



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Modelo de gestión y valoración de la eficiencia energética en proyectos de vivienda multifamiliar de costo medio en Colombia.

Maria Clara Villamizar Bermúdez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Artes. Maestría en Construcción
Bogotá D.C, Colombia
2016

Modelo de gestión y valoración de la eficiencia energética en proyectos de vivienda multifamiliar de costo medio en Colombia.

Maria Clara Villamizar Bermúdez

Tesis presentada como requisito para optar al título de:
Magister en Construcción

Director:

MSc Miguel Arturo Gamba Fuentes

Línea de Investigación:

Sostenibilidad

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Artes, Maestría en Construcción
Bogotá D.C, Colombia

2016

A mis padres Graciela y Benjamín por ser el motor que me impulsa a seguir siempre adelante.

Agradecimientos

La autora manifiesta su agradecimiento a:

Arquitecto MSc. Miguel Arturo Gamba Fuentes, director, por su apropiada dirección en la realización de esta tesis.

Arquitecto Post. PhD. Olavo Escorcía Oyola, docente, por su orientación en la formulación del proyecto de investigación.

Arquitecto Juan J. Galindo Mahecha, colega, por su colaboración, por su apoyo y motivación.

Resumen

El desarrollo de un modelo de gestión y calificación de la eficiencia energética EE para edificios de vivienda multifamiliar de costo medio en Colombia es el objetivo de la presente investigación, buscando con ello contribuir al ahorro y uso racional de energías convencionales durante la fase de uso de las edificaciones.

Para lo anterior, se determinan lineamientos de EE con base en una revisión documental que abarca normas, códigos, sistemas de gestión y proyectos arquitectónicos realizados, relativos a la EE en edificaciones de vivienda. Las estrategias se organizan en una matriz de parámetros generales que tiene un enfoque integral que abarca todos los sistemas que interactúan en un proyecto constructivo de vivienda a partir de la cual se puede evaluar la EE en un determinado proyecto. Los parámetros consignados en la matriz para cada uno de los sistemas son evaluados mediante indicadores de tipo ecológico, tecnológico y económico. Mediante la evaluación con indicadores se establece el grado de desempeño de la estrategia o lineamiento de EE asignándosele una puntuación que determina los créditos posibles a otorgar para la calificación final de proyectos de vivienda en eficiencia energética. Dependiendo de los créditos obtenidos (30 como máximo), las edificaciones evaluadas con la matriz se pueden clasificar según su desempeño en EE, durante la etapa de uso, como ineficientes (1-12 créditos) o eficientes en los grados bajo (13-16 créditos), medio (17-20 créditos), alto (21-24 créditos) y superior (25-30 créditos), estableciéndose una metodología para la exigibilidad de EE en proyectos de vivienda 3 y 4.

Palabras clave: Eficiencia Energética, construcción sostenible, confort vivienda.

Abstract

The development of a model of management and qualification of energy efficiency E.E. for multifamily housing of medium cost in Colombia is the objective of the present investigation, seeking to contribute to promote the rational use of conventional energy sources when the buildings are used.

Due to the above points, an EE guideline is determined, which is based in a review of documents as rules, codes, systems of management and different architectural projects, relating to the EE in housing. The strategies are arranged in a matrix of general parameters that permits a comprehensive analysis and includes all systems that interact in a constructive housing project. The parameters entered in the matrix for each of the systems are evaluated through ecological, technological and economic indicators. The evaluation with indicators set the degree of performance of the EE strategy or guideline, assigning a score that establish parameters that grant a final qualification in energy efficiency to the housing projects. Depending on credits earned (30 max), buildings evaluated with the matrix can be classified according to their performance in EE, during the stage of use, as inefficient (1-12 credits) or efficient in low grade (13-16 credits), middle grade (17-20 credits), high grade (21-24 credits) or higher grade (25-30 credits), introducing a methodology for the enforceability of EE in housing projects.

Keywords: Energy efficiency, sustainable construction, housing comfort.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIV
Lista de tablas	XVI
Lista de cuadros	XVIII
Introducción	1
1. Planteamiento del problema	5
2. Justificación	9
3. Objetivos	11
3.1 Objetivo general	11
3.2 Objetivos específicos	11
4. Antecedentes	13
4.1 Políticas mundiales de eficiencia energética	13
4.2 Referentes arquitectónicos	15
4.2.1 Conjunto residencial Sunrise [27]	16
4.2.2 Conjunto residencial Liri Blau	17
4.2.3 Conjunto residencial Sayab	19
5. Bases teórico-conceptuales	25
5.1 Lineamientos de eficiencia energética	26
5.1.1 Lineamientos de EE en normas urbanas nacionales	26
5.1.2 Lineamientos de EE en normas técnicas y propuestas de normas nacionales	31
5.1.3 Lineamientos de EE en códigos técnicos internacionales	35
5.1.4 Lineamientos de EE en estándares internacionales de valoración sostenible	40
5.2 Estrategias para la EE en el diseño de edificaciones	44
5.2.1 Territorio y bioclima	45
5.2.2 Edificio	48
5.2.3 Generación en sitio	55
5.2.4 Usuarios	58
5.3 Sistemas de gestión asociados a EE	60
5.3.1 NTC ISO 50001 [58]	60

5.3.2	NTC ISO 14001 [56]	61
5.3.3	NTC ISO 9001 [57]	61
5.3.4	Lean management.....	62
5.4	Caracterización de la vivienda tipo 3 y 4 en Colombia.....	63
5.4.1	Sistemas estructurales y constructivos	63
5.4.2	Envoltente de la edificación (muros)	64
5.4.3	Áreas de la vivienda tipo 3 y 4	67
5.5	El clima en Colombia.....	67
6.	Consumo de energía eléctrica en la vivienda tipo 3 y 4	69
6.1	Caracterización del consumo eléctrico en clima frío (Bogotá).....	69
6.1.1	Análisis del consumo de energía eléctrica en vivienda estrato 4 (Bogotá) 72	
6.1.2	Promedio de consumo energético estándar en clima frío.....	73
6.2	Caracterización del consumo eléctrico en clima cálido-húmedo (Barranquilla)75	
6.2.1	Promedio de consumo energético estándar en clima cálido húmedo...76	
6.3	Posibilidad del cubrimiento de la demanda estándar eléctrica mediante la generación por paneles fotovoltaicos	78
6.3.1	Cantidad de paneles y área requerida	78
6.3.2	Costos del sistema	81
6.4	Posibilidad del cubrimiento de la demanda estándar eléctrica mediante la generación mini eólica con aerogeneradores.....	81
7.	Matriz de calificación de eficiencia energética	85
7.1	Sistema de puntuación	86
7.2	Metodología de calificación de proyectos	87
7.3	Selección de estrategias de eficiencia energética	87
7.3.1	Sistema territorio.....	88
7.3.2	Sistema edificio.....	90
7.3.3	Sistema energía renovables	93
7.3.4	Sistema usuarios	93
7.4	Indicadores de evaluación.....	94
7.4.1	Indicador 1. Sostenibilidad	95
7.4.2	Indicador 2. Impacto ambiental	96
7.4.3	Indicador 3. Resiliencia	96
7.4.4	Indicador 4. Integración arquitectónica	97
7.4.5	Indicador 5. Flexibilidad	98
7.4.6	Indicador 6. Sinergia	98
7.4.7	Indicador 7. Rendimiento/eficacia	99
7.4.8	Indicador 8. Retorno de inversión	99
7.4.9	Indicador 9. Inversión inicial.....	100
7.4.10	Indicador 10. Durabilidad	101
7.5	Lectura de la matriz.....	101
7.6	Valoración de proyectos con la matriz de eficiencia energética	105
7.6.1	Proyecto Plaza de La Hoja, Bogotá D.C. Metrovivienda	105
7.6.2	Conjunto Altos de San Isidro, Barranquilla, Marval S.A.....	108
7.6.3	Conjunto residencial Sayab, Cali [78]	110
7.6.4	Síntesis de la valoración con la matriz de EE	112
8.	Conclusiones y recomendaciones	117
8.1	Conclusiones.....	117

8.2	Recomendaciones	121
A.	Anexo: Matriz de Eficiencia Energética (impresa y en CD)	123
B.	Anexo: Valores R y K en muros con aislamiento en fibra de vidrio y poliestireno.....	125
C.	Anexo: Análisis costos aislamiento térmico en muros	129
D.	Anexo: Análisis costos ventana aislante térmica	131
E.	Anexo: Cotización ventanería con aislamiento térmico 1	133
F.	Anexo: Cotización ventanería con aislamiento térmico 2	135
G.	Anexo: Análisis costos instalaciones de cocción	137
H.	Anexo: Análisis costos instalaciones de agua caliente	141
I.	Anexo: Cotización sistema de paneles solares para agua caliente para 60 unidades de vivienda	145
J.	Anexo: Análisis costos instalaciones de confort térmico.....	147
K.	Anexo: Análisis costos instalaciones de energía solar fotovoltaica	149
L.	Anexo: Precios aerogeneradores de eje vertical	151
M.	Anexo: Glosario.....	153
	Glosario.....	154
	Referencias.....	157

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Distribución de generación de energía por tecnología 1998-2010.....	5
Figura 1-2: Evolución consumo de energía eléctrica por sectores 1998-2009.....	6
Figura 4-1: Chimeneas solares en conjunto residencial Sunrise.....	17
Figura 4-2: Volúmenes de agrupación Lliri Blau en torno a cesión pública	17
Figura 4-3: Estrategias bioclimáticas en conjunto Lliri Blau	19
Figura 4-4: Bloque de apartamentos en conjunto residencial Sayab.	19
Figura 4-5: Volúmenes del conjunto Sayab orientados para protección de la radiación solar (norte sur)	21
Figura 4-6: Balcones sobre fachadas de edificio del conjunto Sayab	21
Figura 4-7: Vista en planta de patio central en bloque del proyecto Sayab.....	22
Figura 4-8: Patio central en bloque del conjunto residencial Sayab.....	22
Figura 4-9: Estrategias de ventilación natural en conjunto residencial Sayab	23
Figura 5-1: Edificio BD Bacatá.....	28
Figura 5-2: Mezcla de usos en villa deportiva femenina en Malmo Suecia	29
Figura 5-3: Ocupación total de terreno en villa deportiva en Malmo Suecia.....	29
Figura 5-4: Presión y succión con respecto a la dirección del viento	32
Figura 5-5: Ventilación natural cruzada en espacios de la vivienda	33
Figura 5-6: Conjunto residencial Sol i Vert en Valencia España	36
Figura 5-7: Aislamiento entre edificaciones relación ancho alto de 4 a 3.....	38
Figura 5-8: Calentador solar por termosifón	39
Figura 5-9: Areas libres y verdes restauradas en un tercer nivel con respecto a la vía en villa deportiva femenina en Malmo Suecia	41
Figura 5-10: Árboles incorporados al perfil urbano que dan sombra a la vía, en zona residencial de Medellín	42
Figura 5-11: Huerto urbano en terraza	43
Figura 5-12: Sistemas que intervienen en el desempeño energético de la edificación.....	44
Figura 5-13: Orientación recomendada de la edificación con respecto a sol y vientos en la ciudad de Barranquilla.....	45
Figura 5-14: Iluminación natural en áreas de servicios (cocinas, baños) y espacios alternativos (estudio), mediante ductos y/o vacíos	46
Figura 5-15: Jardín de bajo consumo de agua	47
Figura 5-16: Optimización del uso del suelo urbano con mezcla de usos y mayor ocupación del lote	47
Figura 5-17: Masa y aislamiento recomendados en la edif según la zona climática. ..	49
Figura 5-18: Estufa eléctrica de inducción marca Teka	50

Figura 5-19:	Calentador de paso a gas con ducto de desfogue en apart estrato 4 ...	52
Figura 5-20:	Paneles solares para AC en edificio de viviendas tipo 5 en Medellín	53
Figura 5-21:	Red de gas en vivienda con inclusión de punto para secadora a gas	53
Figura 5-22:	Calefactor de ambiente a gas de tiro balanceado	54
Figura 5-23:	Efecto con refrigeración mecánica por ventilador de techo	55
Figura 5-24:	Paneles fotovoltaicos sobre cubiertas de barrio alemán Schlierberg	56
Figura 5-25:	Aerogeneradores de eje vertical en cubierta de edificio	57
Figura 5-26:	Parque fotovoltaico en Buenos Aires	57
Figura 5-27:	Iluminación interior personalizada con luces Led	58
Figura 5-28:	Interruptores conmutables en alcobas	59
Figura 5-29:	Control domótico de la vivienda centralizado y remoto	59
Figura 5-30:	Sistema constructivo de muros de carga y placas en concreto	63
Figura 5-31:	Sistema constructivo de muros de carga en mampostería reforzada	63
Figura 5-32:	Sistema estructural de pórticos en concreto reforzado	64
Figura 5-33:	Edificio con sistema estructural de pórticos y fachadas en bloque de arcilla en Bogotá.....	66
Figura 5-34:	Vivienda de 75m ² de área construida. Reserva de Mallorca. Constructora Coninsa Ramón H.....	67
Figura 5-35:	Clasificación del clima en Colombia según la temperatura y la humedad relativa, realizada por el IDEAM.	68
Figura 6-1:	Vivienda rural en Oicatá Boyacá con uso de calefactor eléctrico	71
Figura 6-2:	Análisis de consumo de energía eléctrica en factura del servicio de vivienda unifamiliar estrato 4 de 260m ² en Bogotá [Codensa].	73
Figura 6-3:	Dimensiones paneles fotovoltaicos de 250W y 260W Hareon Solar	80
Figura 6-4:	Dimensiones panel fotovoltaico de 200W	80
Figura 6-5:	Aerogenerador de eje vertical.....	82
Figura 7-1:	Relación de sistemas para alcanzar la EE en el proyecto.....	88
Figura 7-2:	Sistemas y estrategias de EE con enlace a la ficha descriptiva D.....	102
Figura 7-3:	Ficha descriptiva	102
Figura 7-4:	Estrategias de EE y objetivo específico	103
Figura 7-5:	Evaluación de las estrategias por medio de indicadores.....	103
Figura 7-6:	Puntaje obtenido en valoración con indicadores y créditos que otorga cada estrategia.....	104
Figura 7-7:	Ficha recomendaciones	105
Figura 7-8:	Proyecto Plaza de La Hoja. Vecinos y orientación	106
Figura 7-9:	Instalaciones a gas para cocción y calefacción en Plaza de La Hoja.	106
Figura 7-10:	Cubiertas verdes en proyecto Plaza de La Hoja	107
Figura 7-11:	Muro verde en fachada oriental del proyecto Plaza de La Hoja.	108
Figura 7-12:	Orientación oriente occidente del conjunto Altos de San Isidro, inconveniente para clima cálido.....	109
Figura 7-13:	Conjunto Altos de San Isidro, áreas libres con pocas zonas verdes	109
Figura 7-14:	Terraza verde en conjunto residencial Sayab	110
Figura 7-15:	Sistema constructivo de muros de carga prefabricados en concreto en conjunto residencial Sayab.....	111

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 5-1: Valores de Resistencia térmica total R de elementos de la envolvente en NMX-C-460-ONNCCE-2009	37
Tabla 5-2: Tabla comparativa de rendimiento en tiempo y energía térmica, estufas eléctricas y a gas	51
Tabla 5-3: Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K de muro de carga en concreto.	65
Tabla 5-4: Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K de muro de carga en ladrillo estructural.	65
Tabla 5-5: Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K de muro en bloque de arcilla.	66
Tabla 6-1: Promedio consumo mensual de energía eléctrica en el sector residencial Bogotá año 2014.....	69
Tabla 6-2: Promedio consumo de energía eléctrica por aparatos en vivienda estratos 3 y 4 en clima frío.....	70
Tabla 6-3: Línea base de consumo de energía por m2 según uso y clima en Resolución 0549 de 2015	74
Tabla 6-4: Promedio consumo mensual de energía eléctrica en viv Bquilla 2014.	75
Tabla 6-5: Promedio consumo de energía eléctrica por aptos en vivienda Bquilla.	76
Tabla 6-6: Promedio consumo de energía eléctrica por aparatos en vivienda Barranquilla para cumplir con Resolución 0549 de 2015.....	77
Tabla 6-7: Porcentaje mínimo de ahorro según uso y clima a partir del segundo año de vigencia de la Resolución 0549 de 2015.....	78
Tabla 6-8: Cálculos de paneles fotovoltaicos requeridos en una vivienda tipo 3-4 según la ciudad y la demanda de energía eléctrica.	79
Tabla 6-9: Datos velocidad media anual en ciudades principales de Colombia.	82
Tabla 6-10: Especificaciones de aerogeneradores de eje vertical Ecotech.	83
Tabla 7-1: Clasificación del grado de desempeño en EE de las estrategias	86
Tabla 7-2: Asignación de créditos por estrategia según grado de desempeño en EE.	87
Tabla 7-3: Grados de calificación en eficiencia energética obtenidos con la matriz	87
Tabla 7-4: Valoración parcial de EEproyectos evaluados, sistema territorio.	112
Tabla 7-5: Valoración parcial de EE proyectos evaluados, sistema edificio	113

Tabla 7-6: Valoración parcial de eficiencia energética proyectos evaluados, sistema energías renovables y sistema usuarios.....	114
Tabla 7-7: Síntesis valoración de eficiencia energética proyectos evaluados.....	114

Lista de cuadros

	Pág.
Cuadro 4-1: Datos generales y estrategias de EE del proyecto Sunrise.	16
Cuadro 4-2: Datos generales y estrategias de EE del conjunto Liri Blau	18
Cuadro 4-3: Datos generales y estrategias de EE del conjunto residencial Sayab.....	20
Cuadro 5-3: Principales medidas recomendadas para vivienda en anexo 1 de la resolución 0549 de 2015.....	31
Cuadro 5-4: Medidas de ahorro de energía en CTE España.....	35
Cuadro 5-5: Medidas de EE en código de edificación de vivienda México	36
Cuadro 5-6: Estrategias de EE en LEED	40
Cuadro 5-7: Estrategias de EE en VERDE España.....	42
Cuadro 5-8: Lineamientos de sistemas de gestión para la matriz de EE.....	60

Introducción

A nivel mundial existe una concientización y preocupación por el creciente calentamiento global y agotamiento de recursos, posturas que se ven evidenciadas en las distintas cumbres sobre el medio ambiente. La construcción ha sido señalada como responsable en gran medida del deterioro ambiental del planeta. Según Brian Edwards esta industria consume el 50% de los recursos mundiales convirtiéndola en una de las actividades menos sostenibles del planeta¹. En cuanto al recurso energético, según la Agencia Internacional de Energía IEA, se considera que su uso en los edificios abarca aproximadamente el 40% de la energía primaria y el 24% de emisiones de gases efecto invernadero²; por ende, la reducción del consumo de electricidad y el uso de energías procedentes de fuentes renovables en el sector de la construcción representa un alto potencial para acercarse a las metas establecidas en los pactos y protocolos ambientales. Debido a esto, el paradigma actual de la construcción está cambiando rápidamente y existe un creciente movimiento internacional hacia edificios con criterios de eficiencia energética EE, característica que ahora constituye un parámetro medible dentro de la gestión de calidad y sostenibilidad de los mismos.

Para la Unión Europea UE, la reducción del consumo energético en las edificaciones es una meta primordial debido a su empeño para cumplir con los compromisos derivados de su adhesión al protocolo de Kioto y también su interés en mejorar la calidad de vida al aumentar el confort y disminuir los gastos por consumo de energía de los ciudadanos. En este sentido, la UE crea las directivas que se configuran como normas en cada país.

¹ EDWARDS, Brian. Guía básica de la sostenibilidad. Traducido por Sandra Sanmiguel. Barcelona: Gustavo Gili, 2009. p. 3.

² INTERNATIONAL ENERGY AGENCY IEA. Towards net zero energy solar buildings, citado por TAPIA, Jesús; GALLEGOS, Ricardo y BOJÓRQUEZ, Gonzalo. Hacia un modelo de edificio energía cero interconectado a la red. En: Encuentro internacional Ekotectura (11-13 octubre 2012: Bogotá). Memorias. Bogotá: Academia colombiana de arquitectura y diseño, 2012. p.27-29.

De otro lado, varios países relativos a Colombia, entre ellos España y México, han demostrado avances en cuanto a EE en la construcción, fundamentándose en estrategias normativas y regulatorias como códigos y estándares para la construcción sostenible así como en certificaciones energéticas para edificios y proyectos.

En Colombia se ha ido avanzado gradualmente en cuanto a una reglamentación en pro de la EE, sin embargo, los efectos del cambio climático exigen cada vez con mayor urgencia dar pasos concretos y eficaces en el uso racional y eficiente de la energía en todos los ámbitos, fundamentalmente en el sector residencial que consume gran parte de los recursos energéticos explotados o generados en el país como el gas natural, cuya proyección de demanda para el año 2020 en la vivienda en Bogotá y sus alrededores se posiciona en el 48%³ y la electricidad con demanda en la vivienda a nivel nacional del 41% en el año 2009⁴.

La energía eléctrica es producida principalmente mediante hidroeléctricas. Este tipo de producción, en caso de presentarse sequías por fenómenos adversos como el del “Niño” puede verse disminuida a la mitad, pasando de un 80% a un 40%⁵. En cuanto al gas se estima que existen reservas confiables hasta el año 2018⁶. Lo anterior pone de manifiesto una vulnerabilidad del sistema energético nacional que puede generar eventuales problemas en cuanto a suministro de energía.

Frente a esto, se hace necesario incorporar criterios de EE en el sector residencial en Colombia. Al respecto, se cuenta con algunas herramientas normativas y guías para el ahorro y uso eficiente de la energía en todo tipo de edificaciones incluida la vivienda de

³ MARTINEZ, Astrid *et al.* Análisis de la situación energética de Bogotá y Cundinamarca. Bogotá: Fedesarrollo, 2013.p.222.

⁴ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, UPME y ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA, ASOCODIS. Informe sectorial sobre la evolución de la distribución y comercialización de energía eléctrica en Colombia. Balance de sucesos y estadísticas 1998-2010. Bogotá: Ministerio de minas y energía, 2011.p.27.

⁵ EL HERALDO. El “Niño” saca a la luz las grietas del sistema eléctrico. En: El Heraldo. {En línea}. {25, noviembre, 2015} disponible en: (<http://www.elheraldo.co/nacional/el-nino-saca-la-luz-las-grietas-del-sistema-electrico-225938>).

⁶ MARTINEZ, Astrid *et al.* Análisis de la situación energética de Bogotá y Cundinamarca. Bogotá: Fedesarrollo, 2013.p.228.

interés social VIS y la no VIS, sin embargo, los lineamientos establecidos para la vivienda en alguna medida escapan de la responsabilidad de los constructores y en otra resultan escasos en comparación con los criterios de EE exigibles para edificaciones de otros usos y de otros países. Este último hecho es entendible debido al temor al alza en los costos de la vivienda, principalmente la VIS, que supone la inclusión de la EE y otros criterios de sostenibilidad.

Conforme con esto, esta investigación busca consolidar los lineamientos de EE aplicables a proyectos residenciales multifamiliares de costo medio en Colombia, teniendo en consideración que el factor económico es determinante en la viabilidad de su inclusión, pero contemplando también la necesidad de confort y habitabilidad que la vivienda demanda junto con el compromiso y responsabilidad con el medio ambiente que todo proyecto de construcción debe tener.

La consolidación de estos criterios se realiza mediante una matriz de parámetros generales de EE, fundamentada en una revisión documental de normas, códigos, estándares y guías de diseño relativos a la EE, así como en los principios básicos de reconocidos sistemas de gestión. Como producto, la matriz funciona como herramienta de gestión y calificación del desempeño energético del tipo de proyectos especificado, sin detrimento de ampliar su espectro de valoración a otro tipo de planteamientos de vivienda.

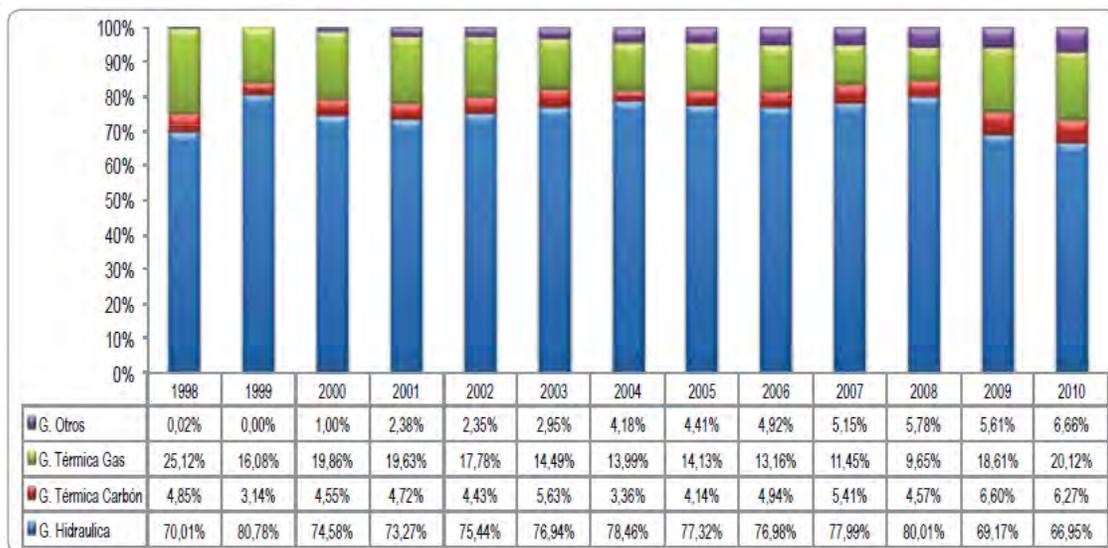
La valoración de EE efectuada por medio de la matriz resulta determinante para establecer la viabilidad y exigibilidad de la incorporación de estrategias de EE en la vivienda, incluso la VIS.

Los recursos energéticos contemplados en la investigación, para la consideración de su uso racional y aprovechamiento, son la energía eléctrica, los hidrocarburos como el gas y los combustibles para vehículos de transporte, junto con las energías renovables.

1. Planteamiento del problema

En Colombia un amplio porcentaje de la energía eléctrica es producida a través de la generación hidráulica que, a pesar de implicar considerables impactos en los ecosistemas, es considerada una forma limpia de generación de energía. Sin embargo, este tipo de generación puede verse disminuido, debido en parte al calentamiento global y sus fenómenos asociados como el del niño, también llamado del Pacífico (Figura 1-1).

Figura 1-1: Distribución de generación de energía por tecnología 1998-2010 [90].



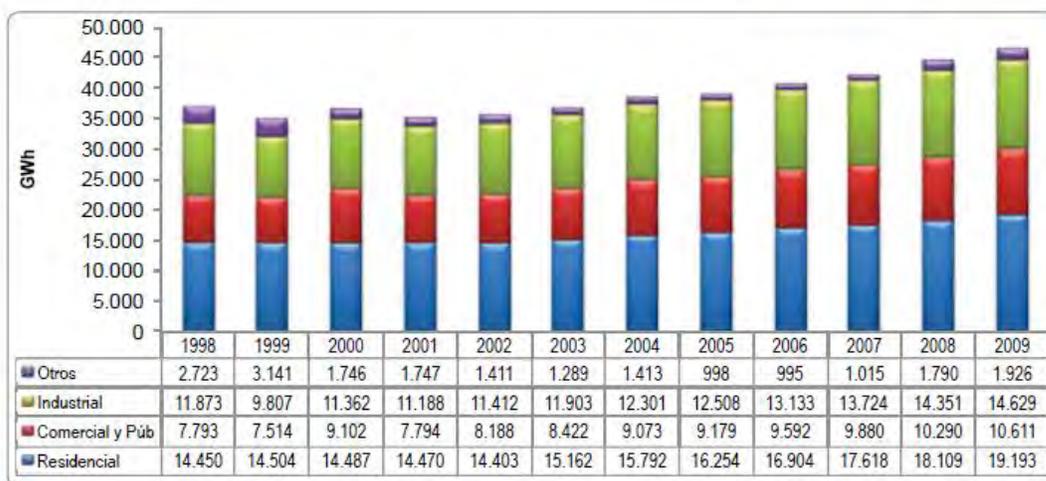
Fuente: XM

En la figura 1-1 se evidencia la disminución de la generación hidráulica que para el año 2008 alcanzaba el 80,01%, reduciéndose considerablemente en los años 2009 y 2010. Para poder garantizar la confiabilidad del sistema otros tipos de generación de energía

como la térmica a gas y la térmica a carbón, han tenido mayor requerimiento⁷. Lo anterior representa un mayor costo tanto económico como ambiental.

La generación por medio de termoeléctricas, que actúan como respaldo a la generación hidráulica, también cuenta con dificultades para su funcionamiento. Las reservas de gas, que es el energético menos costoso para este tipo de generadoras, no son lo suficientemente altas y además están comprometidas principalmente para el sector residencial que también consume aproximadamente un 40% de la energía eléctrica utilizada a nivel nacional según datos del año 2009 proporcionados por la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME, con una tendencia progresiva al alza (Figura 1-2).

Figura 1-2: Evolución consumo de energía eléctrica por sectores 1998-2009 [90].



Fuente: UPME, SUI

Este incremento en el consumo eléctrico obedece a diversos factores como el cambio climático, fuertes olas de calor, nuevos hábitos de consumo y demanda de confort de los usuarios. Por otro lado, el parque de viviendas existentes se ha construido en gran

⁷ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, UPME y ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA, ASOCODIS. Informe sectorial sobre la evolución de la distribución y comercialización de energía eléctrica en Colombia. Balance de sucesos y estadísticas 1998-2010. Bogotá: Ministerio de minas y energía, 2011.

medida sin tener en cuenta criterios de eficiencia energética (EE) ni criterios ambientales de habitabilidad. Se trata de edificaciones con sistemas energéticos que dependen exclusivamente de las empresas prestadoras de servicios públicos y poco eficientes en cuanto al ahorro de los recursos energéticos y en cuanto a la provisión de confort para los usuarios.

