BÁSICA con barras de relleno solido y la producción de CO₂ de la VIS U CTE con barras de contorno sin relleno.



Gráfica 57: Comparación de la Producción de dióxido de carbono CO₂ mensual de la VIS U básica y de la VIS U CTE

La producción mensual de CO₂ corresponde a las demandas de calefacción y refrigeración que genera la VIS donde la producción máxima se observa durante los meses de invierno generada por el consumo de gas LP o Natural, tomando en cuenta la gráfica anterior de demandas, el comportamiento de la producción de CO₂ es similar, destacando los meses de enero con una producción de 321,79 Kg de CO₂ y el mes de diciembre con un máximo de producción de 396,72 Kg de CO₂. La producción de CO₂ mensual de la demanda de refrigeración durante los meses de verano se genera por el consumo de electricidad; si bien la demanda de refrigeración no tiene un gran impacto como se observa en la gráfica anterior, el consumo de electricidad genera una mayor producción de CO₂ lo cual hace notable la producción de CO₂ en la VIS U Básica, llegando a ser durante el mes de mayo mayor a 150 Kg kilogramos de CO₂ mensual superando la producción del mes de noviembre.

La gráfica 58, muestra la producción anual de CO₂, dejando en evidencia la mayor generación de la VIS U BÁSICA con 1364,97 Kg kilogramos de producción anual en comparación con la VIS U CTE con 553,37 Kg kilogramos de producción anual, dando una diferencia de 811,60 Kg kilogramos de CO₂. Que representa un porcentaje de producción de CO₂ del 59% por ciento mayor en la VIS U BÁSICA durante el año.



Gráfica 58: Comparación de la Producción de dióxido de carbono CO₂ anual de la VIS U básica y de la VIS U CTE

Conclusiones parciales

El establecimiento en la temperatura de consigna es significativo para el consumo de energía en la vivienda, ya que si el confort es muy riguroso las demandas de calefacción y refrigeración se incrementan lo que a su vez incrementa las emisiones de dióxido de carbono.

La producción de dióxido de carbono CO₂ en el caso de la VIS U CTE, que aunque reduce la demanda de calefacción y la demanda de refrigeración, se observa que la utilización de la electricidad como combustible genera un incremento de emisiones, en cambio la utilización de gas LP o Natural como combustible, aunque la demanda sea mucho mayor la producción de CO₂ es menor.

Se concluye que las formulaciones matemáticas del método de cálculo propuesto para el Procedimiento Alternativo, sirven para obtener la temperatura interior, las demandas de calefacción y refrigeración y la producción de CO₂ de la VIS para cualquier periodo de tiempo que se desee calcular o del que se tengan datos climáticos.

Que si se desean obtener resultados mensuales se deben de utilizar promedios de datos diarios (30 - 31 datos) y que a su vez sean promedios de datos horarios (720 - 744 datos); que si se desean conocer las demandas de cada hora o cada día corresponderán solo a esa hora o ese día especificado; que nunca será un total mensual, al menos que se realice el cálculo para cada hora o cada día del mes que se desea calcular donde la sumatoria de los todos los datos dará el total mensual.

Comparando los resultados del Procedimiento Alternativo a los resultados obtenidos por medio de la simulación energética del DesignBuilder en el capítulo III, procedimiento con el que se obtiene la propuesta de Escala de Calificación para la VIS, se verifica que se tiene un margen máximo de error del 13% cuando se calcula la VIS U Básica y de un 18% cuando se calcula la VIS U CTE en la sumatoria de los meses del cálculo de la demanda de calefacción; si en los resultados de la simulación se descartan los meses en los que la demanda de calefacción de los resultados del Procedimiento Alternativo es cero el margen máximo de error del método de cálculo propuesto se reduce al 4,5%.

El margen de error de la demandas de refrigeración es de un 20% al calcular la VIS U Básica si se descartan los meses en los que la demanda de refrigeración de los resultados del Procedimiento Alternativo es cero y de un 8% al calcular la VIS U CTE.

Esto indica que el método de cálculo propuesto para el procedimiento alternativo sirve para calcular las demandas de calefacción, refrigeración y con la obtención de estas la producción de CO₂ en cualquier periodo de tiempo del que se obtengan los datos climáticos. Y que la escala propuesta puede ser utilizada como medida de calificación energética para la VIS.

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES

Validación de la Hipótesis.....	221
Conclusiones Generales.....	222
Futuras líneas de Investigación.....	223

Validación de la Hipótesis

Una vez realizada la investigación y el análisis de los diferentes procedimientos utilizados en España para calificar energéticamente la vivienda de nueva construcción y de valorar los diferentes datos que son necesarios para su aplicación en cada uno de los procedimientos analizados, fue posible establecer y desarrollar una propuesta de un Procedimiento Alternativo para calificar energéticamente la Vivienda de Interés Social de la zona de estudio. La cual actualmente solo tiene un procedimiento de calificación y no cuenta con parámetros de limitación energética.