Aunque a la fecha existen leyes y normas⁸ con inclusión de parámetros de diseño mínimos para la construcción de edificios que procuren el uso racional y eficiente de la energía eléctrica, aún no se cuenta con suficientes decretos reglamentarios que definan y aclaren la aplicación de esta normatividad. También se cuenta con estándares internacionales de sostenibilidad como la herramienta LEED (liderazgo en energía y diseño ambiental) de Estados Unidos cuya aplicación depende en gran parte de la voluntad y capacidad de las empresas constructoras. De otra parte, el sector administrativo no ha establecido incentivos o alivios en gravámenes que potencien la inversión en EE en edificios residenciales.

Existe también una desarticulación entre los diferentes actores que intervienen en la producción de vivienda en el país: productores de materiales, constructoras, entes gubernamentales, sector financiero, sector académico e investigativo, sector energético y empresas prestadoras de servicios públicos. Sin la concertación entre todas estas partes se hace más difícil la inclusión de la EE en la construcción de vivienda en el país.

En el sector privado de la construcción se cuenta con iniciativas independientes y voluntarias en cuestión de EE como el hecho de certificar a los edificios mediante el estándar de medición de la sostenibilidad LEED. Para el año 2014 Colombia contaba con 134 proyectos registrados en este sistema de certificación, los cuales sumaban un área de 3,15 millones de metros cuadrados equivalentes al 12,8% del área total licenciada en 2013⁹. En ese año el área licenciada en vivienda no VIS a nivel nacional

⁸ A nivel nacional se cuenta con la Ley 1715 de 2014, mediante la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema eléctrico nacional y la Resolución 0549 de 2015 mediante la cual se establecen parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones.

⁹ Dinero. Construcción sostenible gana terreno. {En línea}. {01, agosto, 2015} disponible en: (<http://www.dinero.com/pais/articulo/construcciones-sostenibles-certificadas-leed-colombia/200173>).

fue de 9.986.000m² correspondientes al 48% de un total de 20.456.000m² aprobados de enero a octubre de 2013¹⁰.

Para el año 2015, 53 edificaciones, que sumaban un área de 1.107.105m², ya contaban con el sello LEED, sin embargo, ninguno de los edificios certificados pertenece al sector residencial sino al de comercio y servicios¹¹. Este hecho es entendible si se considera que los promotores de la certificación en estos edificios son los mismos propietarios y usuarios finales quienes se benefician directamente de las condiciones sostenibles de las edificaciones, situación que no se presenta en el sector de la vivienda. Para el promotor de vivienda tanto la certificación como en el seguimiento de lineamientos de construcción sostenible pueden representar costos adicionales que el usuario final no percibe o valora.

Aunque en el país se avanza en la construcción sostenible por decisión privada, el sector residencial no entra dentro de estas iniciativas a pesar de tener un porcentaje considerable dentro del área construida legalmente en Colombia. En este sentido, es necesario explorar opciones reglamentarias aplicables a la vivienda en pro de la EE.

La no inclusión de parámetros de EE en la construcción de viviendas, propiciará que a futuro estas sigan siendo totalmente dependientes de la red eléctrica tradicional y además ineficientes en cuanto a energía y confort, hechos que conllevan a una pérdida de valor de los bienes inmuebles y a un detrimento paulatino del medio ambiente.

¹⁰ SECRETARÍA DISTRITAL DE HACIENDA. Indicadores de construcción y vivienda en Bogotá. Número 5/diciembre de 2013. {En línea}. {15 diciembre, 2015} disponible en: (http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/boletin_total_7.pdf).

¹¹EL TIEMPO: Los edificios sostenibles en tono verde. . En: El Tiempo {En línea}. {15, junio, 2015} disponible en: (<http://www.eltiempo.com/contenido-comercial/especiales-comerciales/los-edificios-sostenibles-en-tono-verde/15899896>)

2. Justificación

La presente investigación se justifica desde distintos ámbitos: desde el ámbito tecnológico-ambiental, desde el ámbito socioeconómico, y desde el ámbito disciplinar.

En cuanto a lo tecnológico-ambiental la investigación contribuye al establecimiento de pautas para la construcción de viviendas con criterios de sostenibilidad, conforme con las tendencias y políticas actuales que rigen la materia a nivel global, hecho que repercute en la mitigación de efectos adversos sobre el medio ambiente derivados por el ineficiente consumo energético del sector residencial.

Se intenta dar pautas para un estándar de vivienda multifamiliar más tecnificada y eficiente mediante la incorporación adecuada de estrategias tecnológicas de eficiencia energética.

Con respecto a lo socio económico busca ser un aporte para hacer más competitivo al sector de la construcción de vivienda, de manera que responda a las demandas reglamentarias y normativas vigentes o en proceso y a las necesidades de los clientes y/o usuarios quienes cada día demandan edificios con mayor calidad y confort, en procura de una mejor calidad de vida y aportando posibilidades de creación de valor para los bienes inmuebles.

En cuanto a lo disciplinar la tesis pretende ayudar a la toma de decisiones en cuanto a EE por parte de los profesionales implicados en la construcción de vivienda, sean estos gestores de proyecto, arquitectos diseñadores, legisladores y planificadores urbanos. En este ámbito, también constituye un aporte para los estudiantes de arquitectura como fuente de consulta y guía para la formulación de proyectos de vivienda académicos. También representa una valoración objetiva de las normas, estándares y lineamientos de EE aplicables a la vivienda multifamiliar de costo medio en Colombia

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Desarrollar un modelo de gestión y calificación de la eficiencia energética para edificios de vivienda multifamiliar de costo medio en Colombia, que contribuya al ahorro y uso racional de energías convencionales durante la fase de uso de las edificaciones y/o proyectos.

3.2 Objetivos específicos

Identificar y analizar los ejemplos, las estrategias, las políticas y los instrumentos regulatorios (estándares y códigos) de EE implementados en diversos países para establecer lineamientos básicos de EE, aplicables a edificios de vivienda multifamiliar en altura de costo medio en Colombia.

Determinar lineamientos de gestión y calificación para establecer indicadores de valoración de las estrategias de EE y determinar su viabilidad y conveniencia.

Caracterizar la tipología de vivienda multifamiliar de costo medio y sus necesidades de consumo energético para establecer las estrategias de EE adecuadas.

Establecer una matriz de evaluación como metodología de gestión y valoración de EE que sirva de guía para la toma de decisiones por parte de gestores y diseñadores de proyectos.

4. Antecedentes

4.1 Políticas mundiales de eficiencia energética

Las políticas internacionales para reducir el consumo de la energía en las edificaciones se han encaminado en diversos frentes ya sean de carácter normativo, financiero e informativo.

Países de Europa como Italia, Alemania y Gran Bretaña, adelantan desde 1990 estrategias como el etiquetado energético de electrodomésticos y equipos térmicos, certificación energética de edificaciones, información, formación y concientización de ciudadanos, endurecimiento progresivo de códigos técnicos de construcción y fomento de la EE mediante la introducción de energías renovables con reducción de gravámenes y préstamos con bajos intereses [80].

La Unión Europea UE, cuenta con una normativa que busca impulsar las mejoras costo-efectivas para promover la eficiencia energética de las edificaciones y busca que a partir del año 2021 todos los nuevos edificios ya sean residenciales o de comercio y servicios sean de energía cero [10]. La inclusión de energías renovables es fundamental para este objetivo. Alemania se destaca al respecto en la producción y comercialización de dispositivos para la generación de este tipo de energías, así como en su implementación. Cuenta con energía solar térmica y fotovoltaica, eólica y geotérmica, entre otras [49].

Inmerso dentro de la UE, el país de España, ha venido creciendo en cuestiones de EE y ha desarrollado el Código Técnico de la Edificación CTE que incorpora exigencias básicas para el ahorro de energía necesaria para calefacción, refrigeración y calefacción en las edificaciones como la limitación de la demanda energética mediante el

mejoramiento de la envolvente y una contribución solar mínima para la producción de agua caliente domiciliaria [47].

En cuanto a la región de América Latina, se encuentra el caso de México, país pionero en la región en desarrollar e implementar un conjunto de políticas para optimizar su mercado de viviendas, siendo las herramientas financieras el eje central de su estrategia, otorgando subsidios para los desarrolladores de vivienda que cumplan con criterios de sostenibilidad [80]. El país también ha desarrollado códigos de construcción con criterios de sostenibilidad como el código de edificación de vivienda [24] y ha fortalecido la capacidad gubernamental para hacer cumplir las leyes y mejorar la capacidad técnica de los agentes que intervienen en la producción de vivienda. Adicionalmente México cuenta con una reglamentación en cuanto a aislamiento térmico de las edificaciones en donde se establece los valores mínimos de resistencia térmica total R (NMX-C-460-ONNCCCE-2009) [9].

Al respecto también se destaca Argentina, país que posee una serie de normas técnicas para el acondicionamiento térmico de los edificios entre las que figura la norma IRAM 11601 que establece cálculos y valores de las propiedades térmicas de los elementos y componentes del aislamiento de la edificación [55].

En Colombia se ha forjado un marco legal referente a la EE que parte desde la Ley 697 de 2001 [16] y su decreto reglamentario, el Decreto 3683 de 2003 [17], teniendo como objetivo el fomentar el uso racional y eficiente de la energía URE, así como promover e incentivar la utilización de energías alternativas. De estos actos administrativos se desprenden otros como la Resolución 180609 de 2006 [18] y la Resolución 180919 de 2010 [20]. Mediante la primera se definen acciones que hacen parte del programa URE, entre ellas, el fomentar el programa en las construcciones arquitectónicas y en general en todos los sectores: oficial, comercial, transporte, residencial, e industrial. Con la segunda se establecen acciones específicas para el sector residencial como la sustitución de bombillas, el uso eficiente de energía en equipos de refrigeración y aire acondicionado doméstico, las hornillas eficientes así como el diseño, construcción y uso de viviendas sostenibles. Con respecto a esto último se ha dado un avance mediante la expedición de la Resolución 0549 de 2015 [22] por medio de la cual se reglamentan

parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se plantea una guía para el ahorro de agua y energía en todo tipo de edificaciones de obra nueva, incluyendo la vivienda VIS y la no VIS. En la resolución se establece una línea base de consumo de energía por m² de construcción dependiendo del uso y del clima sobre la cual se deben lograr unos porcentajes de ahorro establecidos también según el uso y el clima¹².

Con respecto a la vivienda de interés social VIS existe la propuesta de reglamento técnico de eficiencia energética para viviendas de interés social RETEVIS. El planteamiento se enfoca en el confort termo-acústico y lumínico, así como en la cantidad total de energía consumida durante la producción de materiales y en la construcción de la obra [13].

De otro lado, también se cuenta a nivel nacional con la Ley 1715 de 2014 [21], mediante la cual se regula la incorporación de energías no convencionales, incluidas las renovables, al sistema de energía nacional. La ley paulatinamente se ha estado reglamentando mediante diversos decretos como el Decreto 2143 de 2015 [23] por el cual se establecen incentivos a la inversión en fuentes de energía no convencionales como la excepción de IVA para bienes y servicios relativos a estos tipos de energía, aun así, la interconexión de generadores en sitio a pequeña escala aún no está regulada.

4.2 Referentes arquitectónicos

A nivel internacional existen numerosos ejemplos de edificios sostenibles, proyectados y construidos con inclusión de lineamientos de EE.

En el campo de la construcción de vivienda sostenible España se destaca a nivel iberoamericano. El país europeo cuenta con sobresalientes ejemplos de arquitectura residencial de diverso tipo y costo, con lineamientos de eficiencia energética, así como con arquitectos distinguidos en el ámbito de la sostenibilidad; uno de ellos es el arquitecto Luis de Garrido quien además de contar con un amplio repertorio de proyectos

¹² Debido a que la línea base de consumo está determinada por metro cuadrado construido se presenta una dificultad para el cumplimiento de la norma por parte de unidades de vivienda de área reducida en climas cálidos.

sostenibles en su país de origen también ha diseñado un proyecto de vivienda de este tipo en Colombia.

A continuación se describen algunos ejemplos:

4.2.1 Conjunto residencial Sunrise [27]

Se trata de un tipo de vivienda denominada “de protección social” que puede equipararse en Colombia con la vivienda tipo 3 y 4 debido a su área y presupuesto. El conjunto se encuentra localizado en la ciudad de Madrid que cuenta con veranos cálido-secos (35 grados en el día y 18 grados en la noche) e inviernos con temperaturas inferiores a 5 grados. Debido a esto las exigencias de confort térmico del proyecto no son del todo equiparables con las exigencias a considerar en un proyecto en Colombia, sin embargo, representa un referente adecuado tanto para el clima frío como para el cálido a nivel colombiano.

Sus características y estrategias de eficiencia se sintetizan a continuación en el Cuadro 4-1:

Cuadro 4-1: Datos generales y estrategias de EE del proyecto Sunrise [27].

Referente 1	Conjunto residencial Sunrise
Datos generales	
Año de construcción	2005 -2007
Localización	Pau de Vallecas. Madrid España
Arquitecto (s)	Felden Clegg Bradley y Ortíz León Arquitectos
Clima	[Csa]Mediterráneo interior - suave con verano seco y caliente
Emplazamiento urbano	Agrupación de bloques. Manzana con patio central, parcialmente abierta al entorno urbano.
Número de unidades	139 viviendas, 2 locales, 141 cupos de parqueo
Estrategias EE	
Bioclimática. Asoleación.	Orientación de edificios y distanciamiento entre fachadas para obtener ganancias solares en invierno. Protección solar con cortasoles móviles.
Bioclimática. Ventilación.	Natural cruzada, rejillas superiores en dormitorios. Viviendas pasantes (con dos fachada opuestas) Chimeneas de ventilación.
ACS	Caldera de gas de condensación/radiador de agua.
Refrigeración AC	No requiere
Calefacción	Caldera de gas de condensación/radiador de agua.
Envolvente	Aislamiento térmico, Cubierta vegetal, huerta urbana.
Energía renovable	Aporte de energía solar térmica para ACS.

Se destaca del proyecto la provisión de un cupo de estacionamiento para cada unidad del conjunto, la no necesidad de ventilación mecánica, la disposición de los edificios para garantizar el calor solar en invierno y las chimeneas solares para la ventilación natural en verano (ver Figura 4-1).

Figura 4-1: Chimeneas solares en conjunto residencial Sunrise [27].



4.2.2 Conjunto residencial Liri Blau

Proyecto de vivienda en Valencia España, diseñado por el arquitecto Luis de Garrido. Contiene unidades de vivienda unifamiliar y también bloques de vivienda multifamiliar alineados en torno a un área de cesión pública que posibilita un gran aislamiento entre volúmenes, garantizando ganancias solares durante el invierno (ver Figura 4-2).

Figura 4-2: Volúmenes de agrupación Liri Blau en torno a cesión pública [77].



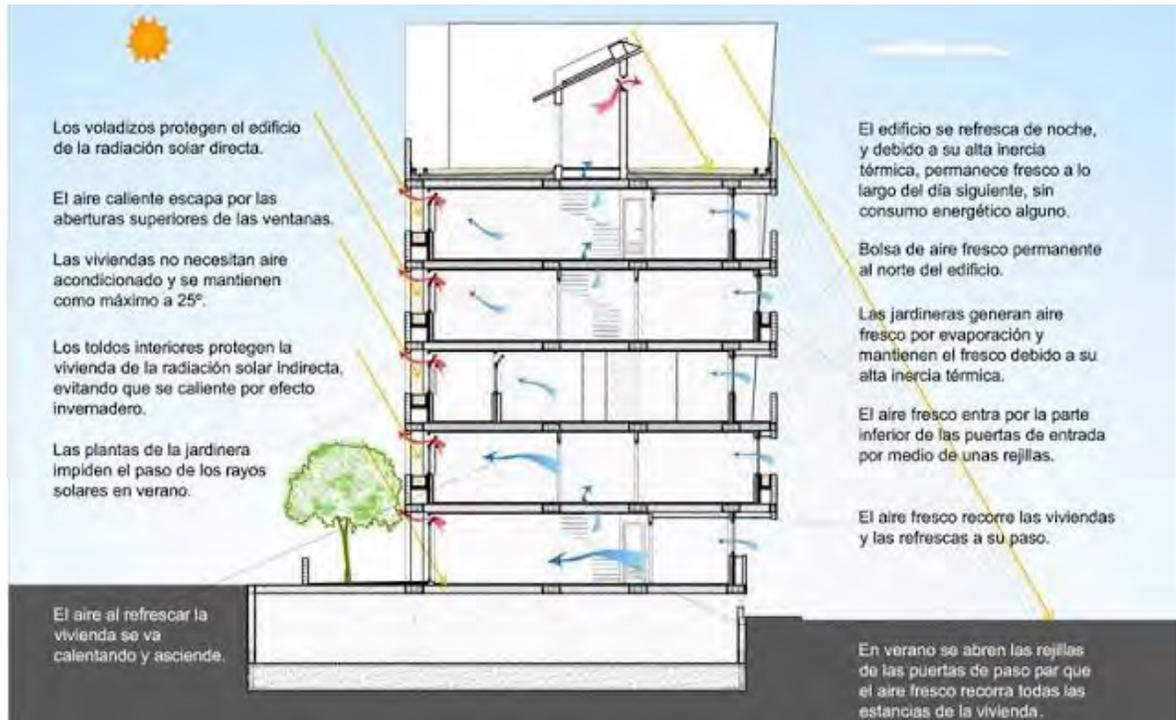
Sus características y estrategias de eficiencia se sintetizan en el cuadro 4-2.

Cuadro 4-2: Datos generales y estrategias de EE del conjunto Liri Blau [77].

Referente 2	Conjunto residencial Liri blau
Datos generales	
Año de construcción	2006
Localización	Massalfassar Valencia España
Arquitecto (s)	Luis de Garrido
Clima	Mediterráneo Inviernos suaves , veranos calurosos.
Emplazamiento urbano	Agrupación de bloques. Área de cesión pública para zonas verde entre los bloque alineados
Número de unidades	129 viviendas
Estrategias EE	
Bioclimática. Asoleación.	Orientación de edificios y distanciamiento entre fachadas para obtener ganancias solares en invierno. Protección en fachada con mayor radiación solar (sur) con aleros y jardineras, toldos interiores y bandas horizontales fijas.
Bioclimática. Ventilación.	Ventilación natural cruzada/ galerías subterráneas de enfriamiento de aire , geotermia/ Chimeneas solares en cubiertas ajardinadas.
ACS	Captorees solares térmicos.
Refrigeración AC	No requiere
Calefacción	Aislamiento de la envolvente, fachadas expuestas a radiación solar , efecto invernadero. Acumuladores eléctricos con tarifa nocturna.
Envolvente	Aislamiento térmico, huerta urbana, cubierta vegetal.
Energía renovable	Energía solar térmica para ACS, geotermia para refrescar aire.

Es de resaltar en este proyecto las estrategias bioclimáticas implementadas para la ventilación natural en verano: ventilación natural cruzada desde el costado norte, con expulsión de aire caliente por fachada sur y por chimenea de ventilación; galerías subterráneas para enfriamiento de aire; protección solar de la fachada con mayor radiación solar con toldos, voladizos y jardineras (ver Figura 4-3).

También sobresalen sus cubiertas verdes con posibilidad de implementación de cultivos urbanos.

Figura 4-3: Estrategias bioclimáticas en conjunto Liri Blau [77].

4.2.3 Conjunto residencial Sayab

El conjunto Sayab, localizado en Cali Colombia, tiene también la firma del arquitecto Luis de Garrido. Consta de 4 bloques de apartamentos de geometría regular (ver Figura 4-4)

Figura 4-4: Bloque de apartamentos en conjunto residencial Sayab [78].

Las características y estrategias de eficiencia energética del proyecto se sintetizan en el cuadro 4-3.

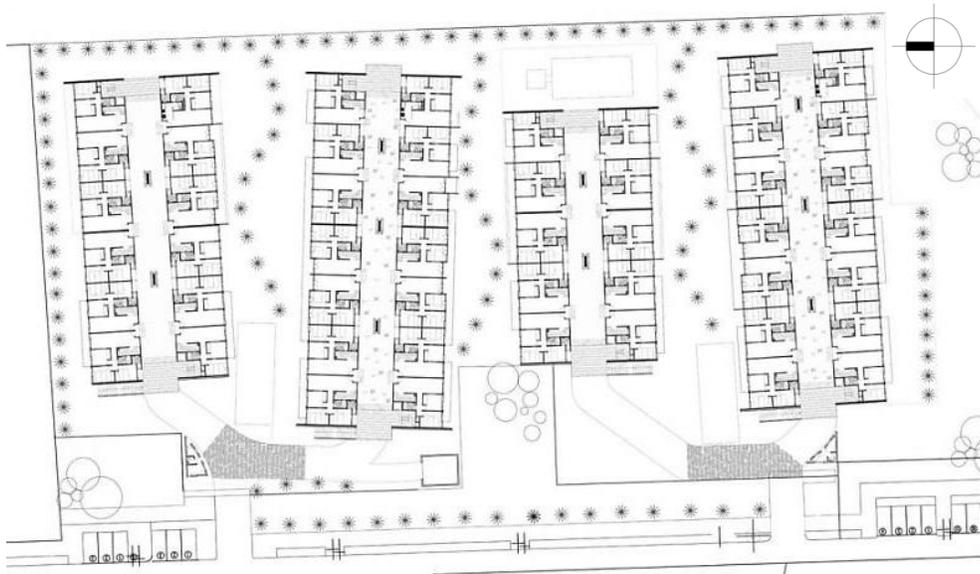
Cuadro 4-3: Datos generales y estrategias de EE del conjunto residencial Sayab [78].

Referente 3	Conjunto residencial Sayab
Datos generales	
Año de construcción	2006
Localización	Gratamira, Cali, Colombia
Arquitecto (s)	Luis de Garrido
Clima	Cálido- húmedo y seco
Emplazamiento urbano	Agrupación de bloques. Área de cesión pública para zonas verde entre los bloque alineados
Número de unidades	129 viviendas
Estrato	4
Estrategias EE	
Bioclimática. Asoleación.	Disposición de aberturas y ventanas en fachadas con menor radiación solar. (Norte, sur). Protección solar con voladizos y balcones.
Bioclimática. Ventilación.	Ventilación natural por patio central en los bloques, galerías subterráneas de enfriamiento de aire , geotermia/ Chimeneas solares .
ACS	No aplica
Refrigeración AC	No requiere
Calefacción	No requiere
Envolvente	Aislamiento térmico y cubierta vegetal.
Energía renovable	Geotermia para refrescamiento de aire.

De relevancia en cuanto a EE, se observa en el proyecto sus cubiertas verdes así como sus estrategias bioclimáticas de control solar y ventilación natural, sin llegar a requerir sistemas de aire acondicionado.

Para el control solar la orientación de los volúmenes fue determinante disponiendo las ventanas y fachadas largas de manera que tuvieran la menor radiación solar. (Norte, sur). (Ver Figura 4-5).

Figura 4-5: Volúmenes del conjunto Sayab orientados para protección de la radiación solar (norte sur) [78].



La protección solar también se garantiza por medio de voladizos y balcones en las fachadas exteriores (ver Figura 4-6).

Figura 4-6: Balcones sobre fachadas de edificio del conjunto Sayab [78].



En cuanto a la ventilación natural se establece un patio central en los bloques junto con galerías subterráneas de enfriamiento de aire y chimeneas solares (ver Figuras 4-7, 4-8 y 4-9).

Figura 4-7: Vista en planta de patio central en bloque del proyecto Sayab [78].



Fig

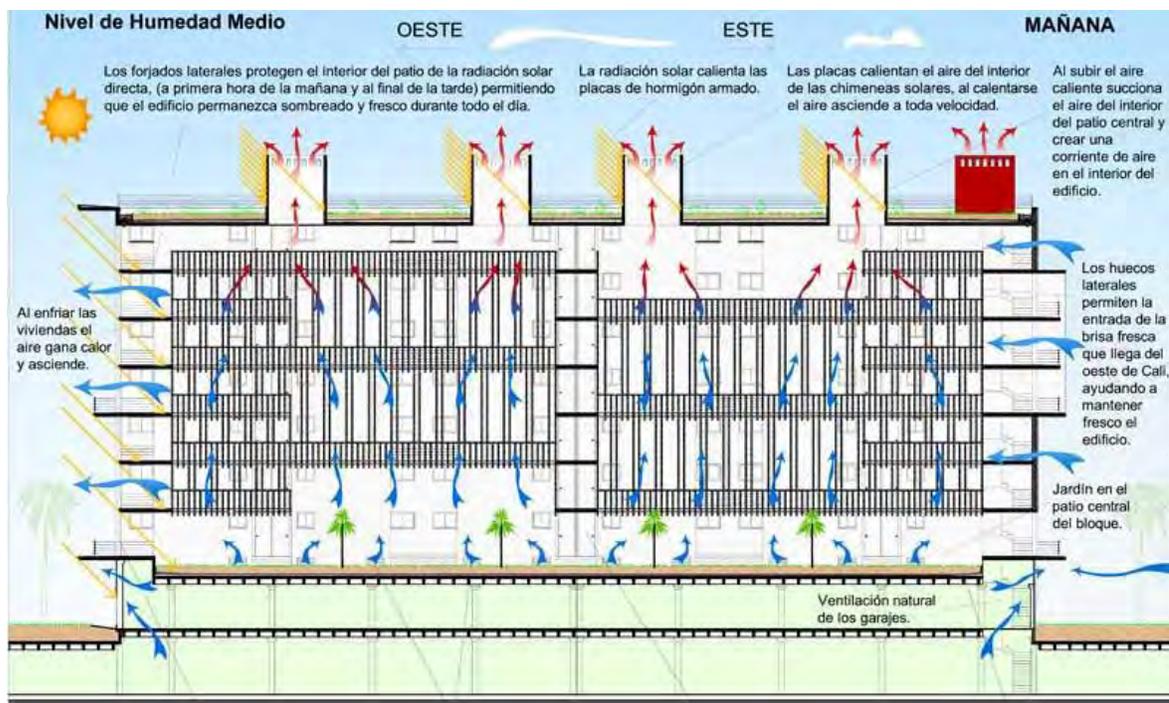


Las chimeneas solares funcionan con base en el principio de convección, el aire se calienta y al ser menos denso que el aire frío sale al exterior de la edificación por la cubierta. El calentamiento del aire se da por la acción del sol cuya energía térmica es captada por un ducto que incorpora elementos como cristales, muros pintados de negro,

entre otras especificaciones capaces de absorber la radiación solar. El aire frío es inyectado por la parte inferior del edificio

Las estrategias de ventilación natural del proyecto se observan en la Figura 4-9. El aire que se introduce al patio se conduce a través de unas galerías laberínticas por las que el aire se enfría desde el exterior, por lo que no habría lugar a contaminación del aire por CO2 proveniente de los vehículos dispuestos en los sótanos, los cuales también se ventilan de forma natural.

Figura 4-9: Estrategias de ventilación natural en conjunto residencial Sayab [78].



5. Bases teórico-conceptuales

El establecimiento de criterios de EE, generales y específicos para el uso residencial multifamiliar, se fundamenta en la documentación referente al tema que incluye normas urbanas, códigos técnicos y estándares de calificación de sostenibilidad (ver Cuadro 5-1). Los lineamientos también se desprenden de guías y textos asociados al diseño eficiente en energía de edificaciones. Las coincidencias y recurrencias establecen los criterios esenciales a considerarse en EE.

Cuadro 5-1: Normas, códigos y estándares asociados a EE [la autora].

Normas, códigos y estándares asociados a EE			
Normas urbanas nacionales	Normas técnicas y propuestas de normas nacionales	Códigos y reglamentos técnicos internacionales	Estándares
Decreto 190 de 2004.	Resolución 0549 de 2015 y anexo 1 (Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones).	CTE: Código técnico de la edificación. España	LEED 2009. USA
Decreto 364 de 2013			VERDE. España
Decreto 562 de 2014	Propuesta de reglamento técnico de eficiencia energética para viviendas de interés social RETEVIS	Código de edificación de vivienda. México	

Los documentos consultados corresponden a países relativos a Colombia en términos socioculturales y geográficos principalmente, y por su predominancia en el ámbito de la sostenibilidad y la EE como Estados Unidos que ha desarrollado la herramienta de certificación LEED que es aplicada en Colombia. México es un país que cuenta con zonas climáticas equiparables con las nacionales que además ha mostrado avances en la promulgación de normatividad específica para la vivienda en pro de la eficiencia energética. Por otro lado se encuentra España, que aunque posee mayores exigencias climáticas con respecto a Colombia, cuenta con destacados ejemplos de vivienda social (equiparables a las viviendas tipo 3 y 4) con criterios de EE.

Otro país líder en EE en la región latinoamericana es Chile que ha desarrollado guías que brindan pautas para el diseño de edificaciones eficientes en energía.

5.1 Lineamientos de eficiencia energética

5.1.1 Lineamientos de EE en normas urbanas nacionales

Para determinar criterios de EE en la planificación territorial se tuvieron en cuenta lineamientos de la más reciente reglamentación urbana de Bogotá, que vigente o no, incluye directrices en la materia. Lo anterior en consideración al rol que esta ciudad posee como capital, contando con mayores exigencias y retos en materia de energía y sostenibilidad.

- **Decreto 190 de 2004. POT Bogotá (Vigente a 2016) [6]**

Aunque no se manifiesta de manera específica con respecto al tema de la eficiencia energética, si existen criterios ambientales y de calidad habitacional para la vivienda, teniendo en cuenta los índices controlados de ocupación y de construcción, así como la iluminación y ventilación natural exigida para la mayoría de espacios de la vivienda, excluyendo solo los servicios.

También promueve la recuperación de zonas verdes en áreas residenciales y la preservación de barrios con este uso, limitando los usos de comercio y servicios complementarios a la vivienda a zonas restringidas.

▪ **Decreto 364 de 2013. MEPOT (suspendido en 2014) [7]**

El suspendido decreto consiste en una modificación excepcional al POT del año 2004. En contraste con este, en el MEPOT, se evidencian directrices específicas de EE que se pueden tomar como referencia para futuros planes de ordenamiento territorial (ver Cuadro 5-2).

Cuadro 5-2: Lineamientos de EE en Decreto 364 de 2013 [7].



Un lineamiento relevante para la EE incluido en el decreto es el relativo a la mitigación del efecto de isla calor. Con la implementación de cubiertas vegetales junto con la destinación de zonas verdes arborizadas, se procura sombra y se reduce el efecto de isla calor, mejorando la temperatura ambiente del aire.

Lo anterior soporta la estrategia de ventilación natural en zonas cálidas debido a que si el aire exterior es cálido, el sistema de ventilación natural introduce aire poco fresco al interior de los espacios.

En clima frío es conveniente la inclusión de arborización urbana debido a que las copas de los árboles actúan como pantallas que impiden la pérdida de calor [1]. De otra parte,

las zonas arborizadas en clima frío actúan como protección contra el viento, lo cual favorece el confort térmico y reduce la demanda de energía para calefacción [53].

Otros criterios de EE relevantes incluidos en el decreto son el fomento de las energías renovables así como la consideración de estrategias bioclimáticas, entre ellas el aprovechamiento de la luz natural y de la energía solar.

De otro lado, se persigue también la mezcla de usos y la intensificación del aprovechamiento del suelo, en busca de una ciudad compacta. Un ejemplo de esto es el edificio BD Bacatá en Bogotá. En el proyecto se plantean diversos usos como vivienda, comercio y servicios en un alto número de pisos (ver Figura 5-1).

Figura 5-1: Edificio BD Bacatá [la autora].



Un ejemplo a nivel internacional de la mezcla de usos e intensificación del aprovechamiento del suelo es la Villa deportiva femenina en Malmo Suecia, diseñada por el grupo de arquitectura Bjarke Ingels Group BIG. El proyecto plantea además de las residencias para las deportistas, locales comerciales y escenarios deportivos, como se ve en la Figura 5-2 y en la Figura 5-3.

Figura 5-2: Mezcla de usos en villa deportiva femenina en Malmo Suecia [5].



La intensificación lograda no se da en altura sino en ocupación del lote, restituyendo áreas libres en un nivel elevado (tercer nivel), a la altura de la cubierta del escenario deportivo (ver Figura 5-3).

Figura 5-3: Ocupación total de terreno en villa deportiva en Malmo Suecia [5].



Las ciudades compactas son consideradas en el eco-urbanismo como una estrategia sostenible de EE debido a la disminución de viajes y desplazamientos urbanos, generándose una reducción en el uso de combustibles necesarios para la movilización de vehículos con motor y así mismo una reducción de emisiones de gases efecto invernadero GEI.

Como complemento a esto, el decreto disminuye la exigencia de estacionamientos y limita el cupo de parqueos en los proyectos residenciales y de otros usos.

Otras estrategias de EE mencionadas en el MEPOT de 2013, prefiguran una política sostenible de regularización urbana a nivel distrital que pretende involucrar también al sector privado mediante estímulos y concertación de acciones coordinadas entre las partes.

- **Decreto 562 de 2014** (Derogado por el decreto 079 de 2016) [8]

Establece la reglamentación para el tratamiento de renovación urbana del distrito capital. Sigue algunos de los lineamientos de MEPOT como la búsqueda de una urbe compacta, lo que implica crecimiento en altura.

En el decreto, las alturas e índices máximos de ocupación y construcción no tienen un límite definido; dependen de aplicar las normas sobre aislamientos, antejardines, cargas urbanísticas (porcentajes de cesiones de suelo), entre otras. Bajo estos parámetros, las alturas e índices representan un rango de flexibilidad y libertad para el urbanizador a favor de la intensificación y aprovechamiento del suelo urbano.

La libertad en el índice de ocupación puede favorecer el desarrollo de proyectos como el de la villa deportiva en Malmo Suecia [5] a nivel local.

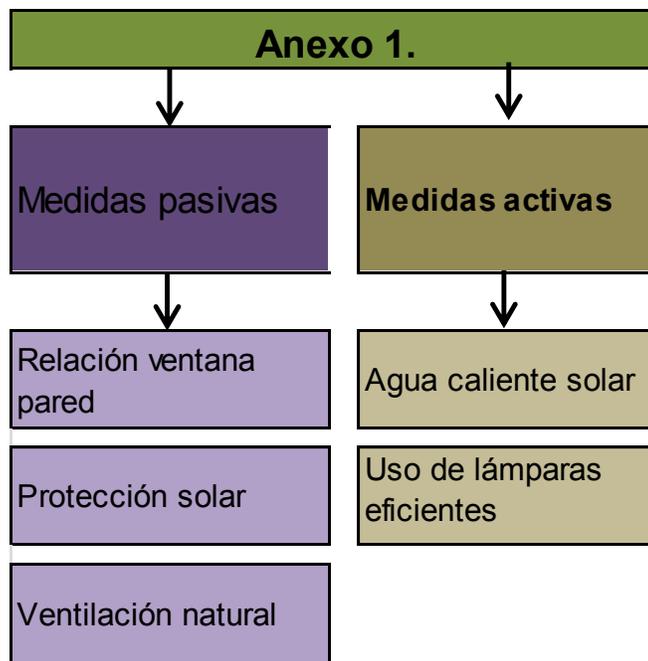
Con respecto a la libertad en alturas debe considerarse si esta ventaja para el constructor puede resultar poco favorable para la EE debido a que la iluminación natural y la radiación solar se podrían ver obstaculizadas por las edificaciones de gran altura.

5.1.2 Lineamientos de EE en normas técnicas y propuestas de normas nacionales

▪ Resolución 0549 de 2015.

Con la resolución 0549 de 2015 se da un mayor avance, de cobertura nacional, para regularizar la construcción sostenible, teniendo en cuenta la variable energética. Las medidas recomendadas que aparecen en la guía son evaluadas desde una óptica de costo-beneficio, que consideran los siguientes factores: potencial de ahorro del recurso, impacto en el costo del proyecto y periodo de retorno. Para la vivienda en general se establece un limitado conjunto de estrategias (ver Cuadro 5-3) a las cuales no se le aplican en su gran mayoría los factores mencionados.

Cuadro 5-3: Principales medidas recomendadas para vivienda en anexo 1 de la resolución 0549 de 2015 [22].



Como primera medida destacable de la guía, aplicable a la vivienda, aparece la estrategia de relación ventana pared RVP, en la que se recomienda un porcentaje de superficie vidriada no mayor al 40% del área de la pared exterior del espacio.

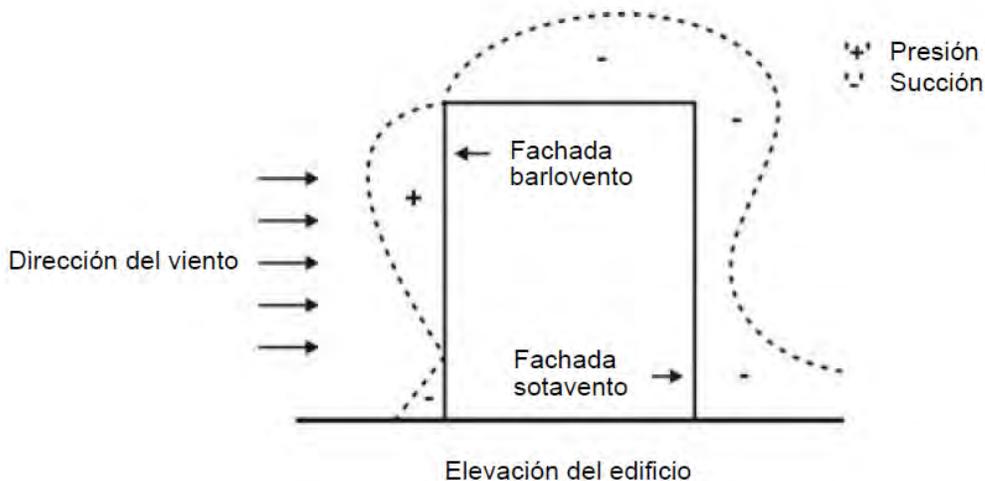
Con respecto a los marcos y perfiles de la ventana no se realiza indicación alguna.

En cuanto a la protección solar, la guía recomienda diversos elementos como vidrios de protección solar, balcones, aleros y persianas, preferiblemente exteriores. En el caso del vidrio de las fachadas se debe contar con un coeficiente de ganancia de calor solar máximo de 0,6.

Con respecto a balcones aleros y persianas se establecen recomendaciones para el cálculo de las sombras, lo cual se puede conseguir de manera rápida con un software apropiado como REVIT de Autodesk. El programa posee una herramienta útil para realizar estudios de sol y sombras en cualquier ubicación y día del año.

Finalmente dentro de las medidas pasivas se cuenta con la ventilación natural. En cuanto a esta se establecen una serie de recomendaciones como considerar la rosa de los vientos de cada localidad para establecer la dirección predominante de estos, considerar la fachada de presión o barlovento y la fachada de succión o sotavento (ver Figura 5-4), privilegiando la ubicación de espacios habitables en barlovento para garantizar la ventilación natural cruzada que es la única que se destaca en el documento.

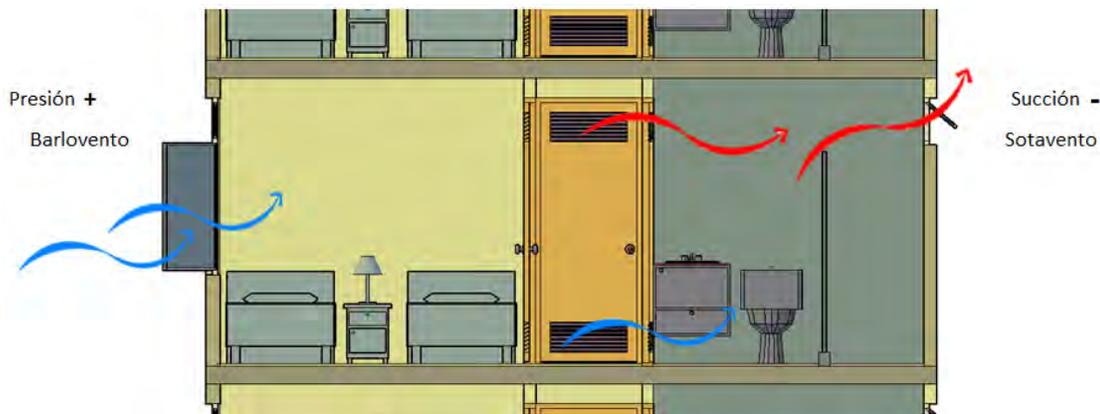
Figura 5-4: Presión y succión con respecto a la dirección del viento [22].



La ventilación natural cruzada difiere de la directa o unilateral, en la que en un recinto el aire entra y sale por una misma ventana, debido a que involucra aberturas en fachadas opuestas que dan a espacios abiertos [12]. Las fachadas de ingreso de aire frío deben estar orientadas a barlovento, es decir, en la dirección de los vientos predominantes. Las aberturas en las fachadas al lado opuesto o sotavento, deben localizarse en la parte alta.

Los elementos divisorios como puertas y muros internos deben acondicionarse con elementos como rejillas o similares que permitan los flujos de aire sin obstrucciones (ver Figura 5-5).

Figura 5-5: Ventilación natural cruzada en espacios de la vivienda [la autora].



No obstante, debe considerarse que en los entornos urbanos existen obstáculos y barreras de viento, como edificios y árboles que pueden variar su dirección y velocidad. Garantizar una adecuada orientación conforme a vientos y una efectiva succión en fachadas a sotavento puede ser algo difícil de lograr por lo que se requiere considerar otras estrategias de ventilación natural apoyadas por elementos que procuren la ascensión efectiva del aire caliente dando lugar al aire fresco. Un ejemplo de esto son las chimeneas solares, descritas en los referentes arquitectónicos seleccionados para el desarrollo de esta investigación.

En cuanto a las medidas activas se destacan el agua caliente solar para la vivienda no VIS, que según los factores costo – beneficio adoptados por la guía es medianamente recomendable¹³, y el uso de iluminación de energía eficiente mediante bombillas fluorescentes compactas denominadas comúnmente “ahorradoras” y las bombillas de diodos emisores de luz LED. Las últimas son las más eficientes y han alcanzado un desarrollo y costo que les permite ser competitivas en la actualidad con las bombillas “ahorradoras” que se usan generalmente en las viviendas.

¹³ En la presente tesis, las estrategias para agua caliente con energía solar térmica se determinan como poco recomendables para la vivienda multifamiliar tipo 3 y 4 al ser analizadas en la matriz de valoración de EE que incluye 10 indicadores de evaluación.

▪ **Propuesta de reglamento técnico de eficiencia energética para viviendas de interés social RETEVIS [13].**

El RETEVIS plantea como indicadores de EE dos índices fundamentales, el primero, el índice global de confort, contempla variables como el confort térmico, acústico y lumínico junto con la calidad del aire. El segundo indicador, el índice global de consumo energético, califica el gasto de energía invertida en la producción de materiales de obra y en la construcción del proyecto.

La aplicabilidad del RETEVIS, se dificulta debido principalmente a dos factores: primero, se plantea una metodología de medición del confort que puede llevar a una declaración de un resultado positivo o negativo, sin recomendaciones para lograr la situación ideal que es difícil de alcanzar como en el caso del confort acústico que se establece y que a primera vista no representa aporte alguno en materia de EE; segundo, la obtención de una calificación favorable en el índice global de consumo energético depende en gran medida de las cadenas de producción de materiales, y escapa, de momento, de la capacidad y responsabilidad del constructor, debido a que no se cuenta en el sector productivo con fichas técnicas especializadas que declaren el consumo energético invertido en la extracción, fabricación y transporte de materiales, los cuales son datos que deben declararse conforme con la propuesta de reglamento.

Los principales materiales utilizados en la construcción de vivienda tipo 3 y 4 generalmente son el cemento, el acero y las unidades de mampostería de arcilla. Todos estos materiales poseen altos índices de consumo energético en su producción, no obstante esto, están arraigados en la tradición constructiva nacional, por lo que su desaparición o paulatino reemplazo no se contemplan ni en el corto ni en el mediano plazo. En este sentido se hace necesario promover e incentivar la implementación de materiales y sistemas constructivos alternativos, que favorezcan la EE.

Al respecto se destaca en el ámbito nacional el proyecto conjunto residencial Sayab en la ciudad de Cali, cuyos materiales y sistema constructivo son innovadores y eficientes en cuanto a consumo energético [78].

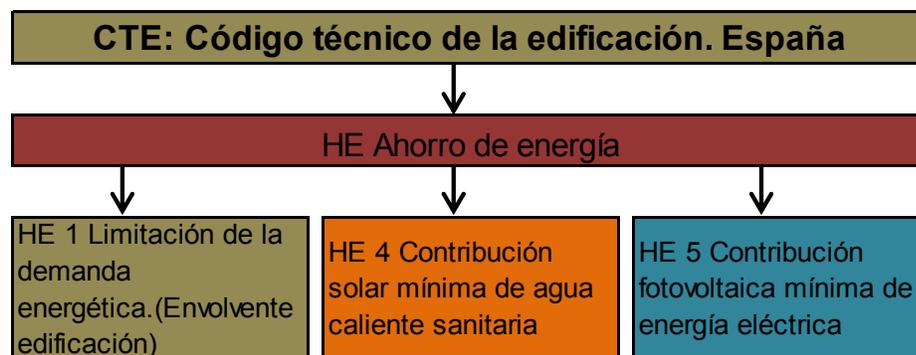
5.1.3 Lineamientos de EE en códigos técnicos internacionales

En general los códigos técnicos incluyen parámetros y requisitos mínimos o lineamientos básicos a ser cumplidos por los siguientes componentes de la edificación: la envolvente, los sistemas de agua caliente, la iluminación y electricidad, los sistemas de calefacción y enfriamiento, así como equipos y aparatos domésticos.

- **Código técnico de la edificación CTE**

El CTE, posee un título específico enfocado al ahorro de energía. Se trata del título HE, aprobado por Real Decreto 314 de 2006 [47]. Las medidas de ahorro de energía establecidas en el título se sintetizan en el Cuadro 5-4.

Cuadro 5-4: Medidas de ahorro de energía en CTE España [47].



Es de resaltar en el CTE que parte de la premisa de reducir la demanda energética mediante el mejoramiento de la envolvente. Para ello se establecen valores de transmitancia térmica, orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica de edificios residenciales.

El siguiente aparte considerado dentro del CTE es la contribución solar mínima para agua caliente del 30% al 70%, dependiendo de la demanda total de agua caliente y de la zona climática.

Finalmente el CTE demanda una contribución fotovoltaica mínima para la generación de energía eléctrica en la edificación. Aunque no contempla este requerimiento para el uso residencial sino para otros usos como hipermercados, instalaciones deportivas, hospitales, entre otros, es conveniente analizar la viabilidad de la estrategia para el

sector residencial debido a que la tendencia a futuro es que gran parte de las edificaciones a nivel mundial sean energía cero.

La incorporación de paneles fotovoltaicos en la vivienda a pesar de no ser exigida por el código se encuentra planteada en algunos proyectos residenciales en España como es el caso del conjunto residencial Sol i Vert en Valencia del arquitecto Luis de Garrido (ver Figura 5-6).

Figura 5-6: Conjunto residencial Sol i Vert en Valencia España [28].



▪ **Código de edificación de vivienda. México [24]**

Se destacan dentro de este código tres secciones referentes a EE. Por un lado se tiene el desarrollo del sitio y por el otro las consideraciones específicas relativas a la energía en general y a la energía renovable (ver Cuadro 5-5).

Cuadro 5-5: Medidas de EE en código de edificación de vivienda México [24].



Dentro de la sección de diseño y desarrollo del sitio se contempla el efecto de isla calor que tiene influencia en la calidad de la temperatura ambiental urbana.

Con respecto a la sección de energía el código establece el aislamiento térmico para la vivienda mediante el cumplimiento de valores mínimos de resistencia térmica R para los elementos que conforman la envolvente de la edificación. Se debe cumplir con la norma NMX-C-460-ONNCCE-2009 [9] (ver Tabla 5-1).

Tabla 5-1: Valores de Resistencia térmica total R de elementos de la envolvente en NMX-C-460-ONNCCE-2009 [9].

Zona Térmica No.	Techos m ² K / W (ft ² h °F / BTU)			Muros m ² K / W (ft ² h °F / BTU)			Entrepisos Ventilados m ² K / W (ft ² h °F / BTU)		
	Mínima	Habitabilidad	Ahorro de Energía	Mínima	Habitabilidad	Ahorro de Energía	Mínima	Habitabilidad	Ahorro de Energía
1	1,40 (8,00)	2,10 (12,00)	2,65 (15,00)	1,00 (5,70)	1,10 (6,00)	1,40 (8,00)	NA	NA	NA
2	1,40 (8,00)	2,10 (12,00)	2,65 (15,00)	1,00 (5,70)	1,10 (6,00)	1,40 (8,00)	0,70 (4,00)	1,10 (6,00)	1,20 (7,00)
3A, 3B y 3C	1,40 (8,00)	2,30 (13,00)	2,80 (16,00)	1,00 (5,70)	1,23 (7,00)	1,80 (10,00)	0,90 (5,00)	1,40 (8,00)	1,60 (9,00)
4A, 4B y 4C	1,40 (8,00)	2,65 (15,00)	3,20 (18,00)	1,00 (5,70)	1,80 (10,00)	2,10 (12,00)	1,10 (6,00)	1,80 (10,00)	1,90 (11,00)

Nota 4: 1 m² K / W = 5,68 ft² h °F / BTU

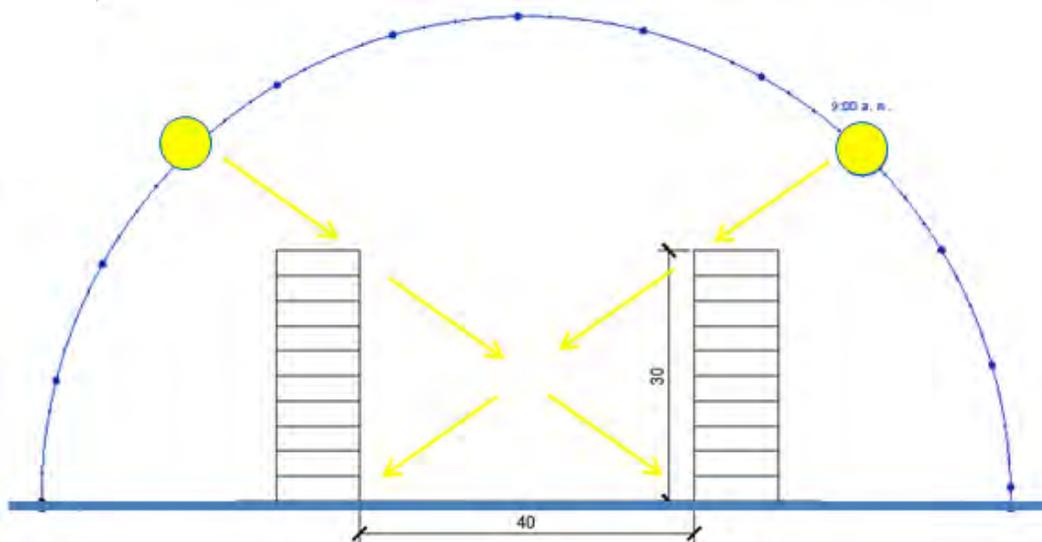
Las zonas térmicas 1 y 2 son cálidas, las zonas con número 3 son templadas y las zonas con número 4 son frías. La demanda de aislamiento, según la Tabla 5-1, aumenta entre más fría sea la zona. En cuanto a eficiencia energética se debe considerar el valor R que aparece en la columna de ahorro de energía.

En cuanto a las energías renovables el código incluye una sección con tres variables de EE destacadas a considerar: el derecho al sol, el calentador de agua solar y el sistema de paneles fotovoltaicos.

En lo referente al derecho al sol, se busca garantizar que la vivienda tenga la posibilidad de aprovechar la energía solar ya sea de forma pasiva o mediante paneles térmicos o fotovoltaicos. Aunque se trata de un acuerdo entre propietarios de predios vecinos colindantes, se establece también la necesidad de una regulación urbana que garantice un derecho al sol generalizado.

A nivel de urbanismo sostenible se ha aplicado el principio de usar poco suelo urbano obteniendo la mayor densidad posible sin sacrificar la calidad medioambiental. Para obtener mayor densidad se cuenta con la tipología edificatoria de torres de más de 7 pisos, sin embargo, debe buscarse una separación mínima entre volúmenes para que no exista obstrucción del sol entre edificaciones. La relación 4 a 3 (4mt de aislamiento por cada 3mt de altura de la edificación) es recomendable [69] (Ver Figura 5-7).

Figura 5-7: Aislamiento entre edificaciones relación ancho alto de 4 a 3 [la autora]¹⁴.



La normativa urbana al respecto y el acuerdo entre las partes podría generarse con mayor facilidad en planes parciales de desarrollo o de renovación urbana, debido a que manejan una escala de intervención mayor de la que se obtiene predio a predio o por manzanas. Incluso en estos planes pueden llegar a plantearse áreas libres destinadas a la producción de energía fotovoltaica para beneficio colectivo.

Por otro lado, el calentador solar es planteado en el código mexicano para los climas semifrío, semifrío seco, semifrío húmedo, templado, templado seco y templado húmedo.

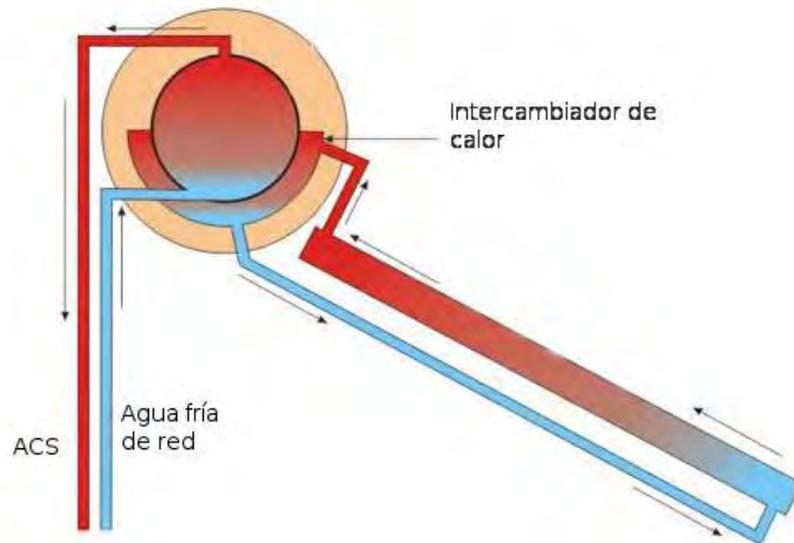
¹⁴ Se realizó un ejercicio con herramienta digital bioclimática REVIT para la ciudad de Bogotá con torres de 10 pisos, con sus fachadas largas orientadas al oriente y al occidente, distanciadas según la relación 4-3. Se cuenta con fachadas sin sombra en todos los pisos entre las 9:00am y las 3:00pm.

Aunque el clima frío no está contemplado dentro de la clasificación climática mexicana establecida en el código, si se contempla que algunos calentadores solares funcionan con respaldo de gas, casos en los que se debe demostrar el ahorro en el uso del hidrocarburo.

El respaldo que requiere el sistema solar de calentamiento de agua representa un inconveniente económico para la viabilidad de la estrategia, por lo que el sistema puede rescatarse para ser implementado preferiblemente en climas templados, donde no se demandan temperaturas del agua tan altas como en clima frío.

El sistema consta de dos partes, los colectores (tubos por donde circula el agua) y el tanque de almacenamiento. El agua fría descende a la parte inferior de los colectores donde se calienta gracias a la energía solar térmica; el agua caliente, menos densa asciende hasta el tanque de almacenamiento por el fenómeno de termosifón [71] (Ver Figura 5-8).

Figura 5-8: Calentador solar por termosifón [71].



Finalmente se destaca dentro del código mexicano la estrategia de paneles fotovoltaicos para la vivienda, los cuales, de plantearse, deben ser integrados a la red eléctrica para lo que existe una ley emitida por la secretaría de energía mexicana, la Resolución No. Res/176/2007 [67] por medio de la que se establece el modelo de contrato de interconexión para fuente de energía solar a pequeña escala.

5.1.4 Lineamientos de EE en estándares internacionales de valoración sostenible

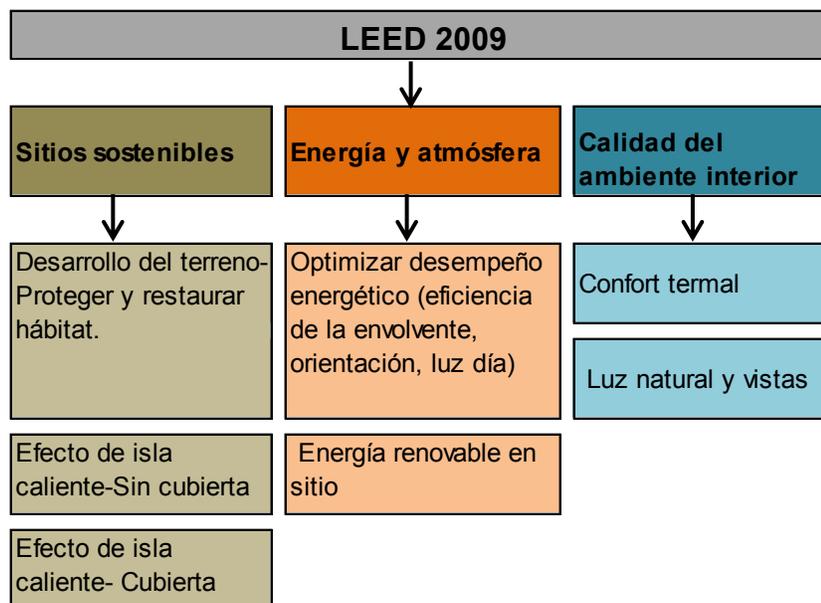
Existen a nivel mundial múltiples estándares que permiten calificar la sostenibilidad en las edificaciones, entre ellos se cuenta con BREEAM del Reino Unido y LEED de Estados Unidos que es el más reconocido en Colombia, donde varias edificaciones han obtenido la certificación con el estándar.

Algunas herramientas se han desarrollado en otros países tomando a las anteriores como plantilla. Un ejemplo de esto es la herramienta VERDE de España que tiene una gran semejanza con LEED, pero adaptándose al contexto español.

- **LEED 2009 USA.** Liderazgo en energía y diseño medio ambiental [92].

El estándar de carácter voluntario consta de varios créditos de calificación agrupados según su naturaleza en varios capítulos de los que se destacan en cuanto a EE los siguientes: sitios sostenibles, energía y atmósfera junto con calidad del ambiente interior (ver Cuadro 5-6).

Cuadro 5-6: Estrategias de EE en LEED [92].