Una vez propuesto el Procedimiento Alternativo, se logró establecer un método de cálculo sencillo que se puede aplicar manualmente a través del seguimiento de formulas matemáticas que se desarrollan una vez se han establecido las características de la envolvente constructiva de la vivienda; las cuales utilizan datos climáticos promedios mensuales como los son la temperatura exterior de bulbo seco y la radiación global horizontal datos con los que se puede calificar energéticamente la VIS. La sencillez del Procedimiento Alternativo, no limita la generación de resultados ya que se pueden obtener resultados finales de las demandas anuales de calefacción, refrigeración y la producción de emisiones de dióxido de carbono CO₂.

A través del análisis del gasto energético de la vivienda se logró establecer una calificación energética, en la que se proponen mejoras a la envolvente de la vivienda, de la cual se obtienen valores de calificación en kilovatios hora al año consumidos y de producción de emisiones de dióxido de carbono CO₂.

El total de datos finales utilizados en la calificación se reduce al mínimo para desarrollar el procedimiento, en comparación de los procedimientos analizados los cuales requieren de una mayor cantidad de información para poder obtener un resultado final.

Conclusiones Generales

El Procedimiento Alternativo planteado en esta investigación es de aplicación exclusiva para la Vivienda de Interés Social en la ciudad de Saltillo, Coahuila; lo cual no excluye que pueda ser aplicado a otra zona climática, el método de cálculo puede ser utilizado siempre y cuando se evalúe y establezca una escala de calificación propia de la zona climática a la que se desee aplicar.

Esta investigación sirve como guía para establecer la creación de una escala de calificación si se siguen los lineamientos propuestos y se consideran las mejoras que pueden implantarse a la edificación, siempre que esta tenga los mismos lineamientos de construcción; esto no indica que el sistema constructivo de la edificación sea el mismo, si no que sea similar en superficie, volumen y utilización.

A través del desarrollo de esta investigación se ha logrado establecer una serie de recomendaciones para implementar un procedimiento alternativo que califica la vivienda y un método de cálculo sencillo que la evalúa energéticamente sin pérdida de rigor en los resultados obtenidos, objetivo de esta investigación; procedimiento que aplicado a la proyección de vivienda puede avalar su Eficiencia Energética.

Si la propuesta de Calificación Energética planteada se aplicada a la nueva construcción de Vivienda de Interés Social y se establece un cumplimiento dentro de la escala de calificación propuesta, podría ayudar a mejorar el futuro consumo energético de la ciudad de Saltillo, Coahuila.

Actualmente el consumo energético de la Vivienda de Interés Social; la cual se denomino VIS U Básica, no tiene ninguna limitación de los parámetros energéticos, lo cual produce un alto consumo de energía, esto ocasiona que la producción de emisiones de dióxido de carbono sean elevadas. Si al diseño del sistema constructivo de la envolvente de la Vivienda de Interés Social se le aplican los criterios de limitación energética utilizados en España, se observa un ahorro en el consumo de energía, lo cual indica que evaluar el consumo energético es importante para la actual construcción de viviendas en Saltillo, Coahuila.

El método de cálculo propuesto en el cual se plantean los (37) datos necesarios para realizar la calificación del comportamiento térmico de la vivienda, es accesible para los arquitectos, ya que es sencillo y de uso universal y no requiere aprender a utilizar un programa informático. Y permite conocer la eficiencia en la vivienda que se desea edificar o proyectar en un periodo de tiempo específico o anual.

Como resultado de esta investigación se desarrolló una hoja de cálculo, en la cual se ingresan los datos constructivos especificados dentro del Procedimiento Alternativo y se obtienen como resultados valores del consumo mensual, diario u horario del comportamiento energético de la vivienda en la zona de estudio, a través de gráficas de fácil interpretación.

Esta investigación hace evidente la necesidad de evaluar energéticamente la vivienda de la zona de estudio y de establecer límites energéticos a su envolvente constructiva principal actor de la reducción del gasto energético.

Futuras líneas de Investigación

Desarrollar parámetros que establezcan límites de calificación que puedan extenderse a las viviendas existentes de todas las zonas climáticas de México. O realizar estudios que concluyan en la idoneidad de disponer de una escala única para todo el parque edificatorio de VIS.

Desarrollar un estudio de monitorización dentro de una VIS en la zona de estudio y verificar los resultados con los resultados que se obtienen a través del método de cálculo propuesto en esta investigación.

Evaluar energéticamente las diferentes tipologías de vivienda de la zona de estudio, y establecer una escala de calificación.