En cuanto a los sitios sostenibles se tuvo en cuenta principalmente la restauración de hábitat (ver Figura 5-9) y el efecto de isla calor en los entornos urbanos debido a que tienen una vinculación directa con el ahorro de energía necesaria para el desarrollo de terrenos, representada en combustibles para equipos y maquinarias, y también con el ahorro de energía necesaria para el confort térmico en la edificación, contemplado en la sección de calidad del ambiente interior. En este apartado, la luz natural también constituye un crédito efectivo para valorar la EE.

Figura 5-9: Areas libres y verdes restauradas en un tercer nivel con respecto a la vía en villa deportiva femenina en Malmo Suecia [5].



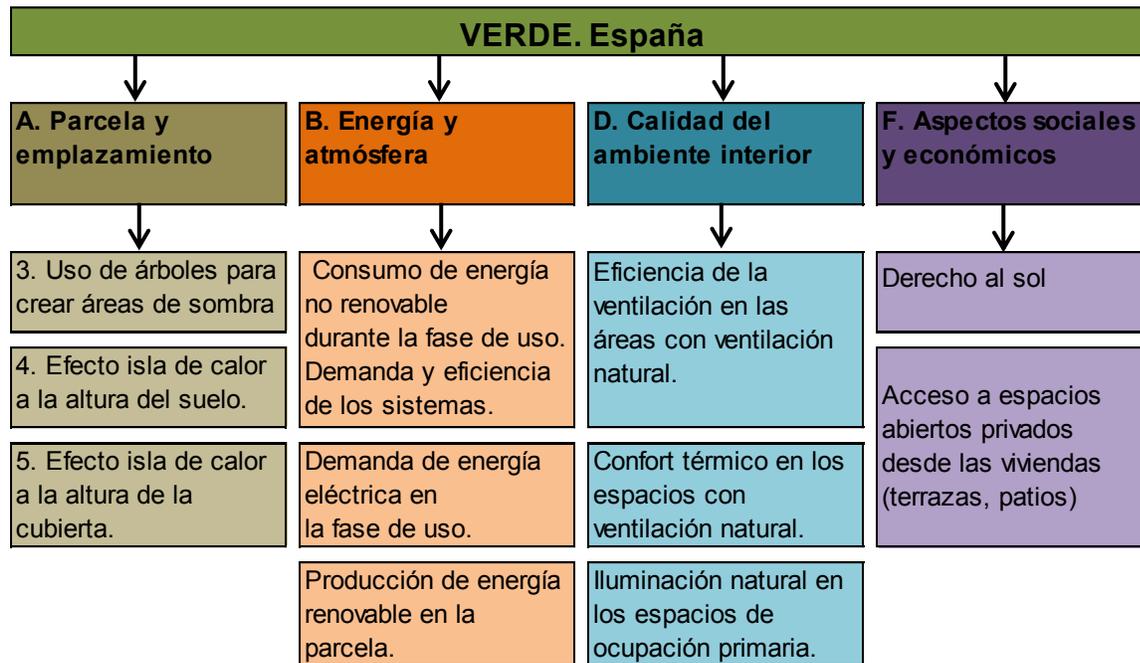
En cuanto a la sección de energía y atmósfera varias estrategias coinciden con otros documentos consultados, entre ellas, el mejoramiento del desempeño energético de la edificación haciendo más eficiente la envolvente, así como la implementación de estrategias bioclimáticas necesarias para la obtención de este crédito como la adecuada orientación y la luz natural.

El uso de energías alternativas o renovables también es considerado en el capítulo y refuerza la necesidad de incorporar esta variable en el desarrollo futuro de la vivienda.

- **VERDE España [62]**

La herramienta VEDE se basa en la plantilla de LEED, pero incorpora elementos de valoración adicionales o adaptados a los requerimientos medioambientales de España.

En cuanto a EE, se destacan de la herramienta española los apartes A, B, D y F, correspondientes a parcela y emplazamiento, energía y atmósfera, calidad del ambiente interior y aspectos socio económicos respectivamente (ver Cuadro 5-7).

Cuadro 5-7: Estrategias de EE en VERDE España [62].

Aunque muchas de las estrategias referentes al sitio o emplazamiento no son consideradas específicamente como medidas de EE, se tuvieron en cuenta debido a que procuran un micro clima urbano favorable para el confort térmico en la edificación. Las principales estrategias al respecto son la mitigación del efecto de isla calor y el uso de árboles y zonas verdes para sombreado (ver Figura 5-10).

Figura 5-10: Árboles incorporados al perfil urbano que dan sombra a la vía, en zona residencial de Medellín [50].

En cuanto a energía y atmósfera, VERDE retoma el estándar LEED valorando la limitación de la demanda de consumo energético obtenible desde el mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de confort térmico, agua caliente, iluminación y electrodomésticos. Se contempla asimismo la producción de energía renovable en sitio.

En el aparte D, también se retoma lo establecido en LEED, no obstante, se enfatiza en la ventilación natural, valorando la obtención del confort térmico de los espacios sin necesidad de recurrir a sistemas de ventilación mecánicos y/o eléctricos.

El principal aporte de valoración de la sostenibilidad y/o de EE que contiene VERDE, no contemplado en LEED, se encuentra en el aparte F, aspectos sociales y económicos. En este ítem se encuentran variables como el derecho al sol, también contemplado en el código mexicano, el acceso a espacios abiertos privados desde las viviendas como balcones y terrazas que aparte de proporcionar sombra colaboran con la estrategia de huertas urbanas (ver Figura 5-11), con las que se busca disminuir el consumo de energía en transporte de alimentos entre otros beneficios sociales.

Figura 5-11: Huerto urbano en terraza [60].



5.2 Estrategias para la EE en el diseño de edificaciones

En síntesis, para optimizar el consumo de energía en un edificio y los servicios o funciones que en él se desarrollan, las estrategias se concentran en la consideración y optimización de los siguientes sistemas que interactúan entre sí: el sistema territorio donde se emplaza el edificio, determinado por las variables bioclimáticas y urbanas del lugar; los aspectos propios de edificio determinados por su diseño, su sistema constructivo, su envolvente y sus instalaciones para cocción, agua caliente y confort térmico también determinadas por las características de los equipos y aparatos consumidores de energía; y finalmente el sistema usuarios, determinado por los hábitos de uso y expectativas de confort térmico y calidad medio ambiental del cliente o residente de la vivienda [59] (ver Figura 5-12). La variable de generación en sitio debe plantearse después de haber considerado todos los sistemas anteriores [86].

Figura 5-12: Sistemas que intervienen en el desempeño energético de la edificación [la autora].

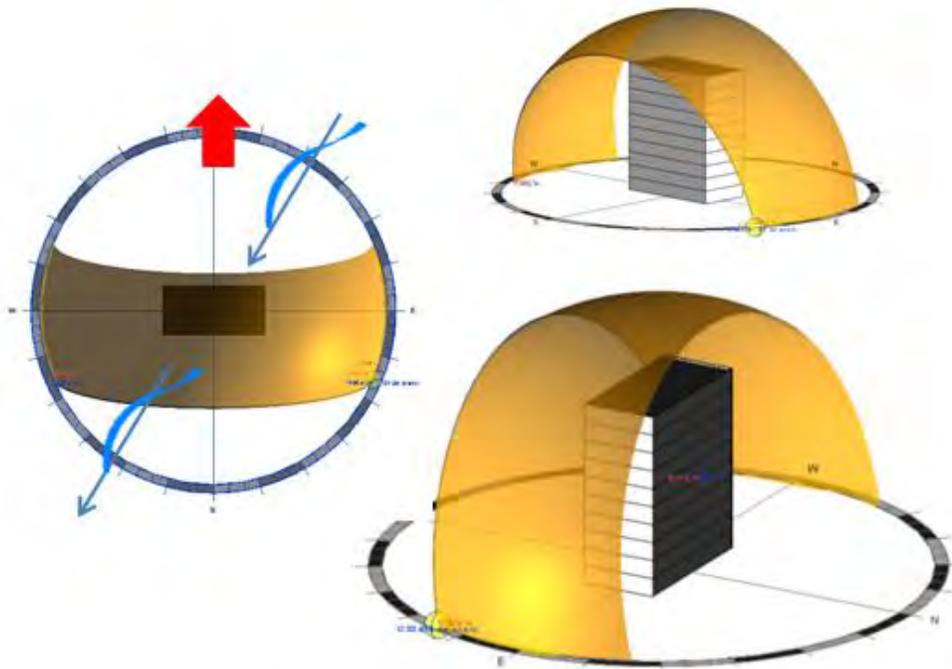


5.2.1 Territorio y bioclima

Las características del lugar donde se implanta el proyecto deben aprovecharse para reducir el consumo de energía en la edificación.

El proyecto debe contar con un diseño congruente con las condiciones bioclimáticas del lugar considerando recursos como la energía solar y la ventilación natural (estrategias pasivas), considerando además factores como la orientación adecuada del edificio con respecto a sol y vientos, dependiendo del clima [91] (ver Figura 5-13).

Figura 5-13: Orientación recomendada de la edificación con respecto a sol y vientos en la ciudad de Barranquilla [la autora].



La iluminación natural también es una estrategia favorable para la EE. No obstante, a nivel nacional se encuentra generalizada la exigencia de iluminación y ventilación natural para los espacios habitables de la vivienda, de manera que un aporte mayor en este sentido se daría procurando estas calidades ambientales en los espacios complementarios de la vivienda como las áreas de servicio y estudio (ver Figura 5-14).

Figura 5-14: Iluminación natural en áreas de servicios (cocinas, baños) y espacios alternativos (estudio), mediante ductos y/o vacíos [74].



La implantación de un proyecto puede afectar también el entorno urbano en la medida en que se afecta el paisaje natural y en cuanto a la relación de alturas entre edificaciones, obstruyendo el sol entre ellas. En tal caso no solo se deben aprovechar las condiciones del lugar, también se debe mejorar el sitio procurándole un mejor microclima y optimizando el uso del suelo urbano. Al respecto, se cuenta con estrategias como las zonas verdes [91] que pueden extenderse más allá del nivel del terreno en terrazas y balcones aprovechables en el sector residencial para la creación de cultivos de alimentos urbanos.

La vegetación a emplearse debe ser nativa y eficiente en cuanto a consumo de agua para reducir los impactos y costos originados por su mantenimiento. Un jardín con bajo consumo de agua puede albergar gran cantidad de especies y diseños atractivos [32] (Ver Figura 5-15).

Figura 5-15: Jardín de bajo consumo de agua [32].

La limitación o concertación de alturas también es importante por las turbulencias de viento que se originan con edificios altos, sin embargo, bajas alturas significan bajas densidades de vivienda que afectarían la rentabilidad de proyectos de vivienda y su accesibilidad por parte del usuario [91]. La rentabilidad del uso del suelo urbano puede optimizarse incorporando en las plantas bajas usos comerciales que no requieren de asoleación [69] y parqueaderos en los primeros pisos (ver Figura 5-16). Lo anterior conlleva a ahorros en energía por excavaciones y por desplazamientos urbanos.

Figura 5-16: Optimización del uso del suelo urbano con mezcla de usos y mayor ocupación del lote [la autora].

5.2.2 Edificio

▪ **Envolvente.**

La envolvente es el componente de una edificación que asegura la habitabilidad y confort en el interior de la misma y por lo tanto es un factor decisivo en EE [43].

Con en el aislamiento de la edificación se busca separar el ambiente interno de los cambios de temperatura exterior mejorando la envolvente térmica que abarca principalmente las cubiertas y fachadas.

Dentro del mejoramiento del comportamiento aislante de la envolvente se debe tener en cuenta la inercia térmica dónde intervienen la masa térmica y el aislamiento. La masa térmica almacena el calor y el aislamiento impide las pérdidas de este [53]. Las condiciones de confort alcanzables pueden ser óptimas si se adoptan primero medidas de control solar y ventilación natural.

Para el confort térmico al interior de la edificación, en climas fríos y templados es más conveniente proyectar edificios entre pesados y livianos¹⁵. Los elementos pesados, de mayor masa térmica, deben ubicarse principalmente en las fachadas con mayor radiación para almacenar la energía solar térmica y liberarla durante la noche. Los muros livianos que no reciben radiación se disponen al interior de la edificación aunque en clima frío también son útiles los muros pesados al interior. En climas cálido-secos es conveniente la construcción pesada para evitar que la radiación solar entre. En climas cálido-húmedos es mejor implementar sistemas livianos que no absorban la radiación solar [53].

Las necesidades de aislamiento son mayores en clima frío, disminuyendo a medida que aumenta la temperatura (Ver Figura 5-17).

¹⁵ Pesados se consideran aquellos edificios con sistemas constructivos que involucran materiales con alta masa térmica como el ladrillo y el bloque, mientras que livianos se consideran aquellas edificaciones que involucran materiales de bajo peso y masa como el poliestireno, los paneles de yeso o de fibrocemento.

Figura 5-17: Masa y aislamiento recomendados en la edificación según la zona climática [53].



Los materiales que se usan habitualmente como aislamiento térmico en muros son el poliestireno expandido y la fibra de vidrio.¹⁶ Se estima que los ahorros energéticos por confort térmico obtenidos mediante el aislamiento térmico de la envolvente oscilan entre el 20% y el 50% [25,89].

En cuanto a los elementos transparentes, en las ventanas, se considera al vidrio como un mal aislante térmico, razón por la que el doble acristalamiento con cámara de aire interior es la estrategia eficiente que se especifica con mayor frecuencia. El material del marco también cuenta siendo el aluminio el más desfavorable al tener un elevado coeficiente de transmitancia térmica K ($7 \text{ W/m}^2\text{K}$) que es más del doble con respecto al plástico ($2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$) y más del triple con respecto a la madera ($1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) [91]¹⁷.

¹⁶ Con estos materiales aislantes se pueden alcanzar los valores R recomendados en la norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009 para ahorro de energía (ver Anexo B). En Colombia no se exige el aislamiento térmico de la envolvente, razón por la que su aplicación representa un aumento en los costos para el constructor, sin embargo para el usuario representaría un beneficio en cuanto a la disminución o a la no necesidad de consumo de energía para confort térmico (ver Anexo C)

¹⁷ Las ventanas con menor transmitancia térmica en el mercado nacional son las de PVC con vidrio panel (doble acristalamiento con cámara de aire). Este tipo de ventanas puede costar 3 veces o más lo que cuesta una ventana tradicional en aluminio con un solo cristal (ver anexos D,E,F)

Aunque no es usual que los usuarios de vivienda social ni los de vivienda tipo 3 y 4 inviertan en calefacción, la inclusión del aislamiento térmico en la envolvente constituye un incremento en el confort y en la calidad del inmueble [11].

- **Instalaciones.**

Una vez agotadas las posibilidades que brindan la optimización en el diseño de los componentes de la envolvente del edificio y el clima o bioclimática para reducir los consumos de energía, se deben considerar, para las instalaciones, tecnologías eficientes, de bajo consumo energético [86].

Las instalaciones consideradas son los sistemas de cocción, de producción de agua caliente, de secado y los sistemas de confort térmico (calefacción y refrigeración).

- Instalaciones de cocción.

Con respecto a las instalaciones para cocción de alimentos se cuenta en el mercado con aparatos eléctricos y a gas. Dentro de las estufas existen las de quemadores a gas, las eléctricas de inducción (ver Figura 5-18) y las eléctricas comúnmente denominadas “vitrocerámicas” que pueden llegar a requerir un 40% más de la energía eléctrica consumida por las de inducción [42].

Figura 5-18: Estufa eléctrica de inducción marca Teka [42].



En un análisis comparativo (marca Teka) realizado hirviendo 1,5 lt de agua en los tres tipos de estufas (ver Tabla 5-2) se ha determinado que las eléctricas de inducción son más eficientes en tiempo y energía térmica requerida [2].

Conforme con la Tabla 5-2, con la estufa vitrocerámica se necesita un 20% más de energía térmica con respecto a la estufa de inducción. En el caso de la estufa a gas se requiere un 50% más de energía térmica. En cuanto a los tiempos de cocción, con la estufa de inducción se reducen aproximadamente en un 50% en comparación con la estufa a gas.

Tabla 5-2: Tabla comparativa de rendimiento en tiempo y energía térmica, estufas eléctricas y a gas [2].

Tiempo y energía térmica requeridos para hervir 1,5 litros de agua en diferentes tipos de estufas.		
Tipo de estufa	Tiempo en minutos Minutos	kWh térmicos
Estufa de inducción	6	0,19
Estufa Vitrocerámica	9	0,21
Estufa a gas	11	0,29

No obstante lo anterior, según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía español IDAE, la estufa que menos CO₂ emite es la que funciona a gas [1].

Con respecto a costos de los aparatos, la de mayor valor es la estufa de inducción. El costo por consumo energético a nivel local es menor en el caso de la estufa a gas (ver Anexo G).

- Sistemas para agua caliente.

Dentro de las opciones más comunes para el calentamiento de agua en viviendas tipo 3 y 4, se encuentran el calentador de paso a gas (ver Figura 5-19) y la ducha eléctrica que resulta una opción más económica para el usuario por valor del aparato y por costo del consumo de energía (ver Anexo H).

Figura 5-19: Calentador de paso a gas con ducto de desfogue en apartameto estrato 4 [la autora].



Otra alternativa de EE menos común a nivel local para calentamiento de agua es la energía solar térmica. Este tipo de producción de agua caliente consta de cuatro sistemas: el sistema de captación, compuesto por placas con tubos por donde circula el agua y se calienta (ver Figura 5-20); el sistema de acumulación que consiste en un depósito térmicamente aislado a dónde llega el agua caliente desde los tubos; el sistema de utilización, conformado por la red de agua caliente de cada vivienda y el sistema de apoyo [72, 75].

El sistema de apoyo es un respaldo para este tipo de producción de agua caliente cuando la energía solar es insuficiente o nula (como en el caso de la noche). El sistema de apoyo se basa en energías convencionales como el gas [72, 75]^{18 19}.

¹⁸ En Colombia también se oferta como sistema de respaldo las bombas de calor que funcionan con energía eléctrica (ver Anexo I).

¹⁹ Los costos de inversión este tipo de producción superan a otros sistemas como los calentadores individuales de paso a gas o eléctricos. Al necesitar respaldo solo representa un

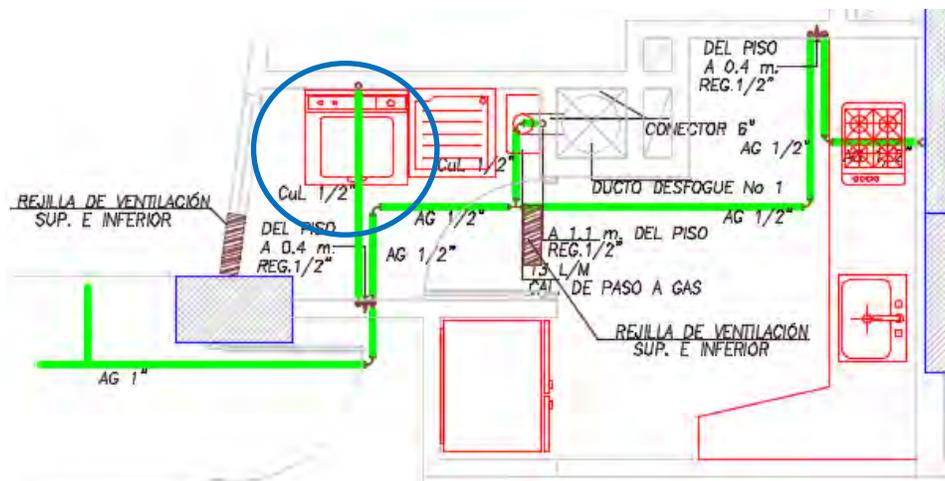
Figura 5-20: Paneles solares para AC en edificio de viviendas tipo 5 en Medellín [la autora].



- Instalaciones para secado de ropa

En cuanto al secado de ropa, la estrategia implementada principalmente es ubicar el cuarto de lavado hacia una fachada con ventilación natural. No obstante, en la vivienda multifamiliar tipo 3 y 4 no se cuenta con un patio aireado y las áreas de servicios se orientan frecuentemente hacia ductos de ventilación. La implementación del gas en esta área también se considera eficiente en energía por parte de algunos constructores y usuarios de este tipo de vivienda, por lo que se pueden encontrar viviendas que cuentan con punto de gas para la secadora, aprovechando la existencia de las instalaciones para otros gasodomésticos (ver Figura 5-21).

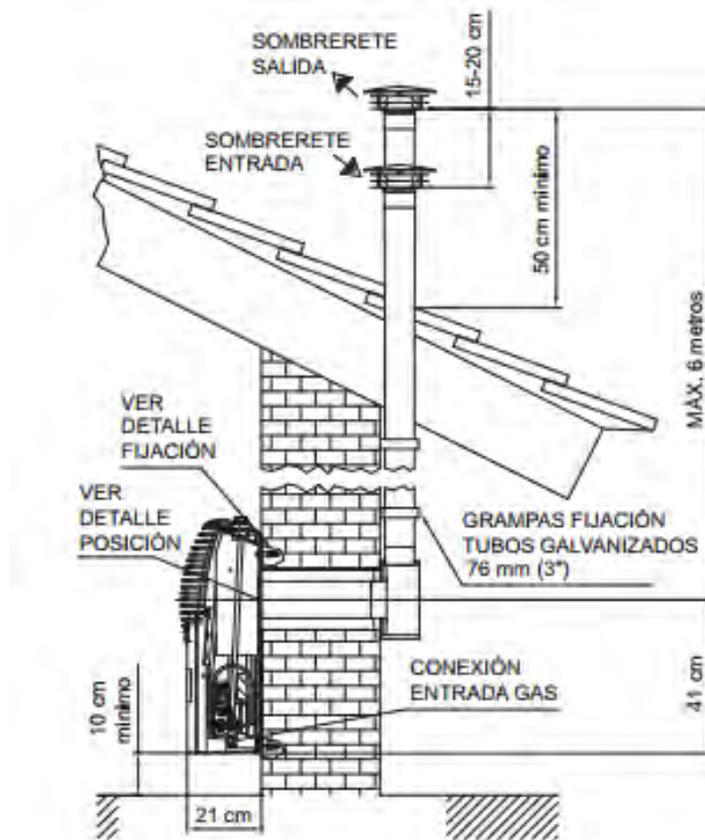
Figura 5-21: Red de gas en vivienda con inclusión de punto para secadora a gas [la autora].



- Sistemas para el confort térmico (calefacción)

En cuanto a calefacción, un sustituto del calefactor de ambiente eléctrico es el calefactor a gas. Los más comunes son el de tiro balanceado y el de convección. El calefactor de tiro balanceado requiere una doble conexión con el exterior para tomar oxígeno y para expulsar los productos de combustión (ver Figura 5-22). Puede instalarse en espacios abiertos como la sala y cerrados como los dormitorios, siempre y cuando se localice sobre un muro de fachada [46].

Figura 5-22: Calefactor de ambiente a gas de tiro balanceado [61].



El equipo por convección o sin salida al exterior toma el oxígeno del ambiente y devuelve a éste el producto de la combustión del gas, razón por la que no se debe instalar en espacios generalmente cerrados como los dormitorios [46].

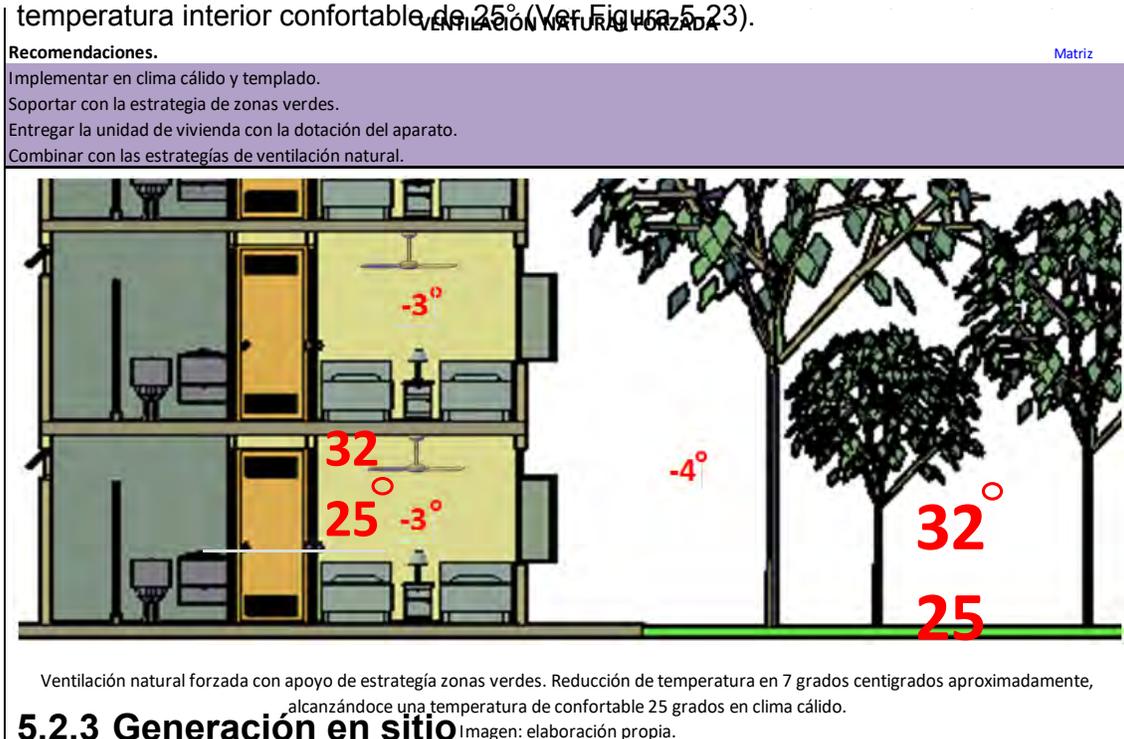
El aparato a gas puede costar 5 veces lo que cuesta uno eléctrico, aunque el costo por consumo energético se reduce a la mitad con el primero (ver Anexo J).

- Sistemas para el confort térmico (refrigeración)

En lo que se refiere a refrigeración, la ventilación artificial, por aire acondicionado, busca evitarse por los altos consumos de energía eléctrica que supone (ver Anexo J). El sistema de ventiladores de techo (ventilación natural forzada) es una alternativa más eficiente que suple o complementa la ventilación natural cuando esta es insuficiente. Para ambos tipos de refrigeración es fundamental mejorar las condiciones del microclima del lugar y evitar las ganancias solares indeseadas.

En los parques urbanos las temperaturas pueden verse disminuidas entre 5 y 10° C. Con el ventilador de techo, se puede producir un efecto equivalente a una disminución de la temperatura de 2 a 3° C [91]. Sumando las posibles reducciones se puede alcanzar una

temperatura interior confortable de 25° (Ver Figura 5.23).



Debe ser el último paso a contemplar en la proyección de la edificación después de haber realizado un buen diseño bioclimático y de haber especificado aparatos de consumo energético racional, además de incluir consideraciones de uso responsable por parte de los usuarios. En proyectos energía cero, el dimensionamiento del sistema de generación en sitio, corresponderá a la demanda total de energía de edificios que cuenten previamente con diseño bioclimático, instalaciones eficientes y criterios de uso responsable por parte del usuario [86].

A nivel mundial es frecuente el planteamiento de sistemas de energía renovable interconectados a la red tradicional como la energía solar fotovoltaica y la mini eólica²⁰. Esta última consiste en generación de electricidad a pequeña escala por acción del viento con aerogeneradores que tiene bajas potencias (100kW es el tope en España), implantada generalmente en sectores urbanos [48]. Se diferencia de la generación eólica a gran escala que se desarrolla en parques eólicos.

La generación en sitio interconectada tiene la posibilidad de exportar a la red los excedentes de producción de energía y recibir soporte de ésta cuando la producción es menor a la consumida. La viabilidad de esta estrategia depende de una legislación que regule la interconexión del generador de pequeña escala a la red²¹.

La generación en sitio, sin respaldo de la red, debe contar con baterías para garantizar su funcionamiento cuando no hay presencia del sol. El costo de las baterías puede llegar a ser del 30 al 40 por ciento del costo total del sistema [76].

La incorporación de los equipos de generación en sitio (paneles fotovoltaicos o aerogeneradores) a la arquitectura se realiza principalmente en cubiertas, y terrazas (ver Figura 5-24 y Figura 5-25)

Figura 5-24: Paneles fotovoltaicos sobre cubiertas de barrio alemán Schlierberg [87].



²⁰El desarrollo de la energía en Colombia es escaso debido a la falta de reglamentación, los altos costos y las bajas velocidades del viento.

²¹En Colombia, como ya se mencionó, se cuenta con la ley 1715 de 2014 con la que se busca regular la incorporación de energías no convencionales al sistema de energía nacional, sin embargo, la interconexión a la red de generadores en sitio a pequeña escala aún no está reglamentada.

Figura 5-25: Aerogeneradores de eje vertical en cubierta de edificio [82].



En las áreas urbanas también se viene desarrollando la inserción de parques solares para generación de energía como es el caso del parque fotovoltaico en Buenos Aires Argentina que cuenta con más de 440 paneles que sirven alrededor de unas 60 familias [40]. (Ver Figura 5-26).

Figura 5-26: Parque fotovoltaico en Buenos Aires [40].



5.2.4 Usuarios

La EE está asociada con un consumo energético responsable. Para esto se requiere conocer los hábitos y comportamiento del usuario, quien deberá ser tenido en cuenta desde antes del diseño del mismo y prever su formación para el uso, operación y mantenimiento de la vivienda. No obstante, algunas medidas de consumo energético responsable se pueden tomar sin que el usuario participe de manera consciente, como por ejemplo los sensores de presencia para el encendido y apagado de luces [86].

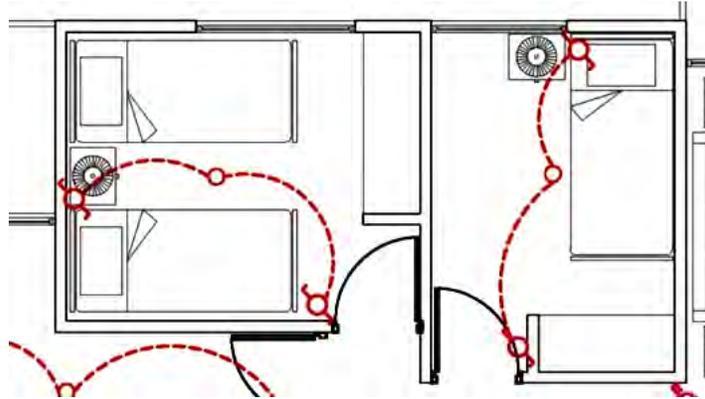
También se cuenta con las luminarias LED (diodos luminiscentes) que representan grandes oportunidades de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero GEI. La iluminación con LEDs es la que representa mayores ahorros en energía en la vivienda y se pueden crear diseños personalizados con ella (ver Figura 5-27).

Figura 5-27: Iluminación interior personalizada con luces Led [84].



El confort en el control de la iluminación y otras funciones de la vivienda también constituyen una estrategia incidente dentro del mejoramiento de los hábitos del usuario para el consumo responsable de la energía. Para ello se pueden implementar acciones como la inclusión de interruptores conmutables, que permiten mayor confort en el control de encendido y apagado de la iluminación (ver Figura 5-28), y la domótica en la vivienda.

Figura 5-28: Interruptores conmutables en alcobas [la autora].



La vivienda domótica es aquella que tiene funciones de automatización y control de equipos y sistemas eléctricos y electrónicos como los sistemas de confort térmico, iluminación, sonido, televisión, comunicaciones y seguridad, entre otros, de forma centralizada y/o remota (ver Figura 5-29). Las aplicaciones de la domótica son el confort, la gestión de la energía, la seguridad de la vivienda y las comunicaciones [14, 54].

Figura 5-29: Control domótico de la vivienda centralizado y remoto [54, 84].



Se estima que el ahorro energético que se puede lograr mediante la gestión de la energía con la domótica es aproximadamente de un 10%. No obstante, si se trata de un usuario responsable no se evidenciará un mayor ahorro a diferencia de casos en los que existe derroche de energía en los cuales se pueden presentar ahorros hasta del 50% [14].

La energía eléctrica que comúnmente se puede ahorrar con domótica es la invertida en iluminación, confort térmico (en regiones con altas exigencias de calefacción) y control de encendido y apagado de electrodomésticos [3].

5.3 Sistemas de gestión asociados a EE

Los sistemas de gestión son una herramienta para la administración y control de procesos. Ayudan a establecer políticas y fijar objetivos y a priorizar y establecer indicadores y estrategias de acuerdo a las políticas y objetivos planteados.

La selección y establecimiento de objetivos de las estrategias en EE contempladas también se fundamentó en los lineamientos de sistemas de gestión como ISO 50001, ISO 14001, ISO 9001, y LEAN (ver cuadro 5-8).

Cuadro 5-8: Lineamientos de sistemas de gestión para la matriz de EE [56, 57,58, 79].

Sistemas de gestión			
NTC ISO 50001	NTC ISO 14001	NTC ISO 9001	Lean management
Definición de objetivos claros en EE	Evaluación del impacto al medio ambiente.	Satisfacción del cliente	Reducción de desperdicios.
Definición de las estrategias para el logro de los objetivos		Planificación, evaluación e innovación.	Eficiencia en costos y presupuestos.

Con respecto a los lineamientos proporcionados por estos sistemas también se establecieron indicadores de valoración de las estrategias seleccionadas.

Otra colaboración de estos sistemas se evidencia en el diseño de la matriz interactiva correspondiendo a los lineamientos de planificación, evaluación e innovación debido a la información que ofrece a los actores involucrados en la toma de decisiones en la etapa de planeación y diseño del proyecto. La metodología planteada en la matriz ofrece la posibilidad de evaluar cualquier estrategia contemplada en el plan de mejoras e innovación en EE de la constructora.

5.3.1 NTC ISO 50001 [58]

Sistemas de Gestión de la Energía, publicada en junio de 2011 por la Organización Internacional de Normalización (ISO). Esta norma, de carácter voluntario posee una

metodología similar a la ISO-9001(gestión de la calidad) y a la ISO-14001(gestión ambiental), y busca facilitar a las organizaciones establecer sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño en el uso y consumo de la energía.

El aspecto primordial que se toma de esta norma, para la formulación de la matriz, es el lineamiento de definir claros objetivos en cuanto a lo que se pretende en materia de EE y el cómo lograr esos objetivos definiendo las estrategias para alcanzarlos.

Dependiendo de su política y capacidad, la empresa constructora puede escoger los objetivos y estrategias más convenientes para alcanzar los logros en EE en sus proyectos residenciales.

5.3.2 NTC ISO 14001 [56]

El sistema de gestión ambiental ISO 14001 se aplica a los aspectos ambientales que una organización define que puede controlar y a aquellos sobre los que puede tener influencia. La norma no establece por sí misma criterios de desempeño ambiental específico, pero es una herramienta que permite a las organizaciones evaluar y controlar el impacto de sus actividades, productos o servicios en el medio ambiente.

Este lineamiento fundamental del estándar ISO 14001 que es la evaluación del desempeño ambiental que debe adelantar la organización sobre sí misma, sus acciones y sus productos se involucra dentro de la matriz al establecerse indicadores para valorar las estrategias seleccionadas desde el punto de vista ambiental y ecológico teniendo en cuenta su incidencia y relación con el medio en el que se implantan, aunque no sólo considerando este medio en el estricto sentido ambiental, sino también social y dentro del contexto del paisaje urbano.

5.3.3 NTC ISO 9001 [57]

Uno de los principales lineamientos del sistema de gestión de la calidad es la satisfacción del cliente y este fue un factor determinante en la valoración de las estrategias debido a que el ahorro y uso racional de la energía no debe confundirse con insatisfacción de las necesidades de confort y de las preferencias del usuario. En la matriz por ello se mide la flexibilidad del sistema o estrategia seleccionada de adaptarse a las exigencias del cliente o usuario.

En este sentido, no se consideraron criterios de EE que estuviesen en contravía de las necesidades y preferencias del usuario como la estrategia de limitación al cupo de parqueos que se evidencia en el estándar LEED [92] y en el Decreto distrital 562 de 2014.

Otro aspecto destacable dentro del sistema de gestión de calidad es la directriz de mejora continua y la innovación. Por ello se establecen dentro de la matriz créditos que valoran los esfuerzos innovadores que se realicen en pro de la EE en cuanto al sistema constructivo y aislamiento térmico de la envolvente de la edificación.

5.3.4 Lean management

El sistema de gestión esbelta LEAN, busca primordialmente la reducción de desperdicios entendidos como todo lo que no genera valor para el cliente²². Esta ideología aplicada al campo de la EE busca reducir desperdicios energéticos [79].

En el caso de la matriz se busca que con las estrategias seleccionadas exista una reducción de consumo de energía mediante las estrategias pasivas. El hecho de no implementar estas estrategias conlleva a un desperdicio de energía para satisfacer la demanda de confort en la vivienda.

La metodología Lean que significa esbelto también implica la obtención de los mejores resultados al menor costo posible, sin sacrificar la calidad. Este aspecto también fue determinante en la selección y valoración de las estrategias al establecerse indicadores de tipo económico, y al no seleccionar o calificar con baja puntuación estrategias demasiado costosas para el nivel de costo de la vivienda tipo 3 y 4. En este sentido los sistemas centralizados para agua caliente fueron desestimados o mal calificados por requerir de otros recursos especializados con alto costo, como tuberías especiales, sistemas de respaldo, etc.

²²MILLER, Pawloski *et al.* A case study of lean, sustainable manufacturing, citado por ROJAS, David y PRÍAS, Omar. Herramientas Lean para apoyar la implementación de sistemas de gestión de la energía basados en ISO 50001. En: Energética. Diciembre 2014. no. 44, p. 49-60. [79]

5.4 Caracterización de la vivienda tipo 3 y 4 en Colombia

5.4.1 Sistemas estructurales y constructivos

La vivienda tipo 3 y 4 generalmente se construye en el país con dos sistemas estructurales fundamentales: muros de carga (ver Figuras 5-30 y 5-31) y pórticos (ver Figura 5-32); o la mezcla de ambos, ya sea en el sistema combinado o en el dual. No obstante, el sistema predominante para la construcción en vivienda en serie es el de muros de carga en concreto o en mampostería reforzada.

Figura 5-30: Sistema constructivo de muros de carga y placas en concreto [45].



Figura 5-31: Sistema constructivo de muros de carga en mampostería reforzada [la autora].



El sistema de pórticos (ver Figura 5-32), de manera exclusiva o combinado con otros elementos, suele emplearse en proyectos de vivienda de mayor costo y área debido a la flexibilidad que presenta en el manejo de espacios arquitectónicos.

Figura 5-32: Sistema estructural de pórticos en concreto reforzado [44].



Los anteriores sistemas estructurales y constructivos así como sus respectivos materiales, son de tradición en la actividad constructiva de la vivienda tipo 3 y 4 en Colombia y están regularizados por el reglamento nacional vigente de construcciones sismo resistentes NSR 10 [19].

5.4.2 Envoltente de la edificación (muros)

En el sistema de muros de carga, las fachadas generalmente tienen una función portante y son a la vez la envoltente de la edificación. Los valores de resistencia térmica de la envoltente R en estos casos están muy por debajo de lo establecido en la norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009 [9]. El valor R mínimo en la norma es de $1\text{m}^2\text{K/W}$.

Un muro en concreto de 12cm de espesor, tradicional en el sistema constructivo colombiano, tiene un valor R de $0,26\text{ m}^2\text{K/W}$ (ver Tabla 5-3), medida que es inferior en un 74% con respecto a la exigencia mínima de la norma mexicana.

Tabla 5-3: Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K de muro de carga en concreto. Con base en [4, 55].

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en concreto.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Revoque interior	15	0,01
Muro en concreto armado	120	0,07
Revoque exterior	15	0,01
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		0,26
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		3,85

Un muro en ladrillo estructural, tradicional en el sistema constructivo colombiano, tiene un valor R de 0,41m² K/W (ver Tabla 5-4), medida que es inferior en un 59% con respecto a la exigencia mínima en la norma mexicana.

Tabla 5-4: Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K de muro de carga en ladrillo estructural. Con base en [4, 55].

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro exterior en ladrillo estructural pañetado una cara.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Ladrillo estructural de arcilla.	120 -140	0,23
Revoque interior	15	0,01
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		0,41
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		2,44

En el sistema estructural de pórticos, los muros son elementos no estructurales y solo tienen una función divisoria. Frecuentemente se construyen con mampuestos de arcilla (bloques o ladrillos) como se puede ver en la Figura 5-33.

La construcción liviana o en seco (Dry Wall- fibrocemento, poliestireno expandido) es poco común en este tipo de construcciones, sin embargo, es recomendable implementarla en el clima cálido húmedo.

Figura 5-33: Edificio con sistema estructural de pórticos y fachadas en bloque de arcilla en Bogotá [la autora].



Un muro en bloque de arcilla pañetado, tiene un valor R de 0,42m² K/W (ver Tabla 5-5), medida que es inferior en un 58% con respecto a la exigencia mínima en la norma mexicana.

Tabla 5-5: Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K de muro en bloque de arcilla. Con base en [4, 55].

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro exterior en bloque # 3-4 pañetado 2 caras.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Revoque impermeable exterior	15	0,01
Bloque # 3 - 4	80	0,23
Revoque interior	15	0,01
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		0,42
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		2,38

5.4.3 Áreas de la vivienda tipo 3 y 4

Las áreas construidas de este tipo de vivienda oscilan entre los 55m² y los 95m², con un promedio de 75m² de área construida.

Las unidades se componen de 3 alcobas, sala comedor, área de estudio, cocina, ropas y dos baños, espacios que pueden albergar familias de 4 a 5 integrantes como se muestra en la Figura 5-34.

Figura 5-34: Vivienda de 75m² de área construida. Reserva de Mallorca. Constructora Coninsa Ramón H [26].

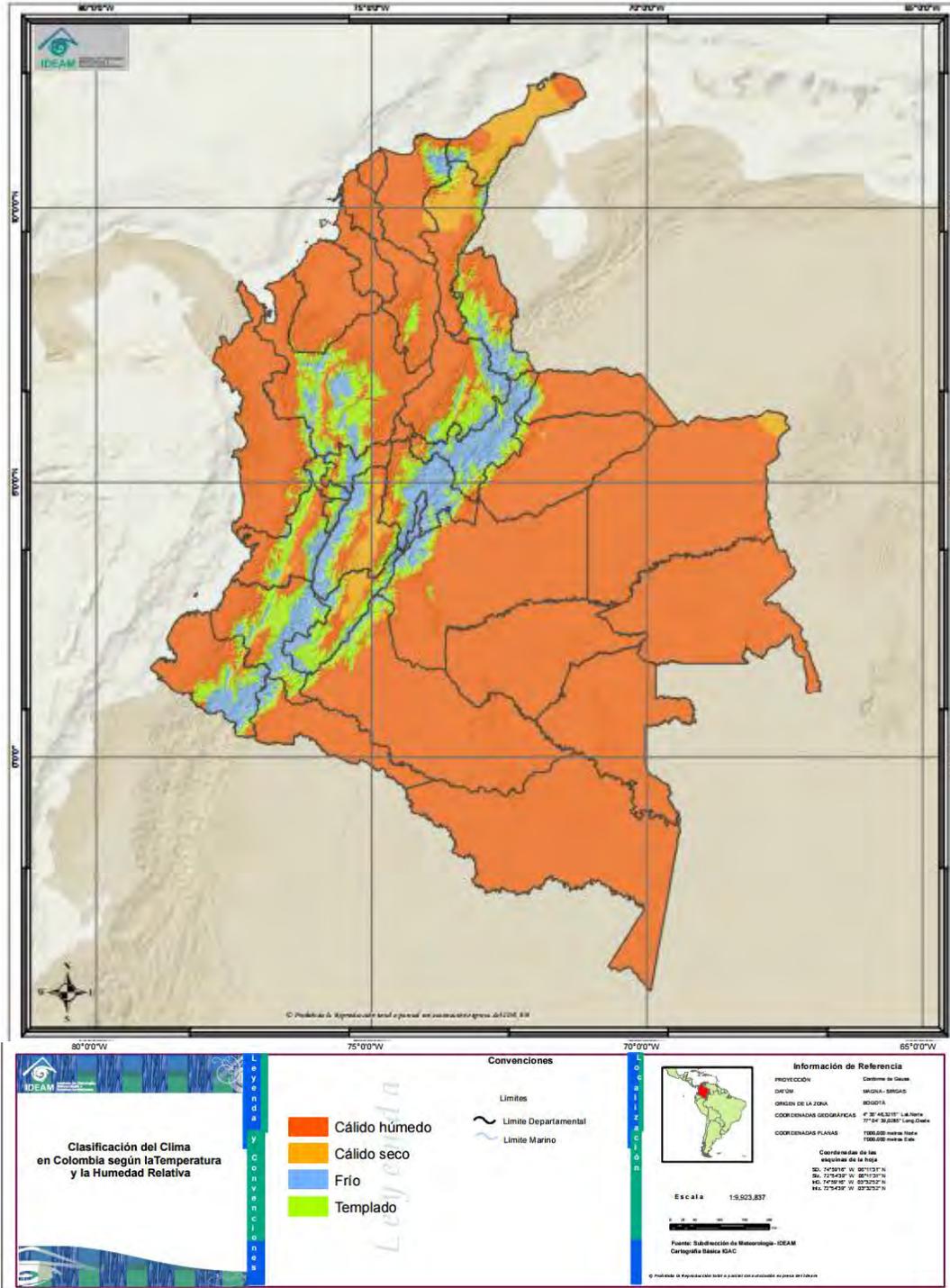


5.5 El clima en Colombia

De conformidad con el mapa de clasificación del clima en Colombia según la temperatura y la humedad relativa, elaborado por el IDEAM, la mayor parte del territorio nacional posee clima cálido húmedo (ver Figura 5-35).

La región interior del país posee en general un clima frío y templado, encontrándose el clima cálido seco solo en algunas partes del territorio, específicamente en los departamentos de la Guajira, Cesar, Huila, Tolima y una pequeña porción del Vichada.

Figura 5-35: Clasificación del clima en Colombia según la temperatura y la humedad relativa, realizada por el IDEAM [22].



6. Consumo de energía eléctrica en la vivienda tipo 3 y 4

Los consumos eléctricos fueron establecidos para los dos tipos de clima de mayor relevancia en Colombia, el frío y el cálido húmedo. Para lo anterior, se tomaron datos del sistema único de información SUI de la Superintendencia de Servicios Públicos [85], en referencia al consumo eléctrico en las ciudades de Bogotá y Barranquilla por estratos.

6.1 Caracterización del consumo eléctrico en clima frío (Bogotá)

El consumo eléctrico mensual por estratos en Bogotá varía desde los 151 kWh hasta los 316 kWh aproximadamente (ver Tabla 6-1).

Tabla 6-1: Promedio consumo mensual de energía eléctrica en el sector residencial Bogotá año 2014. Con base en [85, 15].

Promedio consumo mensual de energía eléctrica uso residencial en Bogotá 2014			
Estrato	kWh mes	Costo kWh Codensa a diciembre 2014	Costo consumo mensual
Estrato 1	151,6	\$164,8700	\$24.994
Estrato 2	157,13	\$206,0900	\$32.383
Estrato 3	161,23	\$312,9000	\$50.449
Estrato 4	170,61	\$368,1200	\$62.805
Estrato 5	218,55	\$441,7400	\$96.542
Estrato 6	306,05	\$441,7400	\$135.195

El promedio de consumo entre los estratos 3 y 4 es de 165, 92 kWh al mes. El costo por consumo eléctrico mensual corresponde aproximadamente a un 2,5% para el estrato 3 y a un 3,5% para el estrato 4 del ingreso promedio de una familia en Colombia estimado en 2015 en 1,9 millones de pesos mensuales correspondientes a 3 salarios mínimos [37].

Para estos estratos se hace un análisis correspondiente al consumo de energía por cada aparato eléctrico en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Promedio consumo de energía eléctrica por aparatos en vivienda estratos 3 y 4 en clima frío. Con base en [41].

Promedio consumo energía eléctrica por aparatos. Clima frío. Estrato 3-4						
Aparatos	kW	horas uso al día	kWh día	horas uso al mes	kWh mes	kWh año
Bombillas fluorescentes 25W(4 puntos)	0,025	16	0,4	480	12	144
Televisosr LCD 20"	0,15	6	0,9	180	27	324
Computador de mesa	0,14	2	0,28	60	8,4	100,8
Nevera	0,18	10	1,8	300	54	648
Horno estufa	3,3	0,03	0,11	1	3,3	39,6
Horno microondas	1	0,33	0,33	10	10	120
Licuadaora	0,4	0,50	0,20	15	6	72
Lavadora	0,75	0,40	0,30	12	9	108
Plancha de ropa	1	0,40	0,40	12	12	144
Otros (secadora pelo, equipo sonido, etc)					6	72
Total sin ducha eléctrica.			4,72		147,7	1772,4
Ducha eléctrica (5 duchas de 5' aprox)	1,5	0,4	0,60	12	18	216
Total con ducha eléctrica.			5,32		165,70	1988,40

En clima frío los consumos promedios, para los estratos 3 y 4 de la Tabla 6-1, alcanzan a abarcar solo los aparatos y electrodomésticos básicos de la vivienda. En este sentido, para el clima frío no existe un gran potencial de ahorro en el consumo de energía eléctrica (ver 6.1.2).

En el caso del agua caliente existe un potencial de ahorro de 216kWh anuales si se implementan calentadores de paso a gas, sin embargo el costo por consumo energético es menor con la ducha eléctrica que con el calentador de paso a gas (ver Anexo H).

Consumos por concepto de calefacción, secado de ropa y estufa eléctrica, quedan por fuera del promedio de consumo eléctrico. En muchos casos estas necesidades son suplidas total o parcialmente por aparatos a gas o no son satisfechas con aparatos que consumen energía.

El uso de calefactores de ambiente es poco frecuente entre usuarios de la vivienda tipo 3 y 4 debido a que el confort térmico puede lograrse con el uso de ropaje, sin embargo, en regiones con noches muy frías y húmedas como en el sector del departamento de Boyacá se evidencia el uso del calefactor eléctrico en la vivienda (ver Figura 6-1).

Figura 6-1: Vivienda rural en Oicatá Boyacá con uso de calefactor eléctrico [la autora].



Aunque la vivienda de la Figura 6-1 es rural unifamiliar, sin ningún vecino colindante y por ende con gran transmitancia térmica a través de su envolvente que no cuenta con revoque exterior ni interior ni con ningún tipo de aislamiento térmico, no puede desestimarse el uso del calefactor en la vivienda multifamiliar en altura que se construye también sin aislamiento térmico.

En este sentido, la calefacción representa un potencial de gasto energético adicional que debe contemplarse. Un calefactor eléctrico con una potencia de 1500W utilizado 3 horas al día consumiría 140,65 kWh al mes, llegando casi a ser el total del consumo mensual sin ducha eléctrica establecido en la Tabla 6-2.

En el mercado se oferta como opción el calefactor a gas que puede reducir el costo en consumo de energía en un 52%, sin embargo, el aparato cuesta casi 5 veces lo que vale un calefactor eléctrico (ver Anexo J).

El uso de la estufa eléctrica de inducción que en tiempos y en energía térmica es más eficiente que la estufa a gas, también debe contemplarse puesto que puede ser de la preferencia de algunos usuarios quienes no gustan del gas como energético, aunque su precio y costo por consumo de energía sea mucho mayor con respecto a la cocina a gas (ver Anexo G).

6.1.1 Análisis del consumo de energía eléctrica en vivienda estrato 4 (Bogotá)

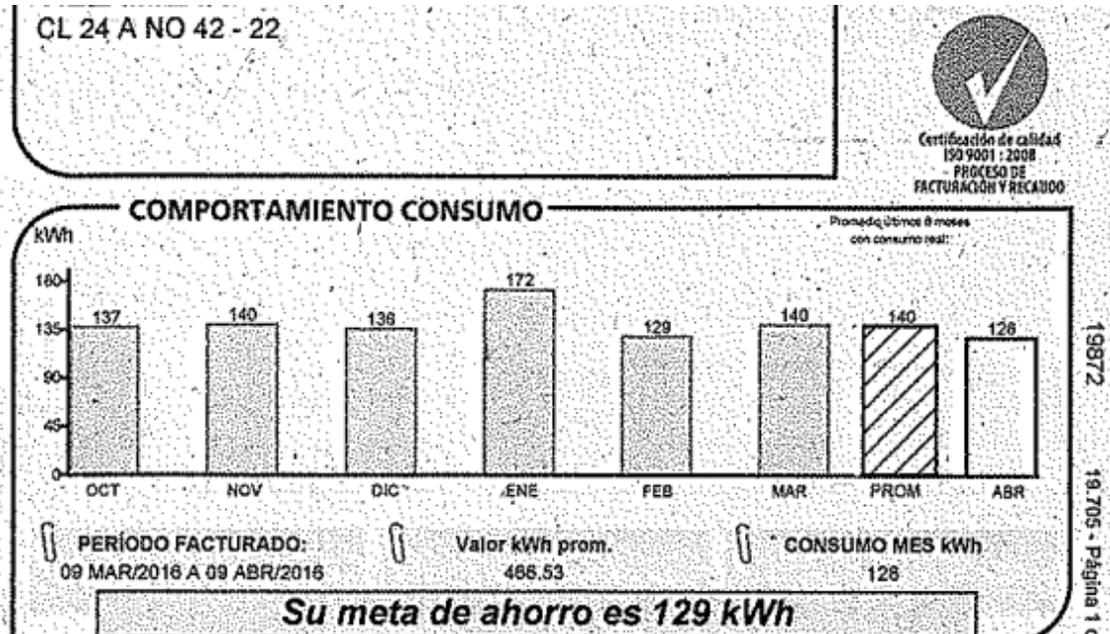
Al hacer el análisis del consumo eléctrico en una vivienda unifamiliar de estrato 4 en Bogotá, con requerimientos de energía eléctrica básicos, se demuestra que los consumos promedios de la Tabla 6-1, solo abarcan los servicios relacionados en la Tabla 6-2.

La vivienda analizada tiene dos plantas y un área total construida de 260m². Se trata de una construcción medianera y pesada, con muros externos e internos en mampostería de ladrillo macizo de 20cm a 30cm de espesor, que absorben el calor durante el día y lo desprenden en la noche, por lo no se implementa el sistema de calefacción. Posee además un patio, razón por la cual no se necesita secadora de ropa. El agua caliente se produce mediante un calentador de paso a gas, la cocción de alimentos también es a gas. Las bombillas implementadas son fluorescentes compactas o también llamadas “ahorradoras”.

El núcleo familiar está compuesto por 4 personas con hábitos responsables de consumo de energía. Esta vivienda tiene un consumo promedio de energía eléctrica mensual de 140 kWh como se evidencia en el análisis de consumo de la factura del servicio de energía eléctrica (ver Figura 6-2).

El consumo eléctrico de la vivienda analizada, que puede considerarse eficiente en materia de energía, está dentro de lo establecido en las Tablas 6-1 y 6-2.

Figura 6-2 Análisis de consumo de energía eléctrica en factura del servicio de vivienda unifamiliar estrato 4 de 260m² en Bogotá [Codensa].



6.1.2 Promedio de consumo energético estándar en clima frío.

Teniendo en cuenta lo hasta aquí analizado, se toma como promedio de consumo eficiente para la vivienda tipo 3 y 4 en clima frío el establecido en la Tabla 6-2. Según lo anterior, la vivienda tipo 3 y 4, sin necesidad de calefacción eléctrica y contando además con el servicio de gas natural domiciliario, pudiendo incluir aparatos eléctricos como la ducha eléctrica, consume 165,7 kWh al mes, que al año suman 1988,4 kWh, cifra que se redondea en 2000 kWh al año. Un ahorro sobre esa cifra conduciría a una insatisfacción de las necesidades básicas y de confort del usuario.

La guía anexa de la Resolución 0549 de 2015, establece una línea base de consumo de energía anual por metro cuadrado dependiendo del uso y clima conforme (ver Tabla 6-3).

Tabla 6-3: Línea base de consumo de energía por m2 según uso y clima en Resolución 0549 de 2015 [22].

kWh/m ² -año	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	96,1	151,3	132,5	217,8
Hospitales	249,6	108,3	344,1	344,1
Oficinas	81,2	132,3	318,2	221,3
Centros comerciales	403,8	187,8	187,8	231,5
Educativos	40,0	44,0	72,0	29,8
Vivienda no VIS	46,5	48,3	36,9	50,2
Vivienda VIS	44,6	44,0	34,6	49,3
Vivienda VIP	48,1	53,3	44,9	50,6

De acuerdo con esta línea base, la vivienda unifamiliar, analizada en 6.1.1, de 260m², al año estaría consumiendo 12090 kWh, cuando en realidad consume 1680 kWh al año.

La vivienda estándar tipo 3 y 4 de 75m², conforme con la Tabla 6-3, consumiría 3487,5 kWh al año. La guía señala que a partir del segundo año de entrada en vigencia de la Resolución se deberá cumplir con un porcentaje mínimo de ahorro de energía correspondiente al 25% para vivienda no VIS. Se tendrían que ahorrar entonces 871.8 kWh al año. Con el ahorro exigido la vivienda podría consumir al año 2615,7 kWh, lo cual aún está por encima en un 30% del promedio fijado de 2000 kWh al año.

Teniendo en cuenta los 2615.7 kWh al año permitidos para una vivienda de 75m², la estufa eléctrica de inducción tendría lugar dentro de lo establecido para cumplir la norma. Una estufa eléctrica de inducción de 1800W de potencia, utilizada una hora al día consumiría 54kWh al mes y 648kWh al año (ver Anexo G).

En conclusión, con respecto a la línea base de consumo de energía establecida en la Resolución y su guía anexa y con respecto al histórico de consumos registrado en la Tabla 6-1, en el campo de la vivienda 3 y 4 con promedio de área de 75m², en Bogotá, no se requeriría realizar ninguna acción en EE, porque la energía eléctrica consumida está por debajo del máximo permisible aun incorporando la cocina eléctrica de inducción. No obstante esto, el estándar fijado por esta tesis son 2000 kWh al año para el clima frío.

En lo que respecta a la calefacción, se tienen dos opciones en la actualidad: pagar más por el consumo de energía eléctrica o no satisfacer la demanda de confort térmico mediante algún aparato que consuma energía. Lo anterior debido en parte a que no existe en Colombia una reglamentación en cuanto a la envolvente y su transmitancia térmica, a diferencia de otros países de la región como México y Argentina.

6.2 Caracterización del consumo eléctrico en clima cálido-húmedo (Barranquilla)

En el caso de la ciudad de Barranquilla se cuenta con mayores consumos de energía eléctrica con respecto a la ciudad de Bogotá como se muestra en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4: Promedio consumo mensual de energía eléctrica en vivienda Barranquilla año 2014. Con base en [85, 35].