Realizar la aplicación de los parámetros con los que se obtiene la máxima calificación de la escala propuesta en esta investigación y comprobar el coste económico que esta generación a la construcción de la vivienda

REFERENCIAS CONSULTADAS

EL DICTAMEN DEL COMITÉ ECONÓMICO, Visto. DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010, *Relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición)*. Diario Oficial de la Unión Europea L 153/13, 2010.

EL DICTAMEN DEL COMITÉ ECONÓMICO, Visto. DIRECTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de octubre de 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*. Diario Oficial de la Unión Europea L 315/1, 2012.

DEL ESTADO, BOLETÍN OFICIAL, Núm. 89, 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*, Madrid, 2013. BOE-A-2013-3904

ENERGÍA, Secretaría de, NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, *Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltante de edificios para uso habitacional*. Martes 9 de agosto, 2011.

ENERGÍA, Secretaría de, *Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*. 2009.

GOBERNACIÓN, Secretaría de, *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos Vigésima Primera edición*. 2014. ISBN: 968805770

PRESIDENCIA, Departamento de la, Decreto 21/2006, de 14 de febrero, *por el que se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios*. Diario Oficial de la Generalitat de Catalunya, Núm. 4574 – 16.2.2006.

CUCHÍ, Albert; SWEATMAN, Peter. *Una Visión-país para el sector de la edificación en España: hoja de ruta para un nuevo sector de la vivienda*. Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación" GTR", 2011. Depósito legal: B-40840.

CUCHÍ, Albert; CASTELLÓ, Daniel; DÍEZ, Glòria; SAGRERA, Albert. *Paràmetres de sostenibilitat*, ITEC, Institut de la Construcció de Catalunya, 2003. ISBN-10: 8478534555

LÓPEZ PLAZAS, Fabián, et al. *Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación. Una aportación para reducir el impacto ambiental de los edificios*. 2006.

OLGYAY, Victor. *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona, Gustavo Gili, 1998. ISBN: 9788425214882

FLORENSA, Rafael Serra; ROURA, Helena Coch. *Arquitectura y energía natural*. Univ. Politèc. de Catalunya, 2001. ISBN: 8476535058

FLORENSA, Rafael Serra. *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, 1999. ISBN: 9788425217678

FLORENSA, Rafael Serra; ROURA, Helena Coch; SAN MARTÍN, Ramón. *Arquitectura y el control de los elementos*. 1996. ISBN: 84-920886-1-3

SUREDA, Vicenç; CANALS, Rosa Maria. *Els processos de L'Agenda 21 Local en els municipis de Barcelona. I. Metodologia per a l'elaboració d'auditories ambientals municipals*. Diputació de Barcelona, 2000. ISBN: 8477947325

RUEDA, Salvador. *Guía metodológica para los sistemas de auditoría, certificación o acreditación de la calidad y sostenibilidad en el medio urbano*. Madrid: Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, 2012. ISBN: 9788449809149

HANDBOOK, ASHRAE Fundamentals (Edición Española). *Manual básico sobre técnicas para el cálculo de instalaciones de calefacción, refrigeración y aire acondicionado*. American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers. Inc.: Atlanta, GA, USA, 1997. ISBN: 0910110972

HANDBOOK, ASHRAE, et al. *Fundamentals*. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, cop. Atlanta, 1997. ISBN: 1883413710

BAKER, Nick; STEEMERS, Koen. *Energy and environment in architecture: a technical design guide*. Taylor & Francis, 2000. ISBN: 0419227709

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, *Fundamentos técnicos de la calificación energética de viviendas. Manual del usuario*, Madrid, Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, cop. 1999. Depósito Legal: M-26893-2012

DE ASIAIN, Jaime López. *Arquitectura, ciudad, medioambiente*. Universidad de Sevilla, 2001. ISBN: 8447206580

MCQUISTON, Faye; PARKER, J.; SPITLER, J. *Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Análisis y Diseño*. Editorial Limusa Wiley, México DF, 2003. ISBN: 9681861701

MILIAN I ROVIRA, Josep M., *Manual de calefacción*, Barcelona: La Gaya Ciencia, 1981. ISBN: 8470801813

NEILA, F. Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. 2004. ISBN: 8489150648

WENDES, Herb., *HVAC energy audit and balancing forms manual*, Lilburn: The Fairmont Press, cop. 1996. ISBN: 0881732192

ESPAÑA, MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA. *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios: RITE: Reales Decretos 1751/1998 y 1218/2002: incluye instrucciones técnicas complementarias*. Thomson, 2003.

UNE-EN 832. *Comportamiento térmico de los edificios. Cálculo de las necesidades energéticas para calefacción. Edificios residenciales*, Madrid, AENOR, 2000.