Promedio consumo mensual de energía eléctrica uso residencial en Barranquilla 2014			
Estrato	kWh mes	Costo kWh Electricaribe a enero 2015	Costo consumo mensual
Estrato 1	366,33	\$153,7000	\$56.305
Estrato 2	265	\$192,0900	\$50.904
Estrato 3	296,85	\$291,2600	\$86.461
Estrato 4	371,5	\$342,6600	\$127.298
Estrato 5	489,75	\$411,1900	\$201.380
Estrato 6	827,82	\$411,1900	\$340.391

El promedio de consumo de energía eléctrica para los estratos 3 y 4 es de 341,64 kWh al mes. El costo por consumo eléctrico mensual corresponde aproximadamente a un 4,5% para el estrato 3 y a un 6,5% para el estrato 4 del ingreso promedio de una familia en Colombia estimado en 2015 en 1,9 millones de pesos mensuales correspondientes a 3 salarios mínimos [37].

Para los estrato 3 y 4 se hace un análisis correspondiente al consumo de energía por cada aparato eléctrico (ver Tabla 6-5).

Tabla 6-5: Promedio consumo de energía eléctrica por aparatos en vivienda Barranquilla. Con base en [34, 41].

Promedio consumo energía eléctrica por aparatos. Clima cálido-húmedo. Estrato 3-4						
Aparatos	kW	horas uso al día	kWh día	horas uso al mes	kWh mes	kWh año
Bombillas fluorescentes 25W(4 puntos)	0,025	16	0,4	480	12	144
Televisosr LCD 20"	0,15	6	0,9	180	27	324
Computador de mesa	0,14	2	0,28	60	8,4	100,8
Nevera	0,18	10	1,8	300	54	648
Horno estufa	3,3	0,03	0,11	1	3,3	39,6
Horno microondas	1	0,33	0,33	10	10	120
Licuadaora	0,4	0,50	0,20	15	6	72
Lavadora	0,75	0,40	0,30	12	9	108
Plancha de ropa	1	0,40	0,40	12	12	144
Otros (secadora pelo, equipo sonido, etc)					6	72
Ventiladores (3 unidades)	0,1	36	3,6	1080	108	1296
Total con ventilador			3,42		255,7	3068,4
Aire acondicionado tecnología inverter	1,09	8	8,72	240	261,6	3139,2
Total con aire acondicionado, sin ventiladores			12,14		511,3	4911,60

Al promediar el consumo mensual con ventiladores y con aire acondicionado se obtiene 383,5 kWh al mes, lo que corresponde aproximadamente al promedio de consumo mensual para el estrato 4 en la Tabla 6-5.

6.2.1 Promedio de consumo energético estándar en clima cálido húmedo.

Se toma como estándar de consumo eficiente para la vivienda tipo 3 y 4 en clima cálido-húmedo el promedio de consumo eléctrico de la Tabla 6-5, con la opción ventiladores, de 255,7 kWh al mes (3068,6 kWh al año). Un ahorro sobre esta cifra conduciría a una insatisfacción de las necesidades básicas y de confort del usuario.

En la Resolución 0549 de 2015 y su guía anexa, se estable un consumo de 3765 kWh al año para una vivienda de 75m² no VIS en clima cálido húmedo. El ahorro exigido a partir del segundo año de vigencia es del 45% que corresponde a 1694,25 kWh al año. En total la vivienda podría consumir al año 2070,75 kWh al año. Esta cifra está por debajo en un 33% del estándar establecido en la Tabla 6-5 de 3068,4 kWh al año. Para cumplir con la Resolución, no se podría utilizar ningún tipo de refrigeración en clima cálido húmedo, ni siquiera ventiladores de techo, lo cual no corresponde con las necesidades de confort térmico del usuario.

De esto se desprende que la Resolución establece dos cuestiones que dificultan el cumplimiento del ahorro de energía. Por un lado establece la línea base por m² y no por tipo de vivienda. Es probable que una vivienda de 100m² tenga las mismas necesidades de consumo que una de 55m². Basta con recordar la vivienda analizada en Bogotá de 260m².

Para una vivienda tipo 3 o 4 de 55m², no VIS en clima cálido húmedo, la Resolución establece un consumo de 50,2 kWh al año. Al multiplicar esta medida por los 55m² de área, se tendría un consumo de 2761 kWh al año. El ahorro del 45% corresponde a 1242,45 kWh al año. Así, la vivienda podría consumir anualmente 1518,55 kWh. Para cumplir con esta cifra en la vivienda no solo no se podrían usar ventiladores de techo, tampoco se podrían usar la lavadora y la plancha de ropa como se muestra en la Tabla 6-6.

Tabla 6-6: Promedio consumo de energía eléctrica por aparatos en vivienda Barranquilla para cumplir con Resolución 0549 de 2015. Con base en [34, 41].

Promedio consumo energía eléctrica por aparatos. Clima cálido-húmedo. Estrato 3-4						
Aparatos	kW	horas uso al día	kWh día	horas uso al mes	kWh mes	kWh año
Bombillas fluorescentes 25W(4 puntos)	0,025	16	0,4	480	12	144
Televisosr LCD 20"	0,15	6	0,9	180	27	324
Computador de mesa	0,14	2	0,28	60	8,4	100,8
Nevera	0,18	10	1,8	300	54	648
Horno estufa	3,3	0,03	0,11	1	3,3	39,6
Horno microondas	1	0,33	0,33	10	10	120
Licudadora	0,4	0,50	0,20	15	6	72
Lavadora	0,75	0	0	0	0	0
Plancha de ropa	1	0	0	0	0	0
Otros (secadora pelo, equipo sonido, etc)					6	72
Ventiladores (3 unidades)	0,1	0	0	0	0	0
Total con ventilador			2,72		126,7	1520,4

Por otro lado, la Resolución es más exigente con el clima cálido-húmedo que con el frío, a pesar de que el clima cálido tiene mayor demanda de consumo de energía por confort térmico (ver Tabla 6-7).

Tabla 6-7: Porcentaje mínimo de ahorro según uso y clima a partir del segundo año de vigencia de la Resolución 0549 de 2015 [22].

Energía	Porcentaje mínimo de ahorro			
	Frio	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Con respecto a la línea base				
Hoteles	20	35	25	45
Hospitales	35	25	35	30
Oficinas	30	30	40	30
Centros comerciales	25	40	35	30
Educativos	45	40	40	35
Vivienda no VIS	25	25	25	45
Vivienda VIS	20	15	20	20
Vivienda VIP	15	15	20	15

6.3 Posibilidad del cubrimiento de la demanda estándar eléctrica mediante la generación por paneles fotovoltaicos

La instalación de paneles fotovoltaicos puede ser de manera interconectada con respaldo de la red y no conectada, sin respaldo de la red. Para la primera opción se requiere una legislación al respecto que aún no se encuentra reglamentada en Colombia.

El sistema interconectado consta de paneles fotovoltaicos, regulador, inversor que convierte la energía de corriente continua a corriente alterna, contadores para la energía inyectada a la red y para la consumida por el edificio, rieles o soportes para los paneles, además de cableado para la instalación. El sistema no interconectado o autónomo consta además de baterías para garantizar su funcionamiento en las horas en que no se cuenta con radiación solar [76,81].

6.3.1 Cantidad de paneles y área requerida

Los paneles fotovoltaicos que se requerirían para una vivienda en clima frío, que cuenta con instalaciones de gas natural, teniendo un consumo diario eléctrico promedio de 5320W, más un 10% de respaldo (5852W), serían 10 unidades de 150W (ver Tabla 6-9).

En Barranquilla, una vivienda con instalaciones de gas natural, con refrigeración natural y mecánica por ventiladores de techo, tendría una demanda diaria de energía de 8520W más un 10% de respaldo (9372W). Para esta carga requeriría de 13 paneles de 150W para cubrir su demanda de energía eléctrica diaria (ver Tabla 6-8).

Tabla 6-8: Cálculos de paneles fotovoltaicos requeridos en una vivienda tipo 3-4 según la ciudad y la demanda de energía eléctrica. Con base en [70, 81].

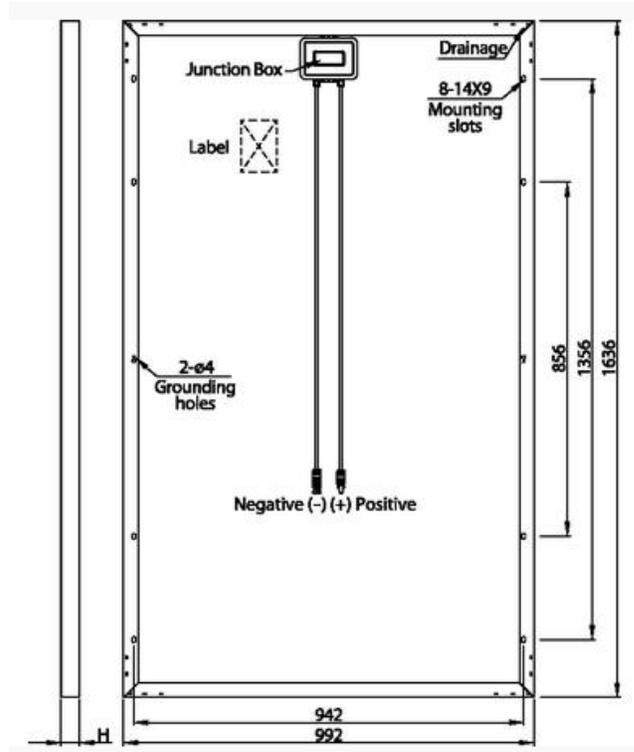
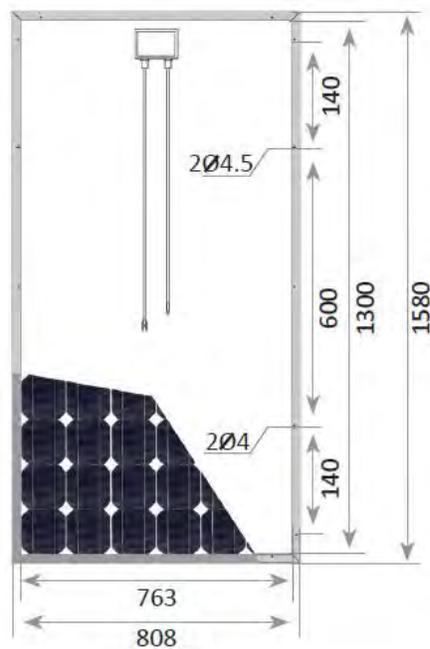
Cálculo de paneles fotovoltaicos requeridos para una vivienda tipo 3 -4.						
Ciudad	Latitud, longitud. NASA	Radiación solar directa promedio anual. NASA	Demanda de energía diaria .	Potencia panel W	Producción diaria panel W	Paneles requeridos para cubrir la demanda
Bogotá	4.657494, -74.123997	3,98	5852	150	597	10
Bogotá	4.657494, -74.123997	3,98	5852	215	855,7	7
Bogotá	4.657494, -74.123997	3,98	5852	250	995	6
Barranquilla	10.986738, -74.805501	4,95	9372	150	742,5	13
Barranquilla	10.986738, -74.805501	4,95	9372	215	1064,25	9

Las medidas de los paneles varían conforme con el fabricante y la potencia. Generalmente un panel de gran tamaño no pasa de 1,70mt x 1,00mt (ver Figura 6-3), un panel mediano puede tener un área no mayor a 1,35m² (ver Figura 6-4), que multiplicados por 10 paneles daría un total de 13,5m² de área aproximada necesaria para la instalación de paneles por vivienda en clima frío.

Generalmente la cubierta de un edificio que cuenta con cuatro apartamentos por planta de 75m² tiene un área de 350m² y para la instalación de paneles solo se contaría con un 80% aproximado de esta área (280m²). En esta superficie se podrían instalar paneles para 20 viviendas. En caso de que el edificio tuviera 8 plantas tendría 32 apartamentos, 12 de ellos sin posibilidad de contar con paneles fotovoltaicos.

La posibilidad de instalar paneles en fachadas no es tan eficiente como en zonas localizadas más al norte y al sur del globo terráqueo. Colombia se encuentra en el trópico así que la instalación más recomendable para los paneles es en cubierta.

En estas circunstancias se puede entrar a considerar el cubrimiento parcial de la demanda eléctrica por medio de la generación fotovoltaica o, como ya se mencionó antes, la creación de parques urbanos fotovoltaicos para poder cubrir la demanda total.

Figura 6-3: Dimensiones paneles fotovoltaicos de 250W y 260W Hareon Solar [88].**Figura 6-4:** Dimensiones panel fotovoltaico de 200W [39].

6.3.2 Costos del sistema

La generación de energía a pequeña escala mediante paneles fotovoltaicos aún no se ha desarrollado en Colombia debido en parte a los altos costos. En países como Estados Unidos, Japón y Holanda sí se ha desarrollado debido a que la producción de energía por otros medios no renovables resulta demasiado costosa, sin embargo, se estima que hacia el año 2030 el sistema fotovoltaico será competitivo a nivel nacional. [76].

Para el año 2016 una aproximación de los costos de solo paneles, regulador e inversor para una vivienda en Bogotá ronda los diez millones de pesos en promedio con 2160 kWh de producción anual. En el caso de Barranquilla el costo es aproximadamente de doce millones de pesos para una producción anual de 3370 kWh (ver Anexo K). Actualmente a estos costos se le debe sumar el valor de las baterías (30 a 40% más [76]) debido a que la conectividad con la red no está aún reglamentada.

6.4 Posibilidad del cubrimiento de la demanda estándar eléctrica mediante la generación mini eólica con aerogeneradores

En Colombia el potencial para la generación mini eólica es limitado. Las velocidades del viento son relativamente bajas, aún para que el aerogenerador arranque su funcionamiento. Para ello se requiere generalmente de 3m/s [30]. Las velocidades medias anuales de ciudades como Bogotá, Cali y Bucaramanga están por debajo de esa medida.

Para una producción eficiente de energía mediante aerogeneradores se requiere una velocidad media del viento de por lo menos 5,5m/s. Ciudades costeras como Santa Marta, Barranquilla y Cartagena cuentan con esa velocidad (ver Tabla 6-9).

Tabla 6-9: Datos velocidad media anual en ciudades principales de Colombia. Con base en [70].

Datos velocidad media anual principales ciudades de Colombia				
Ciudad	Latitud, longitud.	Velocidad promedio anual NASA (10 m sobre superficie)m/s	Velocidad promedio anual NASA(50 m sobre superficie)m/s	Promedio velocidades anuales(30m sobre superficie) m/s
Bogotá	4.657494, -74.123997	1,7	2,15	1,925
Santa Marta	11.238483, -74.189564	5,62	6,57	6,095
Barranquilla/soledad	10.986738, -74.805501	4,41	5,58	4,995
Cartagena	10.390431, -75.481338	4,51	5,71	5,11
Medellín	6.204168, -75.569243	1,51	1,92	1,715
Cali	3.392200, -76.531494	1,67	2,11	1,89
Bucaramanga	7.122199, -73.110792	1,69	2,14	1,915

A nivel nacional no existe mayor oferta en el mercado de aerogeneradores. A nivel internacional los aerogeneradores de mayor adaptación urbana y arquitectónica son los de eje vertical (ver Figura 6-5), adecuados para entornos donde se cuenta con constantes cambios de dirección del viento, velocidades más bajas y con mayores turbulencias que a campo abierto [68].

Figura 6-5: Aerogenerador de eje vertical [48].

En el mercado internacional existen aerogeneradores de eje vertical de variadas potencias. En el caso de la marca ECOTECH, se cuenta con aerogeneradores de 1000W y 4000W, entre otros que respectivamente producen anualmente, a una velocidad media de 5,5m/s, 1250kWh y 6000 kWh (ver Tabla 6-10).

Tabla 6-10: Especificaciones de aerogeneradores de eje vertical Ecotech [30,31].

Especificaciones de aerogeneradores de eje vertical Ecotech				
Potencia W	Altura	Diámetro	Velocidad de arranque	Producción de energía anual a 5,5 m/s en kWh
1000	2,7	1,8	3m/s	1250
4000	4,6	3	3,5m/s	6000

Por vivienda, en clima cálido húmedo, para cubrir la demanda total de energía diaria se requerirían 2,73 unidades del aerogenerador de 1000W de potencia o 0,57 unidades del aerogenerador de 4000W. Un proyecto con 60 unidades de vivienda, requeriría 164 dispositivos de 1000W o 35 unidades de 4000W.

Como se evidencia en la Tabla 6-10 los aerogeneradores tienen un tamaño considerable para ser albergados en las cubiertas o áreas libres de un proyecto. También tienen un precio elevado. Para el año de 2016, un aerogenerador de eje vertical de 1kW puede costar entre 2750 y 5000 dólares (ver anexo L).

La instalación para generación eólica también requiere de los suplementos necesarios para la instalación fotovoltaica. Se requiere de reguladores e inversores, así como de baterías para los casos no interconectados. De igual forma se requiere de una reglamentación para la interconexión que de momento no existe en Colombia.

Ante este panorama el potencial de incorporación de la energía mini eólica a la vivienda es reducido, aunque pudiera considerarse a futuro en proyectos de vivienda tipo 5 y 6, al menos para suplir la demanda energética de sus zonas comunes.

7. Matriz de calificación de eficiencia energética

El producto de la presente tesis es un matriz de parámetros generales y calificación de EE, contenida en el CD de Anexo A.

El propósito inicial de la matriz dentro del modelo de gestión y calificación propuesto es surtir los siguientes pasos por parte del ente gestor y planificador de proyectos.

1. Establecer objetivos de EE para cada uno de los sistemas del proyecto conforme con las capacidades de la organización y requerimientos del cliente y características del proyecto.
2. Conocer y seleccionar las estrategias apropiadas para el cumplimiento de los objetivos establecidos en EE.
3. Analizar las estrategias y su viabilidad. Valoración con indicadores.
4. Tomar decisiones en EE.
5. Seguir las recomendaciones.

El segundo objeto es servir como herramienta de evaluación de EE en proyectos de vivienda multifamiliar tipo 3-4, mediante un sistema de puntuación y unidades de valoración, también conocidas como créditos.

La metodología de la matriz también ofrece la posibilidad de ampliación y evaluación de estrategias innovadoras en cuanto a sistema constructivo y aislamiento térmico de la envolvente que el gestor de proyectos y arquitecto diseñador quiera proponer e implementar.

7.1 Sistema de puntuación

La matriz está compuesta por las estrategias seleccionadas en materia de EE, asociadas a un determinado sistema del proyecto (ver 7.3). Cada estrategia posee un objetivo específico y es evaluada conforme con unos indicadores establecidos (ver 7.4).

Los indicadores son 10 en total y cada uno de ellos aporta hasta 3 puntos. Cada estrategia de EE al ser valorada con los indicadores puede alcanzar un máximo de 30 puntos.

El grado de eficiencia admisible debe ser mayor al 40% de los puntos posibles, es decir, cada estrategia para que sea considerada eficiente en algún grado, debe calificar con más de 12 puntos. Con el 80% de cumplimiento (24 puntos) se considera suficiente para evaluar el grado de eficiencia de la estrategia.

Conforme con el número de puntos alcanzado cada estrategia se clasifica en su grado de desempeño en EE conforme con la Tabla 7.1

Tabla 7-1: Clasificación del grado de desempeño en EE de las estrategias [la autora].

Clasificación del grado de desempeño en EE de las estrategias	
Grado de desempeño	Rango de puntuación
Insuficiente	1 - 12
Bajo	13 - 16
Medio	17 - 20
Alto	21 - 24
Superior.	25 - 30

Con el análisis realizado, ninguna estrategia alcanzó un grado de desempeño superior.

De acuerdo a la clasificación anterior cada estrategia otorga unidades de valoración o créditos (ver Tabla 7.2) que finalmente aportan para la calificación de un proyecto en EE.

Tabla 7-2: Asignación de créditos por estrategia según grado de desempeño en EE [la autora].

Asignación de créditos por estrategia según grado de desempeño en EE	
Grado de desempeño	Créditos
Insuficiente	0
Bajo	1
Medio	2
Alto	3

7.2 Metodología de calificación de proyectos

Cumpliendo la gran mayoría de los lineamientos de EE establecidos en la matriz se puede llegar a obtener 30 créditos. Con el 40% o menos de esos créditos se considera el edificio como ineficiente en energía. En adelante los proyectos se califican como ineficientes o eficientes con grados de desempeño conforme a la Tabla 7-3.

Tabla 7-3: Grados de calificación en eficiencia energética obtenidos con la matriz [la autora].

Créditos obtenidos	Grado de calificación en eficiencia energética
1 - 12	Ineficiente
13 - 15	Eficiente en grado bajo
16 - 20	Eficiente en grado exigible
21 - 25	Eficiente en grado alto
26 - 30	Eficiente en grado superior

7.3 Selección de estrategias de eficiencia energética

A partir del marco teórico y buscando darle un manejo holístico al proyecto, con un enfoque sistémico, se establecieron 4 subconjuntos, interactuantes entre sí dentro del proyecto de vivienda, así como las estrategias de EE pertinentes a cada uno de ellos. Los sistemas establecidos son : territorio, edificio, energías renovables, usuarios (ver Figura 7-1).

Figura 7-1: Relación de sistemas para alcanzar la EE en el proyecto [la autora].



7.3.1 Sistema territorio

Contiene los aspectos de EE relativos al entorno urbano y al medio ambiente. El sistema se divide en dos subgrupos, predio y bioclimática, cuyo manejo es determinante en cuanto a confort y energía tanto a nivel urbano como al interior de la edificación.

El subgrupo predio comprende las áreas de edificabilidad, usos e intensidad del suelo y las áreas libres. El subgrupo bioclimática comprende la asoleación y control solar, la iluminación natural y la ventilación natural.

A continuación se mencionan las estrategias seleccionadas para el sistema territorio, junto con sus objetivos en eficiencia energética:

- Subgrupo predio.

ST1. Zonas verdes, arborizadas. Su objetivo es propiciar un microclima urbano que se acerque al índice de confort térmico del lugar para reducir la demanda de energía para refrigeración o calefacción.

ST2. Usos complementarios a la vivienda. Busca integrar al uso residencial usos complementarios de comercio y servicios para reducir el gasto energético (hidrocarburos), ocasionado por desplazamientos vehiculares.

ST3. Restitución de terreno en pisos superiores. Intenta reducir el consumo energético derivado de las excavaciones, movimientos de tierra, y disposición final del material resultante, ocupando en niveles inferiores mayor porcentaje del terreno, restituyendo áreas libres en pisos superiores y cubiertas. Busca favorecer también la generación de zonas verdes y la provisión de garajes cubiertos, para mejorar el microclima urbano.

- Subgrupo bioclimática. Asoleación y control solar.

ST4. Derecho al sol: busca favorecer el confort térmico de la edificación, garantizando el acceso a la radiación solar en fachadas, para reducir consumos energéticos para calefacción.

ST5. Orientación de la edificación. Intenta favorecer el confort térmico mediante la orientación adecuada del edificio con respecto a la trayectoria del sol, para reducir consumos energéticos para refrigeración o calefacción.

ST6. Dispositivos de control solar. Cortasoles. Busca dotar a la edificación de elementos de sombreado para mitigar la radiación solar y reducir consumos energéticos en refrigeración.

ST7. Dispositivos de control solar. Balcones. Quiere dotar a la edificación de elementos útiles de auto- sombreado para mitigar la radiación solar y reducir consumos energéticos en refrigeración. Adicionalmente, intenta proveer áreas libres en la vivienda, propicias para cultivos urbanos, reduciéndose consumos energéticos derivados del transporte de alimentos.

- Subgrupo bioclimática. Iluminación natural.

ST8. Iluminación natural para servicios y espacios complementarios. Su intento es dotar de luz día a espacios de la vivienda que usualmente se disponen sin iluminación natural para reducir consumos de energía (eléctrica) por concepto de iluminación artificial.

- Subgrupo bioclimática, ventilación natural.

El objetivo común es proveer de ventilación natural a la edificación reduciendo el consumo energético para refrigeración.

ST9. Ventilación natural con chimenea solar y/o geotérmica.

ST10. Ventilación natural cruzada.

ST11. Ventilación natural directa.

7.3.2 Sistema edificio

El sistema contempla los criterios de EE aplicables a elementos fundamentales que hacen parte de la edificación relacionados con el confort térmico y el gasto de energía como lo son la envolvente, el sistema constructivo, así como a las instalaciones.

A continuación se mencionan las estrategias seleccionadas para el sistema edificio, junto con sus objetivos en eficiencia energética:

- Subgrupo Envolvente y sistema constructivo.

El objetivo común es optimizar el desempeño en aislamiento térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumos de energía en calefacción y/o refrigeración.

Se consideran dos diferentes tipos de sistemas constructivos y sus aislamientos: sistema constructivo con fachadas portantes, sistema constructivo con fachadas no portantes.

Para el primer tipo, aislamiento térmico en sistema constructivo con fachadas portantes, se definieron las siguientes estrategias:

SE1. Sistema muros de carga con aislamiento interior o exterior en fibra de vidrio.

SE2. Sistema muros de carga con aislamiento interior o exterior en poliestireno EPS

Para el otro tipo, aislamiento térmico en sistema constructivo con fachadas no portantes se tiene:

SE3. Sistema steel framing con aislamiento en fibra de vidrio.

SE4. Sistema muros aislantes en poliestireno EPS.

SE5. Sistema mampostería (no portante) con aislamiento en fibra de vidrio.

SE6. Sistema mampostería (no portante) con aislamiento en poliestireno EPS.

Otros aislamientos también fueron considerados dentro de la matriz. Su objetivo también es optimizar el desempeño térmico de la envolvente, para disminuir consumos de energía en calefacción y/o refrigeración.

Los créditos para la calificación al respecto son los siguientes:

SE7. Sistema alternativo en aislamiento térmico de la envolvente.

SE8. Cubierta vegetal.

SE9. Muro vegetal.

SE10. Sistema de aislamiento térmico en ventanería.

También es necesario promover e incentivar la implementación de materiales y sistemas constructivos alternativos, que favorezcan la EE.

SE11. Sistema constructivo alternativo en eficiencia energética. Tiene por objeto, reducir el consumo de energía necesario para la fabricación de materiales y montaje o ejecución en obra de elementos propios del sistema constructivo de la edificación.

- Subgrupo de instalaciones.

Contempla los sistemas de cocción, secado de ropa y agua caliente, junto con los sistemas de confort térmico (calefacción y refrigeración).

Subgrupo de instalaciones para cocción de alimentos. El intento en común es reducir los consumos de energía eléctrica, requerida para la cocción de alimentos mediante la implementación de cocinas y hornos eficientes.

Los créditos son los siguientes:

SE12. Cocina de inducción, eléctrica.

SE13. Cocina a gas.

SE14. Horno a gas.

Subgrupo de instalaciones de secado de ropa.

SE15. Secadora a gas. Busca reducir los consumos de energía eléctrica, requerida para el secado de ropa, mediante la implementación de aparatos eficientes.

Subgrupo de instalaciones para agua caliente. El objetivo es reducir los consumos de energía eléctrica, requerida para agua caliente, mediante instalaciones eficientes.

Los créditos son los siguientes:

SE16. Ducha eléctrica.

SE17. Calentador de paso a gas. Tiro natural / tiro forzado.

SE18. Calentador solar compacto por termosifón.

SE19. Paneles solares con tanque central.

Subgrupo de instalaciones para confort térmico. Contempla las estrategias para calefacción y refrigeración.

SE20. Calefactor de ambiente a gas: busca reducir los consumos de energía eléctrica, requerida para calefacción, mediante instalaciones eficientes.

SE21. Ventilación forzada, natural. (Ventilador de techo). Su objetivo es reducir los consumos de energía eléctrica, requerida para refrigeración, mediante instalaciones eficientes.

7.3.3 Sistema energía renovables

El objetivo es generar energía renovable en sitio para disminuir las demandas de generación de energía mediante hidroeléctricas o termoeléctricas.

Las estrategias son las siguientes:

SER1. Energía solar fotovoltaica.

SER2. Energía mini-eólica.

7.3.4 Sistema usuarios

El sistema usuarios abarca estrategias que procuran hábitos de consumo responsable de energía y satisfacción del cliente.

SU1. Diseño de iluminación especializado con bombillas led. Intenta propiciar en el usuario hábitos responsables en el consumo de energía, satisfaciendo sus necesidades y requerimientos de iluminación.

SU2 Control de encendido y apagado de iluminación (Interruptores conmutables). Busca reducir los consumos de energía eléctrica, requerida para iluminación artificial, mediante instalaciones eficientes de control.

SU3 Domótica. Su objetivo es propiciar en el usuario hábitos responsables en el consumo de energía, satisfaciendo sus necesidades y requerimientos de control de la vivienda.

7.4 Indicadores de evaluación

Para realizar una evaluación y análisis de las estrategias seleccionadas, se proyectaron indicadores que constituyen una medida de la viabilidad, factibilidad o conveniencia en la implementación de cada sistema de EE, con base en la documentación consultada.

Se definen tres tipos de indicadores conforme su vocación y orientación: ecológicos, tecnológicos y económicos.

Estos tres grupos abarcan las variables necesarias para la toma de decisiones por parte de un constructor o proyectista en la definición, planeamiento y construcción de un proyecto de vivienda conforme con los objetivos definidos en el modelo de gestión.

- **Indicadores ecológicos.**

Son variables que se enfocan en la relación existente entre las estrategias evaluadas con el medio en el cual se implantan, sea este físico y geográfico o social y económico.

1. Sostenibilidad.
2. Impacto ambiental.
3. Resiliencia.

- **Indicadores tecnológicos.**

Con estos indicadores se busca una aproximación a la capacidad de operación y a los aspectos formales y funcionales de las estrategias analizadas.

4. Integración arquitectónica.
5. Flexibilidad.
6. Sinergia.

- Indicadores económicos.

El aspecto económico finalmente decidirá la viabilidad de inversión y de aplicación de la estrategia o sistema en el proyecto de construcción.

7. Rendimiento/Eficacia

8. Retorno de inversión.

9. Inversión inicial.

10. Durabilidad.

En total son 10 indicadores que otorgan hasta 3 puntos cada uno, para una calificación máxima de 30 puntos.

7.4.1 Indicador 1. Sostenibilidad

La EE se enmarca dentro del ámbito de la sostenibilidad, en este sentido, las acciones conducentes a conseguirla deben valorarse en función de los tres pilares del desarrollo sostenible: sociedad, medio ambiente y productividad.

Propósito.

Mide el aporte de la estrategia o sistema implementado, aparte de su colaboración en EE, con respecto al desarrollo sostenible en los aspectos social, medio ambiental y productivo.

En el factor social se evalúa el aporte al mejoramiento de la calidad de vida de las personas al brindarles espacios habitables, confortables y de inclusión social.

En cuanto a lo medio ambiental, se mide el aporte a la generación de hábitats en armonía con la naturaleza y adaptativos al cambio climático.

Con respecto a la productividad se valora que la estrategia genere oportunidad de ganancia o beneficio económico para cualquiera de los actores involucrados, ya sea el usuario o el gestor de proyectos.

Valoración.

Se confiere un valor numérico por el aporte realizado en cada uno de los aspectos.

Social: sin aportes (0 puntos), 1 o más aportes (1 punto).

Medio ambiental: sin aportes (0 puntos), 1 o más aportes (1 punto).

Productivo: Sin aportes (0 puntos). 1 o más aportes (1 punto).

En total se pueden alcanzar hasta 3 puntos como máximo con en este indicador.

7.4.2 Indicador 2. Impacto ambiental

Las estrategias implementadas son acciones que buscan repercutir sobre el medio de manera positiva en lo referente a EE, no obstante, todo beneficio tiene un costo no solo de tipo económico, sino medioambiental.

Un ejemplo de un costo medioambiental a considerar es el caso de la extracción del gas natural. A nivel nacional, se requiere aumentar las reservas del hidrocarburo mediante el procedimiento del fraccionamiento hidráulico, método señalado como generador de contaminación de acuíferos, emisor de gases a la atmósfera y provocador de movimientos sísmicos.

Propósito.

Evalúa el efecto adverso que se produce sobre el medio ambiente con la implementación de determinada estrategia de EE.

Valoración.

Se trata de un indicador de tipo conceptual y calificativo, no obstante esto, se le confiere un valor numérico al dar una puntuación según el grado de impacto producido.

Impacto negativo no mitigable: 0 puntos.

Impacto negativo mitigable: 1 punto.

No produce impacto negativo: 3 puntos.

7.4.3 Indicador 3. Resiliencia

La dependencia en un alto porcentaje de un sólo tipo de fuente de energía crea una vulnerabilidad con consecuencias negativas en caso de fallas en el suministro o producción. Existe una dependencia generalizada de la distribución centralizada de energía eléctrica, la que a su vez está supeditada en gran medida a la generación

hidráulica, existiendo la amenaza de posibles sequías asociadas a los fenómenos del cambio climático. De otro lado, también existe dependencia de los combustibles fósiles, cuyas reservas son inciertas, y los efectos de su explotación son adversos al medio ambiente. En cuanto a las fuentes de energía renovables, no se puede contar con ellas en un 100%. Por ejemplo el sol, sólo está presente en algunas horas del día. Los días nublados también representan un inconveniente para que existan ganancias solares. En este sentido, es importante que el sistema tenga la capacidad de soportar y continuar en funcionamiento a pesar de condiciones desfavorables.

Propósito:

Mide la seguridad, autonomía y resistencia que presenta el sistema ante circunstancias adversas.

Valoración:

Seguridad. No compromete la seguridad humana en caso de un siniestro o caso fortuito:
1 punto.

Suficiencia Autonomía. No depende de otras estrategias para cumplir con su objetivo. No requiere soporte o respaldo, si se requiere, el respaldo no implica una inversión adicional:
1 punto.

Resistencia, indiferencia o adaptabilidad. Es inalterable o se adapta a las condiciones y efectos del cambio climático y otros efectos adversos: 1 punto.

En total se pueden alcanzar 3 puntos como máximo con en este indicador.

7.4.4 Indicador 4. Integración arquitectónica

La arquitectura es el todo de la edificación y para que exista unificación y coordinación entre los elementos y sistemas del proyecto, estos deberán ser parte integral del todo y no añadiduras al mismo.

Propósito.

Mide el impacto y capacidad de incorporación de la tecnología de EE implementada en la arquitectura y estética de la edificación.

Valoración.

Se trata de un indicador de tipo conceptual y calificativo, no obstante esto, se le confiere un valor numérico al realizar una puntuación según el concepto valorado.

Impacto negativo: 0 puntos.

Impacto mitigable, determina o condiciona el diseño. 1 punto.

No afecta: 2 puntos.

Impacto positivo: 3 puntos.

7.4.5 Indicador 5. Flexibilidad

La satisfacción del cliente suele ser un indicador principal en los sistemas de gestión de calidad. Este factor debe considerarse teniendo en cuenta que se satisfagan las preferencias y necesidades del usuario.

Propósito.

Mide el grado de adaptación a los cambios de diseño y/o requerimientos del cliente, del sistema o tecnología de EE implementado.

Valoración.

Se trata de un indicador de tipo conceptual y calificativo, no obstante esto, se le confiere un valor numérico al realizar una puntuación según el concepto valorado.

Inflexible: 0 puntos.

Indiferente: 1 punto.

Opcional: 2 puntos. No es imprescindible y el cliente puede elegir otro sistema de su predilección.

Flexible: 3 puntos. Ofrece múltiples opciones para satisfacer las necesidades y requerimientos del usuario.

7.4.6 Indicador 6. Sinergia

Se concentra en la cooperación y respaldo que debe haber entre varias estrategias implementadas para obtener mejores resultados en EE.

Propósito.

Mide el aporte y la colaboración activa y concertada con otros sistemas para aumentar la efectividad en EE.

Valoración. Se trata de un indicador de tipo conceptual y calificativo, no obstante esto, se le confiere un valor numérico al realizar una puntuación según la calidad del concepto valorado.

Sinergia negativa: -1

Sinergia inexistente: 0.

Sinergia positiva: 3.

7.4.7 Indicador 7. Rendimiento/eficacia**Propósito.**

Mide la capacidad del sistema de EE de producir efectivamente ahorros, principalmente económicos, en materia de consumo energético en comparación con una línea base (sistema inexistente, sistema menos eficiente o sistema de comparación simple).

Valoración.

Porcentaje de ahorro o eficacia con respecto a la línea base entre el 1-30% o indeterminado: 1 punto.

Porcentaje de ahorro o eficacia con respecto a la línea base entre el 31-70%: 2 puntos.

Porcentaje de ahorro o eficacia con respecto a la línea base entre el 71-100%: 3 puntos.

7.4.8 Indicador 8. Retorno de inversión**Propósito.**

Su objetivo es medir la rentabilidad de la inversión. Establece la relación entre el ahorro económico obtenido en una unidad de tiempo establecida (anual) y la inversión realizada inicialmente.

Se trata de una relación simple, sin tener en cuenta el valor monetario en el tiempo, debido a que no se contemplan los porcentajes de inflación ni los precios de la energía a futuro. No obstante, la tendencia de los precios y de la inflación es al alza y por lo tanto el porcentaje de retorno de inversión se mantendrá dentro de los rangos establecidos.

Valoración.

Es un indicador numérico con base en la siguiente fórmula:

$$R = (\text{Ahorro en pesos anual} / \text{inversión}) * 100$$

Dependiendo del porcentaje de retorno anual se le otorga una puntuación inicial.

Retorno de inversión de 5-30% anual: 1 punto

Retorno de inversión de 31-70% anual: 2 puntos

Retorno de inversión de 71-100% anual: 3 puntos

Una segunda puntuación se otorga con respecto a la vida útil del sistema.

Tiempo de retorno de inversión estimado superior a la vida útil del sistema. 0 puntos.

Retorno de inversión alcanzado en años durante el 71-100% de la vida útil del sistema: 1 punto.

Retorno de inversión alcanzado en años durante el 31-70% de la vida útil del sistema: 2 puntos.

Retorno de inversión alcanzado en años durante el 1-30% de la vida útil del sistema: 3 puntos

El promedio simple de ambas puntuaciones es la valoración final alcanzada por la estrategia.

Si el retorno de inversión es indeterminado debido a que la inversión se realiza en zonas comunes o la realiza el constructor o una entidad prestadora de servicios se asigna 1 punto.

7.4.9 Indicador 9. Inversión inicial

Una de las barreras para la implementación de la EE en el sector de la construcción es la concepción que se tiene acerca de que se requiere de una inversión adicional que puede afectar la viabilidad y rentabilidad del proyecto. El cumplimiento del objetivo en EE debe darse con la mínima inversión posible de recursos, ya sea para el constructor o gestor de proyectos, y para el usuario objetivo final, sobre quien recaen directamente los costos de la vivienda.

Es necesario establecer que tanto se debe invertir o no en la estrategia de EE a adoptar en comparación con el sistema no eficiente a ser sustituido o mejorado.

Propósito.

Mide la cantidad de recursos económicos que se invierten inicialmente para implementar una estrategia o sistema de eficiencia energética, en comparación con una línea base.

Valoración.

Es un indicador numérico al que se le brinda una puntuación dependiendo del porcentaje de ahorro en la inversión inicial.

Mayor inversión en comparación con la línea base: 0 puntos

Igual inversión en comparación con la línea base: 1 punto

No existe necesidad de inversión: 2 puntos

Existe ahorro de inversión en comparación con la línea base: 3 puntos.

7.4.10 Indicador 10. Durabilidad

Aparte de la inversión inicial, los sistemas pueden requerir, dependiendo de su vida útil, ser reemplazados, con la necesidad de volver a realizar una inversión. Es conveniente invertir en sistemas que tengan un ciclo de vida alto, superior al tiempo estimado de retorno de inversión o al menos igual a este.

Propósito.

Mide la vida útil del sistema en comparación con la vida útil de la edificación (50 años).

Valoración.

Durabilidad del sistema entre el 5-30% del ciclo de vida de la edificación: 1 punto.

Durabilidad del sistema entre el 31-70% del ciclo de vida de la edificación: 2 puntos.

Durabilidad del sistema entre el 71-100% o más del ciclo de vida de la edificación: 3 puntos.

7.5 Lectura de la matriz

La matriz maneja dos lecturas, una vertical y otra horizontal. La lectura vertical contiene la información y clasificación de los sistemas del proyecto junto con las estrategias de EE seleccionadas para cada uno.

Al lado de cada estrategia se encuentra un enlace, identificado con la letra D, que direcciona a una ficha de información descriptiva y gráfica de la estrategia (ver figura 7-2 y Figura 7-3).

Figura 7-2: Sistemas y estrategias de EE con enlace a la ficha descriptiva D [la autora].

Sistemas	Estrategias / Tecnologías		Descripción	Objetivo
SISTEMA TERRITORIO	Asoleación	ST5. Orientación de la edificación.	D	Favorecer el confort térmico mediante la orientación adecuada del edificio con respecto a la trayectoria del sol, para reducir consumos energéticos para refrigeración o calefacción.
		ST6. Dispositivos de control solar. Cortasoles	D	Dotar a la edificación de elementos de sombreado para mitigar la radiación solar y reducir consumos energéticos en refrigeración.
		ST7. Dispositivos de control solar. Balcones	D	Dotar a la edificación de elementos útiles de autosombreado para mitigar la radiación solar y reducir consumos energéticos en refrigeración. Adicionalmente, proveer
BIOClimática	Iluminación natural	ST8. Iluminación natural para servicios y espacios complementarios.	D	Dotar de luz día a espacios de la vivienda que usualmente se disponen sin iluminación natural para reducir consumos de energía (eléctrica) por concepto de iluminación artificial.

Figura 7-3: Ficha descriptiva [la autora].

VENTILACIÓN NATURAL CRUZADA

Descripción. [Matriz](#)
 Estrategia de ventilación pasiva que involucra aberturas en fachadas opuestas que dan a espacios abiertos. Las fachadas de ingreso de aire frío deben estar orientadas a barlovento, es decir, en la dirección de los vientos predominantes. Las aberturas en las fachadas al lado opuesto o sotavento, deben localizarse en la parte alta. Los elementos divisorios como puertas y muros internos deben acondicionarse con elementos como rejillas o similares que permitan los flujos de aire sin obstrucciones.

Imagen: elaboración propia.

Al lado del enlace D se encuentra el objetivo específico que se quiere alcanzar en EE con cada estrategia (ver Figura 7-4).

Figura 7-4: Estrategias de EE y objetivo específico [la autora].

Estrategias / Tecnologías		Descripción	Objetivo
Aislamiento térmico en sistema constructivo con fachadas portantes	SE1. Sistema muros de carga con aislamiento interior o exterior en fibra de vidrio.	D	Optimizar el desempeño térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumos de energía en calefacción y/o refrigeración..
	SE2. Sistema muros de carga con aislamiento interior o exterior en EPS	D	Optimizar el desempeño térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumos de energía en calefacción y/o refrigeración..

De otro lado, la lectura horizontal de la matriz provee la información de la valoración y análisis efectuados mediante los indicadores establecidos para cada estrategia (ver Figura 7-5).

Figura 7-5: Evaluación de las estrategias por medio de indicadores [la autora].

MATRIZ DE PARÁMETROS GENERALES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Temas	Estrategias / Tecnologías	Descripción	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4
			Sostenibilidad	Impacto ambiental	Resiliencia	Ahorro de inversión
Usos e intensidad del suelo y áreas libres	ST1. Zonas verdes, arborizadas	D	2	1	2	3
			Aspecto social: brinda espacios de integración y recreación comunitaria. Aspecto ambiental: atenuante del efecto de isla calor. Favorece el manejo de escorrentías urbanas. Disminuye contaminación del aire en el transporte de material excavado.	Impacto mitigable. Implica consumo de agua para su mantenimiento. Puede desfavorecer la provisión de luz natural.	Seguridad: cumple. Autonomía: cumple. Resistencia: adaptable con la vegetación adecuada. (Plantas nativas de poco consumo de agua)	La inversión puede ser más económica con respecto a los costos de mantenimiento con losetas.
	ST2. Usos complementarios a la vivienda	D	3	1	3	2
			Aspecto social: mejora la calidad de la vida de los residentes. Aspecto ambiental: favorece la reducción de emisiones de agentes contaminantes. Aspecto económico: favorece la rentabilidad del proyecto (constructor) y del sector (comerciantes)	Impacto mitigable. Contaminación visual, aglomeración de personas, ruido. Dependiendo de un buen diseño estos impactos pueden mitigarse.	Seguridad: cumple. Autonomía: cumple. Resistencia: cumple.	El constructor no debe realizar inversión adicional.
	ST3. Restitución de terreno y zonas verdes en pisos superiores.	D	3	1	2	0
			Aspecto social: brinda espacios agradables y de esparcimiento. Aspecto ambiental: menor impacto por desarrollo de terrenos, disminuye contaminación del aire por el transporte del material excavado. Aspecto económico: mayor rentabilidad del negocio.	Impacto mitigable. Las zonas verdes implican consumo de agua para su mantenimiento.	Seguridad: cumple. Autonomía: cumple. Resistencia: adaptable con la vegetación adecuada. (Plantas nativas de poco consumo de agua)	La inversión en una cubierta verde puede ser doble con respecto a una cubierta convencional.
			2	3	2	

Después de la valoración con indicadores se da la calificación por sumatoria de puntos. Dependiendo del puntaje y grado de desempeño alcanzado por cada estrategia se establece el número de créditos posibles que otorga cada estrategia para la valoración de la EE del proyecto de vivienda (ver Figura 7-6).

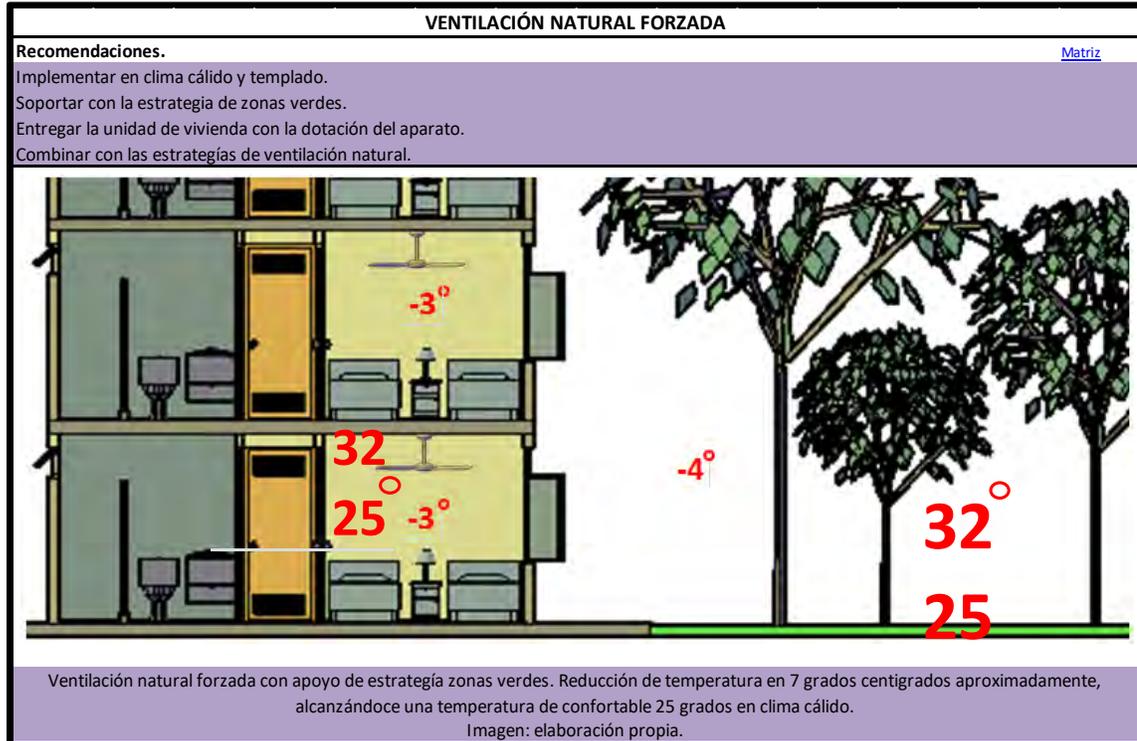
Figura 7-6: Puntaje obtenido en valoración con indicadores y créditos que otorga cada estrategia [la autora].

MATRIZ DE PARÁMETROS GENERALES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA							
Sistemas	Estrategias / Tecnologías			Análisis	Calificación		Recomendaciones
					Puntaje obtenido en análisis y grado de desempeño en EE	Créditos	
PREUDIO	Usos e intensidad del suelo y áreas libres	ST1. Zonas verdes, arborizadas	A	22	3 créditos	R	
			Grado alto				
		ST2. Usos complementarios a la vivienda		18	2 créditos	R	
			Grado medio				
ST3. Restitución de terreno y zonas verdes en pisos superiores.		19	2 créditos	R			
	Grado medio						
SISTEMA TERRITORIO	Asoleación	ST4. Derecho al sol		19	2 créditos en clima frío	R	
			Grado medio				
		ST5. Orientación de la edificación.		12	3 créditos	R	
			Grado medio				
ST6. Elementos de control solar. Cortasoles		10,5	1 crédito en vivienda tipo 5 y 6	R			
	Grado insuficiente						
	ST7. Elementos de control solar. Balcones			20	2 créditos	R	

Dentro de la casilla identificada con la letra A (ver Figura 7-6) se encuentra el enlace que vincula con las tablas soporte del análisis y evaluación realizada con indicadores.

Al final de la lectura horizontal aparece, por cada estrategia, un enlace identificado con la letra R (ver Figura 7-6) que direcciona a una ficha que contiene las recomendaciones para cumplir con la estrategia dentro del proyecto de vivienda (ver Figura 7-7).

Figura 7-7: Ficha recomendaciones [la autora].



7.6 Valoración de proyectos con la matriz de eficiencia energética

Para aplicar la matriz de valoración de EE, se seleccionaron tres proyectos determinantes por su ubicación y características: el proyecto Plaza de la Hoja en Bogotá, el proyecto Altos de San Isidro en Barranquilla y el conjunto residencial Sayab en Cali.

7.6.1 Proyecto Plaza de La Hoja, Bogotá D.C. Metrovivienda

En Bogotá se escogió el proyecto de Plaza de la Hoja, que aunque se trata de un proyecto de vivienda de interés social, cuenta con inversión y áreas con mejores cualidades a las de un proyecto VIS. El promotor, Metrovivienda, es una entidad del distrito capital, cuya administración puso énfasis en la inclusión de criterios de EE en la proyección de la obra.

El proyecto alcanza con la matriz una calificación total de 17 puntos (ver 7.6.4), colocándose en un nivel de eficiencia energética en grado exigible, aun tratándose de un

proyecto VIS. El proyecto logra la puntuación obtenida, debido a la implementación de diversas estrategias como su ubicación en un sector consolidado de la ciudad con un centro comercial como vecino (ver Figura 7-8).

Figura 7-8: Proyecto Plaza de La Hoja. Vecinos y orientación [51].



Otros lineamientos de EE en el proyecto son el derecho al sol que tienen la mayoría de sus fachadas gracias a una orientación aceptable y gran provisión de zonas libres, instalaciones de gas natural para cocción y calefacción (ver Figura 7-9) y la inclusión de 1538m² en cubiertas vegetales [65] (ver figura 7-10).

Figura 7-9: Instalaciones a gas para cocción y calefacción en proyecto Plaza de La Hoja [66].



Figura 7-10: Cubiertas verdes en proyecto Plaza de La Hoja [65].



El proyecto podría alcanzar un grado de eficiencia alto si incluyera balcones en las unidades privadas y zonas verdes a nivel de acceso.

El proyecto cuenta con un muro vegetal en su fachada oriental (ver Figura 7-11), pero este hecho no sumó ningún punto en su calificación debido a que es una estrategia efectiva para clima cálido principalmente, donde impide que el edificio se caliente, oponiéndose a la radiación solar.

No se evidencia en el proyecto, localizado en clima frío, cómo el muro ayuda a mejorar el desempeño en EE, debido a que está ubicado en una fachada en la que se busca absorber energía térmica del sol. De estar localizado en las fachadas con menor incidencia solar, el muro verde podría servir como aislamiento térmico para evitar pérdidas de calor.

Figura 7-11: Muro verde en fachada oriental del proyecto Plaza de La Hoja [73].



7.6.2 Conjunto Altos de San Isidro, Barranquilla, Marval S.A

Otro proyecto valorado es Altos de San Isidro en la ciudad de Barranquilla. Se escogió por ubicarse en una de las ciudades más calurosas del país y por ser producto de una de las constructoras más grandes a nivel local con alta incidencia en la construcción de vivienda en serie tipo 3 y 4.

El proyecto alcanza con la matriz una calificación de 8 puntos (ver 7.6.4), colocándose en un nivel de desempeño ineficiente.

Los aspectos que más desfavorecen la calificación del proyecto son en primer lugar la orientación oriente occidente de las fachadas más largas y con aberturas, con alta incidencia de radiación solar en horas de mañana y tarde; en segundo lugar la escasez de zonas verdes (ver Figura 7-12 y Figura 7-13).

Figura 7-12: Orientación oriente occidente del conjunto Altos de San Isidro, inconveniente para clima cálido [52].

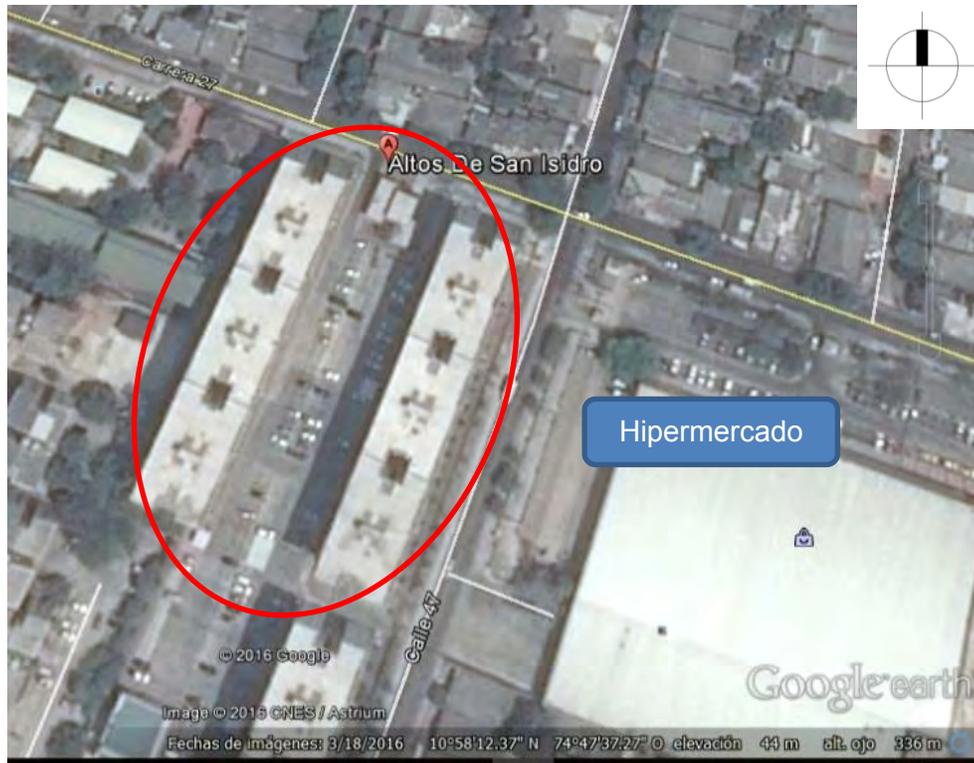


Figura 7-13: Conjunto Altos de San Isidro, áreas libres con pocas zonas verdes [64].



Entre los aspectos que más favorecen la puntuación están su ubicación en un sector consolidado de la ciudad con un hipermercado como vecino (Figura 7-12), hecho que le da puntaje en el ítem de usos complementarios a la vivienda junto con la provisión de balcones e instalaciones de gas natural.

El proyecto podría haber alcanzado un grado de eficiencia energética exigible al incluir zonas verdes, cubiertas vegetales, y orientando los volúmenes adecuadamente.

7.6.3 Conjunto residencial Sayab, Cali [78]

Finalmente, también se valoró la EE de uno de los referentes seleccionados, el conjunto residencial Sayab en Cali, para verificar en qué nivel de EE se encuentra conforme con la matriz.

El proyecto alcanza con la matriz una calificación de 21 puntos (ver 7.6.4), colocándose en un nivel de eficiencia en energía alto.

Los créditos que más aportan a su calificación son sus zonas y terrazas verdes (ver Figura 7-14), su correcta orientación, sus balcones y su sistema de ventilación natural.

Figura 7-14: Terraza verde en conjunto residencial Sayab [78].



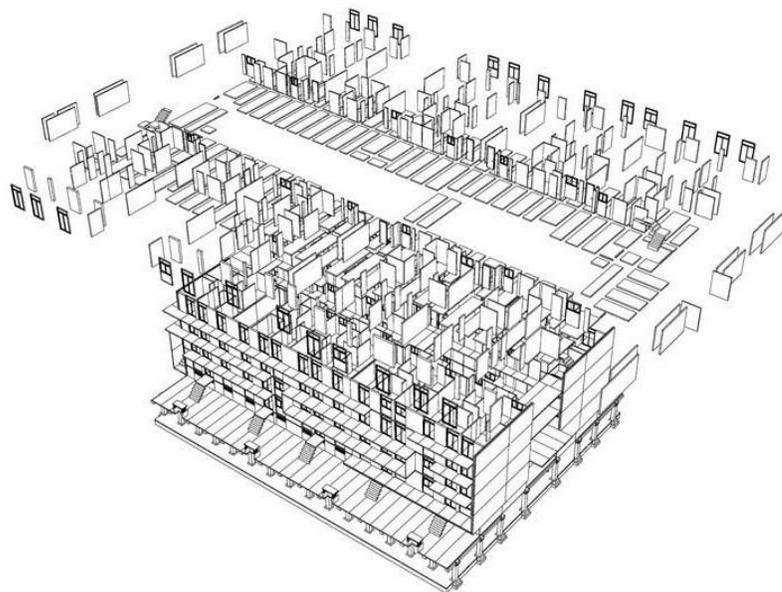
Otros factores que ayudan a calificar este proyecto son sus sistemas alternativos de aislamiento de la envolvente y proceso constructivo.

Las fachadas exteriores con mayor incidencia de radiación solar poseen doble pared. La pared interior corresponde a un muro de carga en concreto armado de 8cm de espesor. La pared exterior se compone de placas hidrófugas de yeso y celulosa. Entre las dos paredes existe un aislamiento en cáñamo de 5cm de espesor y una cámara de aire de 3 cm de espesor.

Las otras fachadas se componen de bloques de concreto rellenos con aislamiento a base de sacos de café reciclados.

En cuanto al sistema constructivo, se implementó un sistema industrializado, constituido principalmente por muros de carga prefabricados en concreto armado. Los elementos constitutivos del proyecto fueron producidos en fábrica con control de consumo energético en su producción. Posteriormente fueron ensamblados en obra, lo que permite un desmonte total de las edificaciones. Este proceso deconstructivo permite el reciclaje y reutilización de las partes de las edificaciones, procurando ahorros energéticos en la producción de nuevos materiales.

Figura 7-15: Sistema constructivo de muros de carga prefabricados en concreto en conjunto residencial Sayab [78].



7.6.4 Síntesis de la valoración con la matriz de EE

Los créditos obtenidos por cada proyecto en cada sistema se relacionan a continuación en las Tablas 7-4, 7-5, y 7-6.

Tabla 7-4: Valoración parcial de eficiencia energética proyectos evaluados, sistema territorio [la autora].