ISO, E. N. 13790: *Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling (EN ISO 13790: 2008)*. European Committee for Standardization (CEN), Brussels, 2008.

DE LA EDIFICACIÓN, Código Técnico. *Documento Básico HE Ahorro de Energía*. Real Decreto, 2006, vol. 314.

DE LA EDIFICACIÓN, Código Técnico. *Ultima modificación conforme a la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas*, Madrid, Ministerio de fomento, Boletín Oficial del Estado, 2013.

DE LA EDIFICACIÓN, Código Técnico. *Herramienta de Cálculo de la Demanda Energética: Manual de Fundamentos Técnicos*, AICIA - Grupo de Termotecnia E.S. Ingenieros Industriales, Universidad de Sevilla. 2001.

INSTITUTO EDUARDO TORROJA, de ciencias de la construcción; CEPCO; AICIA. *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, Código Técnico De La Edificación*, 2010. Archivo: CAT-ECv6.3 (MARZO10).doc

AHORRO DE LA ENERGÍA, Instituto para la Diversificación y. *Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto*, Madrid, 2010. ISBN: 978-84-96680-56-2

AHORRO DE LA ENERGÍA, Instituto para la Diversificación y. *Escala de calificación energética para edificios de nueva construcción*, Madrid, 2009.

AHORRO DE LA ENERGÍA, Instituto para la Diversificación y. *Escala de calificación energética para edificios existentes*, Madrid, 2011.

AHORRO DE LA ENERGÍA, Instituto para la Diversificación y. *Guía técnica de procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios*, Madrid, 2008. Depósito Legal: M-00000-2008

TRANSPORTE Y VIVIENDA, Secretaría de Estado de Infraestructuras. *DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento, 2013.

TRANSPORTE Y VIVIENDA, Secretaría de Estado de Infraestructuras. *DA DB-HE / 2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento, 2013.

TRANSPORTE Y VIVIENDA, Secretaría de Estado de Infraestructuras. *Documento descriptivo climas de referencia*, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento, 2013.

CFE, Comisión Federal de Electricidad. *Informe de Sustentabilidad 2012*, México, 2013.

CMIC, Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. *Panorama Actual de la Industria de la Construcción*. México, 2010.

SENER, Secretaría de Energía; ENERGÍA, Agencia Internacional de. *Indicadores de Eficiencia Energética en México 5 sectores, 5 retos*, México, 2011.

CONUEE, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. *Ahorro de Energía en el Hogar*. SENER, México, abril 2008.

CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. *Ahorro y Uso Eficiente de Energía Eléctrica*. México, 2009. Documento Técnico DT-AE/01

CONAFOVI, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*, Primera edición, México. 2006

Páginas Web consultadas

BREEAM BRE Environmental Assessment Method

www.breeam.org

BUILDING ENERGY MEASUREMENT AND PERFORMANCE ANALYSIS

<http://eetd.lbl.gov/EA/Buildings/PROJECTS/>

CIBSE: THE CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS

www.cibse.org

CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

www.codigotecnico.org

CSTB: CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT

www.cstb.fr

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY

www.eea.eu.int

ENERGIE-CITÉS; ASOCIACIÓN DE MUNICIPIOS EUROPEOS PARA EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA EN EL MEDIO URBANO

www.energie-cites.org

ENERGY OFFICE

www.energyoffice.org

EUROPA, DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍAS Y TRANSPORTE.

http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_es.html

ICAEN: INSTITUT CATALÁ D' ENERGIA

www.icaen.net

IDAE: INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA

www.idae.es

IBPSA: INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION

www.ibpsa.org

NREL: THE NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY

www.nrel.gov

UNIVERSIDAD DE LAS PLAMAS DE GRAN CANARIA. Escuela de arquitectura. Departamento de construcción

<http://editorial.cda.ulpgc.es/ambiente/index.htm>

USABLE BUILDINGS

www.usablebuildings.co.uk

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

www.eere.energy.gov

ENERGYPLUS ENERGY SIMULATION SOFTWARE

<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

DESIGN BUILDER

<http://www.designbuilder.co.uk/>

CLIMATE CONSULTANT

<http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu>

ETRES CONSULTORES

<http://www.etresconsultores.com/>

RED ELECTRICA DE ESPAÑA

<http://www.ree.es/es>

CERTIFICADOS ENERGÉTICOS

<http://www.certificadosenergeticos.com/>

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/>

INSTITUT CATALÀ D' ENERGIA

<http://icaen.gencat.cat/ca/index.html>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

<http://www.inegi.org.mx/>

GREEN BUILDING COUNCIL ESPAÑA

www.gbce.es/es/pagina/informe-gtr