Valoración de la eficiencia energética en proyectos								
Proyecto				Plaza de la hoja Bogotá	Altos de San Isidro Bquilla	Conjunto Sayab		
Constructora				Metrovivienda	Marval S.A	IC Prefabricados		
Localización				Bogotá D.C	Barranquilla	Cali		
Tipo de proyecto de vivienda				VIS	4	4		
Proyecto				Plaza de la hoja Bogotá	Altos de San Isidro Bquilla	Cálido húmedo Sayab		
Sistemas	Estrategias / Tecnologías		Créditos posibles	Créditos obtenidos	Créditos obtenidos	Créditos obtenidos		
Localización				Bogotá D.C	Barranquilla	Cali		
SISTEMA TERRITORIO	PREUDIO	Tipo de proyecto de vivienda ST1. Zonas verdes, arborizadas	3 créditos	0	4	3		
		Clima		Frio	Cálido húmedo	Cálido húmedo y seco		
SISTEMA TERRITORIO	PREUDIO	Usos e intensidad del suelo y áreas libres	Créditos posibles	Créditos obtenidos	Créditos obtenidos	Créditos obtenidos		
		Asoleación	ST1. Zonas verdes, arborizadas	3 créditos	0	0	0	
			ST2. Usos complementarios a la vivienda	2 créditos	2	2	0	
			ST4. Derecho al sol	2 créditos	2	NA	NA	
			ST3. Restitución de terreno y zonas verdes en pisos superiores.	2 créditos	0	0	0	
			ST5. Orientación de la edificación.	3 créditos	3	0	3	
			ST4. Derecho al sol	2 créditos	2	NA	NA	
		Asoleación	ST7. Dispositivos de control solar. Balcones	2 créditos	0	2	2	
			ST5. Orientación de la edificación.	3 créditos	3	0	3	
			Iluminación natural	ST8. Iluminación natural para servicios y espacios complementarios.	2 créditos. En el 100% de las unidades	1	1	1
		ST7. Dispositivos de control solar. Balcones		1 Crédito. En menos del 100% de las unidades. Indirecta y sin relación de alturas recomendada.	0	2	2	
		Iluminación natural	Iluminación natural	ST9. Ventilación natural con chimenea solar y/o geotérmica.	2 créditos. En el 100% de las unidades	NA	0	3
				ST8. Iluminación natural para servicios y espacios complementarios.	1 Crédito. En menos del 100% de las unidades. Indirecta y sin relación de alturas recomendada.	1	1	1
			Ventilación natural	ST10. Ventilación natural cruzada.	2 créditos	NA	0	0
				ST9. Ventilación natural con chimenea solar y/o geotérmica. ST11. Ventilación natural directa.	3 créditos	NA	0	3
Ventilación natural	Ventilación natural	ST11. Ventilación natural directa.	1 crédito en clima cálido	2	1	0		
		ST10. Ventilación natural cruzada.	2 créditos en clima frío	NA	0	0		
Calificación sistema territorio.				10	6	12		
Calificación sistema territorio.				10	6	12		

Tabla 7-5: Valoración parcial de eficiencia energética proyectos evaluados, sistema edificio [la autora].

Valoración de la eficiencia energética en proyectos							
Proyecto			Plaza de la hoja Bogotá	Altos de San Isidro Bquilla	Conjunto Sayab		
Constructora			Metrovivienda	Marval S.A	IC Prefabricados		
Localización			Bogotá D.C	Barranquilla	Cali		
Tipo de proyecto de vivienda			VIS	4	4		
Clima			Frio	Cálido húmedo	Cálido húmedo y seco		
Sistemas	Estrategias / Tecnologías	Créditos posibles	Créditos obtenidos	Créditos obtenidos	Créditos obtenidos		
SISTEMA EDIFICIO	ENVOLVENTE Y SISTEMA CONSTRUCTIVO	Aislamiento térmico en sistema constructivo con fachadas portantes	SE2. Sistema muros de carga con aislamiento interior o exterior en EPS	2 Créditos en clima frío/templado/cálido seco	0	NA	0
		Aislamiento térmico en sistema constructivo con fachadas no portantes	SE3. Sistema steel framing con aislamiento en fibra de vidrio.	3 créditos en clima cálido húmedo.	NA	0	0
		Otros aislamientos	SE7. Sistema alternativo en aislamiento de la envolvente.	2 créditos	0	0	2
			SE8. Cubierta vegetal.	2 créditos	2	0	2
			SE9. Muro vegetal.	1 crédito	0	0	0
			SE10. Sistema de aislamiento térmico en ventanería.	2 créditos	0	0	0
	Otros sistemas constructivos	SE11. Sistema constructivo alternativo en eficiencia energética	2 créditos	0	0	2	
	INSTALACIONES	Cocción de alimentos.	SE13. Cocina a gas.	2 créditos	2	2	2
			SE14. Horno a gas.	1 crédito	0	0	1
		Instalaciones de agua caliente AC	SE17. Calentador de paso a gas. Tiro natural / tiro forzado. Con respecto a calentador de paso eléctrico.	1 crédito	2	NA	NA
			SE18. Calentador solar compacto por termosifón.	0 créditos en vivienda multifamiliar 1 crédito en vivienda unifamiliar.	NA	NA	NA
		Instalaciones de confort térmico: calefacción y refrigeración.	SE20. Calefactor de ambiente a gas.	1 crédito	1	NA	NA
			SE21. Ventilación forzada, natural. (Ventilador de techo)	3 créditos	NA	0	0
	Calificación sistema edificio.			7	2	9	

Tabla 7-6: Valoración parcial de eficiencia energética proyectos evaluados, sistema energías renovables y sistema usuarios [la autora].

Valoración de la eficiencia energética en proyectos							
Proyecto			Plaza de la hoja Bogotá	Altos de San Isidro Bquilla	Conjunto Sayab		
Constructora			Metrovivienda	Marval S.A	IC Prefabricados		
Localización			Bogotá D.C	Barranquilla	Cali		
Tipo de proyecto de vivienda			VIS	4	4		
Clima			Frío	Cálido húmedo	Cálido húmedo y seco		
Sistemas	Estrategias / Tecnologías		Créditos posibles	Créditos obtenidos	Créditos obtenidos	Créditos obtenidos	
ENERGÍAS RENOVABLES	GENERACIÓN EN SITIO.	Energías renovables.	SER1. Energía solar fotovoltaica.	2 créditos, cubrimiento de demanda total. 1 crédito, cubrimiento demanda parcial. 1 crédito, cubrimiento demanda total de zonas comunes	0	0	0
			SER2. Energía mini-eólica	1 crédito	0	0	0
Calificación sistema energías renovables.				0	0	0	
SISTEMA USUARIOS	USUARIO	Instalaciones de consumo responsable y satisfacción del cliente.	SU1.Diseño de iluminación especializado con bombillas led	2 créditos. Si se implementa cualquiera de las estrategias	0	0	0
			SU2.Control de encendido y apagado de iluminación (Interruptores conmutables)				
			SU3.Domótica.				
Calificación sistema usuarios				0	0	0	

En la Tabla 7-7 se muestra la síntesis de la valoración de EE.

Tabla 7-7: Síntesis valoración de eficiencia energética proyectos evaluados [la autora].

Valoración de la eficiencia energética en proyectos			
Proyecto	Plaza de la hoja Bogotá	Altos de San Isidro Bquilla	Conjunto Sayab
Constructora	Metrovivienda	Marval S.A	IC Prefabricados
Localización	Bogotá D.C	Barranquilla	Cali
Tipo de proyecto de vivienda	VIS	4	4
Clima	Frio	Cálido húmedo	Cálido húmedo y seco
Total calificación	17	8	21

El proyecto VIS en Bogotá alcanzó una calificación de 17 puntos, lo que determina que esta puntuación puede ser exigible para proyectos no VIS, como la vivienda tipo 3 y 4. Se constata que el conjunto Sayab tiene una alta calificación, hecho que se esperaba debido a que el proyecto fue planteado con estrategias sostenibles.

Proyectos como el de Altos de San Isidro que obtuvo calificación de ineficiencia en energía son comunes en el país.

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

El análisis de la eficiencia energética se aborda en la tesis en conjunto y no de manera segregada. El enfoque sistémico permite una comprensión y valoración total de un proceso que puede llevar a un proyecto de vivienda a ser eficiente en materia de energía. Este objetivo es una meta factible, medible y exigible en un grado considerable, siempre y cuando entren en juego todos los actores implicados.

La adopción de la eficiencia energética en el sector residencial requiere un cambio de postura que implica por parte de los entes administrativos y reguladores una revisión y aplicación de normas constructivas, tanto urbanas como técnicas que incluye el fomento del eco urbanismo, la revisión de índices de ocupación y construcción, el manejo de alturas y el manejo del aislamiento térmico mediante la envolvente. También es necesaria una transformación en los modelos de prestación de los servicios de energía domiciliarios, con participación de las empresas operadoras a las cuales se les puede vincular como administradoras y proveedoras de equipos para la generación de energías renovables en sitio; previamente estableciendo la normativa necesaria que precise la inversión por parte de las operadoras en energías renovables y la regulación para la interconexión de estas energías a la red eléctrica convencional. Todo lo anterior demanda un mayor esfuerzo y voluntad por parte de los organismos administrativos y gubernamentales.

Dentro de los ámbitos en que se justifica el desarrollo de la presente investigación se determinan las siguientes conclusiones:

▪ **Ámbito tecnológico- ambiental.**

La eficiencia energética parte desde el mejoramiento de la calidad ambiental del entorno urbano. La inclusión de lineamientos de eficiencia energética y eco-urbanismo dentro de las políticas de desarrollo y ordenamiento territorial es fundamental para el éxito tanto de las estrategias pasivas como las activas.

En un primer paso las entidades gubernamentales encargadas de la planificación del territorio deberán propiciar y generar normas que favorezcan el mejor aprovechamiento del suelo en cuanto a usos y densificación, así como la restitución y generación de áreas libres y zonas verdes. Las estrategias de eficiencia energética tendrán más efecto entre mayor sea el área de aplicación. Las intervenciones que se realicen al respecto deberán concertarse a gran escala, en planes parciales ya sea de desarrollo o de renovación urbana. Una política de urbanismo en este sentido facilitará la consecución del objetivo de la eficiencia energética dentro de grandes proyectos de vivienda y procurará ciudades menos contaminadas por CO₂.

El éxito de la eficiencia energética en la vivienda también está supeditado a un enfoque sistémico. Estrategias aisladas no conducen al cumplimiento de objetivo. Las relaciones intrínsecas entre ellas obligan a considerarlas en conjunto para obtener un óptimo desempeño energético de la edificación. El plan de acción para la eficiencia energética no se podrá limitar a incorporar tecnologías o sistemas improvisadamente al proyecto sino que tendrá que implementarlas correctamente en concordancia con las posibilidades de éxito de los otros sistemas.

El paso adelante en eficiencia energética se concentra en la generación de energía en sitio, principalmente mediante paneles solares fotovoltaicos que cuentan con un alto potencial en el país, no obstante, para satisfacer la demanda total de grandes proyectos de vivienda se deberá dar un paso adelante también en interconectividad entre proyectos de un mismo plan de intervención, incorporando áreas especiales como parques fotovoltaicos entre otras propuestas, con participación activa de las empresas operadoras de redes de energía. Esto no se podrá lograr sin la reglamentación necesaria que vincule estas empresas y que regularice la interconexión a la red.

Las normativas arquitectónicas y códigos técnicos también deberán favorecer la inclusión de tecnologías de eficiencia energética, flexibilizando algunas como el manejo de las volumetrías por el efecto arquitectónico que generan algunos sistemas entre ellos los paneles fotovoltaicos y endureciendo otras con exigencias técnicas mínimas, como los niveles aceptables de resistencia y transmitancia térmica en la envolvente.

▪ **Ámbito socioeconómico.**

El usuario hasta el momento, no se siente mayormente afectado por la problemática energética debido a la baja participación del costo del servicio de la energía eléctrica dentro del promedio de sus ingresos (no mayor al 7%). Sin embargo, a futuro se evidenciará que los fenómenos adversos originados por el cambio climático encarecerán y dificultarán en mayor grado la generación de energía eléctrica. De esta manera, la eficiencia en energía en la vivienda no será una novedad, sino una exigencia fundamental para su adquisición.

De cualquier forma, al cliente o usuario final debe procurársele una vivienda confortable, con estándares adecuados de habitabilidad pero también accesible. Las estrategias pasivas que no implican un aumento en el costo de la vivienda como las bioclimáticas, deben ser aplicadas y aprovechadas al máximo en el diseño y construcción como regla y no como opción. Con esto se evitará incurrir en gastos extras de funcionamiento para garantizar el confort de la unidad habitacional.

La aplicación de otras estrategias de eficiencia energética que generan costos adicionales de inversión para el constructor de vivienda debe contar con suficientes incentivos aparte de las exigencias legales. Los subsidios y subvenciones al sector de la construcción para promover la eficiencia energética en los proyectos de vivienda deben crearse o reglamentarse y avanzar más allá de la excepción de IVA para bienes y servicios relacionados con las energías alternativas establecida en el Decreto 2143 de 2015. Se debe empezar por establecer normas urbanísticas que procuren una mayor rentabilidad del proyecto. Para ello se puede tener más flexibilidad en la mezcla de usos, en el manejo de alturas y en los índices permitidos, para proyectos con posibilidad de adquirir una calificación de eficiencia en energía en alto grado.

▪ **Ámbito disciplinar.**

La exigencia de la eficiencia energética en la vivienda debe realizarse desde una reglamentación adecuada con parámetros medibles y verificables. En este sentido el producto de esta investigación, establece rangos de calificación objetiva y exigibilidad mínima de la eficiencia energética para proyectos de vivienda multifamiliar, mediante los rangos establecidos de EE en grado bajo, exigible, alto y superior. También plantea lineamientos para la formulación de normas urbanísticas y arquitectónicas en pro de la eficiencia energética.

De otro lado, establece una línea base o estándar de consumo de energía eléctrica ajustada a las necesidades energéticas de la vivienda tipo 3 y 4 en los principales climas de Colombia que difiere de la cuantificación por metro cuadrado planteada en la Resolución de 0549 de 2015, que con respecto a la vivienda no VIS, es laxa en clima frío y estrecha en el clima cálido –húmedo. Las unidades de vivienda en clima frío, de un área promedio (75m²) con respecto a la resolución de 2015 no tendrían que cumplir con ninguna estrategia para ahorro de la energía porque los consumos, aun incluyendo el uso de la ducha eléctrica y la estufa de inducción están dentro de la línea base de la norma. En clima cálido húmedo, que tiene mayor demanda energética por confort térmico resulta difícil cumplir con el porcentaje de ahorro exigido en la norma debido a que la línea base de consumo, establecida por metro cuadrado y no por necesidades energéticas de la vivienda, no se ajusta a la realidad.

El análisis realizado al consumo de energía eléctrica en la vivienda tipo 3 y 4 demuestra que el potencial de ahorro de energía se encuentra en los consumos adicionales que están por encima del estándar de consumo establecido en la tesis los cuales pueden ser evitados introduciendo lineamientos de eficiencia energética en el diseño de las edificaciones residenciales. En este sentido la EE no puede medirse por la cantidad de energía que se ahorre si este ahorro conlleva a un detrimento de la calidad de vida del usuario, sino por la cualificación del diseño y planteamiento del proyecto que adopte estrategias valoradas de EE, que promuevan el uso racional de la energía y la implementación de energías renovables considerando la habitabilidad, el confort y la satisfacción del cliente.

En atención a lo anterior la matriz que se propone es una metodología para evaluar la conveniencia y grado de desempeño en EE de las distintas estrategias mediante la calificación con indicadores, a diferencia de otras herramientas que no clarifican el análisis de la aptitud de las estrategias recomendadas y que son generalizadas en la materia de la sostenibilidad sin enfocarse exclusivamente en el factor energético ni en el sector de la vivienda.

Teniendo en cuenta esto, el aporte al conocimiento que brinda la tesis es la utilidad de la herramienta de calificación que integra criterios de eficiencia energética con un enfoque holístico que abarca la complejidad del concepto en la vivienda, valorando también la conveniencia de los lineamientos de EE mediante un análisis con indicadores de evaluación.

La herramienta sirve además como guía de diseño de vivienda tipo 3 y 4 para arquitectos diseñadores y estudiantes de arquitectura. Se configura también como una metodología para la toma de decisiones en eficiencia energética para la vivienda por parte de una organización. El modelo de gestión planteado ofrece varias alternativas para el cumplimiento de la EE en proyectos de vivienda, dando la posibilidad al gestor de proyectos de escoger aquellas con las que su organización puede comprometerse, dependiendo de su capacidad y competencia.

Finalmente, la tesis también ofrece una valoración apreciativa y /o crítica de los códigos, estándares y normativa colombiana reciente, referente a la eficiencia energética.

8.2 Recomendaciones

Es recomendable, aplicar la matriz a una muestra representativa de proyectos (al menos 10 proyectos construidos por zona climática) y realizar un monitoreo en la fase de ocupación de los mismos para obtener datos estadísticos que permitan validar los grados de eficiencia energética arrojados por la evaluación con la matriz (bajo, exigible, alto y superior). Los indicadores a considerar deberán ser el consumo de energía eléctrica por unidad de vivienda, los parámetros constructivos de los proyectos, la satisfacción del usuario en cuanto a confort, habitabilidad y economía junto con sus hábitos de consumo energético.

Desde la presente investigación se puede ampliar el espectro de valoración hacia la vivienda unifamiliar, la vivienda VIS y la vivienda tipo 5 y 6.

A. Anexo: Matriz de Eficiencia Energética. (Al final del documento)

B. Anexo: Valores R y K en muros con aislamiento en fibra de vidrio y poliestireno

- Valores R admisibles para distintos muros en clima frío para ahorro energético según la norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009 con aislamiento en fibra de vidrio.

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en ladrillo a la vista con aislamiento interior en fibra de vidrio.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Ladrillo a la vista	120	0,15
Aislante en fibra de vidrio 3,5"	89	1,925
Placa de yeso 1/2"	12,5	0,03
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,28
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,44

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en bloque estructural de hormigón con aislamiento interior en fibra de vidrio.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Revoque exterior	15	0,01
Bloque estructural de hormigón	120	0,17
Aislante en fibra de vidrio 3,5"	89	1,925
Placa de yeso 1/2"	12,5	0,03
Resistencia térmica total. R		2,14
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,47

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en bloque estructural doble pared con aislamiento interior en fibra de vidrio.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Bloque estructural doble pared	120	0,43
Aislante en fibra de vidrio 3,5"	89	1,925
Placa de yeso 1/2"	12,5	0,03
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,56
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,39

- Valores R admisibles para distintos muros en clima frío para ahorro energético según la norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009 con aislamiento en poliestireno.

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en bloque # 3-4 con aislamiento exterior en EPS.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Revoque interior	15	0,01
Bloque # 3 - 4	80	0,23
Aislante en EPS. 20kg m ²	60	1,71
Placa defibroemento	12,5	0,04
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,16
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,46

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en ladrillo a la vista con aislamiento interior en EPS.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Ladrillo estructural a la vista	120	0,15
Aislante en EPS. 15kg m ³	70	2
Placa de yeso 1/2"	12,5	0,03
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,35
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,43

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en concreto con aislamiento exterior en EPS.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Revoque interior	15	0,01
Muro en concreto armado	120	0,07
Aislante en EPS. 20kg m ²	70	2
Revoque exterior	15	0,01
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,26
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,44

- Valores R admisibles para distintos muros en clima cálido-húmedo para ahorro energético según la norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009 con aislamiento en fibra de vidrio o poliestireno.

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en concreto con aislamiento exterior en EPS.		
Capa del sistema	Esesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Revoque interior	15	0,01
Muro en concreto armado	120	0,07
Aislante en EPS. 15kg m ³	35	0,95
Cámara de aire	35	0,17
Placa defibroemento	12,5	0,04
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		1,41
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,71

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Sistema steel framing con aislamiento central en fibra de vidrio		
Capa del sistema	Esesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Placa fibrocemento	12,5	0,04
Aislante en fibra de vidrio 2,5"	63	1,4
Placa de yeso	12,5	0,03
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		1,64
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,61

**C. Anexo: Análisis costos
aislamiento térmico en muros**

Tablas de análisis. Aislamiento térmico muros

[Matriz](#)

Análisis costo muro fachada tradicional ladrillo + aislamiento térmico en fibra de vidrio.	
Muro fachada en ladrillo prensado liviano	\$80.600
Aislamiento térmico en fibra de vidrio m2	\$9.475
Recubrimiento aislamiento térmico en panel dry-wall	\$28.734
Total.	\$118.809
Datos:	
CONSTRUDATA. Diciembre 2015- febrero 2016. no. 177. ISSN 0121-5663	

Análisis costo muro fachada superboard, dry-wall + aislamiento térmico en fibra de vidrio.	
Análisis muro fachada superboard, dry-wall	\$65.336
Aislamiento térmico en fibra de vidrio m2	\$9.475
Total.	\$74.811
Datos:	
CONSTRUDATA. Diciembre 2015- febrero 2016. no. 177. ISSN 0121-5663	

Análisis costo muro aislante en poliestireno expandido EPS	
Muro divisorio en poliestireno expandido más pañete x 1,06 Incremento inflación a 2016	\$80.859
Datos:	
CONSTRUDATA. Marzo – mayo 2014. no. 170. ISSN 0121-5663	

Análisis económico aislamiento de la envolvente para clima frío.							SE1, SE2, SE5, SE6	
Tipo de aislamiento	Valor por unidad	Área de fachada a aislar. Unidad esquinera de 78m2. M2	Valor total inversión.	Consumo estimado calefacción eléctrica anual	Índice Ahorro	Ahorro en pesos	% retorno de inversión anual	años
Aislamiento térmico en EPS 8cm +pañete impermeabilizado sobre malla	\$50.713	56	\$2.839.928	\$691.740	0,5	\$345.870	12	8,2
Aislamiento térmico en fibra de vidrio. Para mampostería	\$38.209	56	\$2.139.704	\$691.740	0,5	\$345.870	16	6,2
			25					
Datos: Análisis confort térmico CONSTRUDATA. Diciembre 2015- febrero 2016. no. 177. ISSN 0121-5663 CONSTRUDATA. Marzo – mayo 2014. no. 170. ISSN 0121-5663 CONFEDERACIÓN DE CONSUMIDORES Y USUARIOS CECU. Guía práctica sobre ahorro y eficiencia energética en edificios. (En línea). {10 enero de 2016} disponible en: (http://cecu.es/publicaciones/guia%20enforce.pdf).								

Análisis económico aislamiento de la envolvente para clima cálido - húmedo							SE3, SE4	
Tipo de aislamiento	Valor por unidad	Área de fachada a aislar. Unidad esquinera de 78m2. M2	Valor total inversión.	Consumo estimado refrigeración AC 3 unidades	Índice Ahorro	Ahorro en pesos	% retorno de inversión anual	años
Muro divisorio en poliestireno expandido más pañete x 1,06 Incremento inflación a 2016	\$80.859	56	\$4.528.100	\$4.021.315	0,5	\$2.010.658	44	2,3
Muro steel framing superboard, dry-wall + aislamiento en fibra de vidrio.	\$74.811	56	\$4.189.416	\$4.021.315	0,5	\$2.010.658	48	2,1
			7					
Datos: Análisis confort térmico CONSTRUDATA. Diciembre 2015- febrero 2016. no. 177. ISSN 0121-5663 CONSTRUDATA. Marzo – mayo 2014. no. 170. ISSN 0121-5663 CONFEDERACIÓN DE CONSUMIDORES Y USUARIOS CECU. Guía práctica sobre ahorro y eficiencia energética en edificios. (En línea). {10 enero de 2016} disponible en: (http://cecu.es/publicaciones/guia%20enforce.pdf).								

D. Anexo: Análisis costos ventana aislante térmica

Tablas de análisis. Aislamiento térmico en ventanería

[Matriz](#)

Costo por m2 de ventanería PVC con vidrio cámara o termopanel	
Proveedora de ventanería	valor por m2
Colombiana de PVC	\$916.000
Vedeco	\$582.335
Promedio	\$749.168
Datos:	
Cotizaciones Vedeco y Colombiana de PVC	

Análisis costos ventanas		
Tipo de ventana	Inversión promedio	Sobrecosto por m2
1. Ventanería corrediza vidrio seguridad 6mm	\$258.643	
2. Ventanería PVC, proyectante vidrio cámara	\$749.168	\$490.525
Ahorro con 1. en porcentaje	65	
Datos:		
CONSTRUADATA. Diciembre 2015- febrero 2016. no. 177. ISSN 0121-5663		
Cotizaciones Vedeco y Colombiana de PVC		

Análisis aislamiento ventanería para clima frío.								SE10
Tipo de ventanería	Valor por unidad	Área de ventanas a aislar. Unidad esquinera de 78m2. M2	Valor total inversión.	Consumo calefacción eléctrica anual	Índice Ahorro	Ahorro en pesos	% retorno de inversión anual	años
Ventanería PVC con vidrio cámara o termopanel	\$749.168	9	\$6.742.508	\$691.740	0,25	\$172.935	3	39,0
Datos: Análisis confort térmico.								
CONSTRUADATA. Diciembre 2015- febrero 2016. no. 177. ISSN 0121-5663								
Cotizaciones Vedeco y Colombiana de PVC								

Análisis aislamiento ventanería para clima cálido - húmedo								SE10
Tipo de ventanería	Valor por unidad	Área de ventanas a aislar. Unidad esquinera de 78m2. M2	Valor total inversión.	Consumo refrigeración AC 3 unidades	Índice Ahorro	Ahorro en pesos	% retorno de inversión anual	años
Ventanería PVC con vidrio cámara o termopanel	\$749.168	9	\$6.742.512	\$4.021.315	0,25	\$1.005.329	15	6,7
Datos: Análisis confort térmico.								
CONSTRUADATA. Diciembre 2015- febrero 2016. no. 177. ISSN 0121-5663								
Cotizaciones Vedeco y Colombiana de PVC								

E. Anexo: Cotización ventanería con aislamiento térmico 1

	COTIZACION	MC-FR-05 Ver. 02 28-feb-13 Página 1 de 2
---	-------------------	---

Santiago de Cali,
05 de Febrero de 2016,

Señor (es)
Juan Galindo
312 5472313
Ciudad

GCT-6448-16

Ref: Cotización

De acuerdo con su solicitud estamos cotizando el **SUMINISTRO E INSTALACION** de ventanería en PVC,
para su obra ubicada en Ingenio Cali

REF.	TIPO	DETALLE	UBICACION	ANCHO	ALTO	AREA	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
CVR 01	V-1	Sistema Europeo, blanco, con fijo lateral, proyectante y batiente lateral de (0,6 cms de ancho), diseño (O/Y/Y) con vidrio laminado 3+3 cámara 3+3, cremona, sello espuma	ALCOBAS	1,800	1,500	2,700	40	\$ 2.473.200	\$ 98.928.000
CVR 02	V-2	Sistema Europeo, blanco, con fijo al centro, proyectante superior e inferior (0,4 cms de alto), diseño (Y/O/Y) con vidrio laminado 3+3 cámara 3+3, cremona, sello espuma	ESTUDIO	0,800	1,500	1,200	20	\$ 1.399.200	\$ 27.984.000
CVR 03	V-3	Sistema Europeo, blanco, proyectante diseño (Y) con vidrio laminado 3+3 cámara 3+3, cremona, sello espuma	BAÑOS	0,800	0,400	0,320	40	\$ 1.194.240	\$ 47.769.600
CVR 04	V-4	Sistema Europeo, blanco, con fijo al centro, proyectante laterales (0,7 cms de ancho), diseño (O/Y/O) con vidrio laminado 3+3 cámara 3+3, cremona, sello espuma	COCINAS	2,000	0,400	0,800	20	\$ 1.011.200	\$ 20.224.000
CVR 05	P-1	Sistema Europeo, blanco, , dobles batientes, laterales fijos, diseño (O/Y/Y/O) con vidrio laminado 3+3 cámara 3+3, cremona, sello espuma, pistan en piso (se sugiere el cambio a este diseño)	SALON	2,500	2,100	5,250	20	\$ 4.824.750	\$ 96.495.000
CVR 06	P-2	Sistema Europeo, blanco, con fijo lateral, batiente, diseño (O/Y) con vidrio laminado 3+3 cámara 3+3, cremona, sello espuma, pistan en piso (se sugiere el cambio a este diseño)	ALCOBA PPAL	1,800	2,100	3,780	20	\$ 3.005.100	\$ 60.102.000
SUBTOTAL		\$ 351.502.600					160		
IVA 16%		\$ 56.240.416							
TOTAL		\$ 407.743.016							

Carrera 11 # 12-32 Teléfono: 524 1913 - Cels: 310 505 3230 - 316 449 4367
E-mail: ventas@colombianadepvc.com
www.colombianadepvc.com

**F. Anexo: Cotización ventanería
con aislamiento térmico 2**



OBRA: OICTÁ-BOYACA CASA CAMPESTRES PRESUPUESTO: 27 / 2.016 Asesor Comercial: DANIEL ACOSTA Fecha de Elaboración: 09/02/2016	VIDRIO CAMARA EN HABITACIONES 3+3 / 6 / 3+3 JCT-027
--	--

Estimado Señor/a:
De acuerdo a su solicitud, nos permitimos presentar para su consideración nuestra propuesta para la fabricación de la siguiente ventanería en PVC:

	UBICACIÓN: V-1 ALCOBAS SISTEMA: Sistema Euro-Design 60 COLOR: Blanco VIDRIOS: Cámara Diseño: Ventana de 1 hoja, practicable con un fijo									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANCHO</th> <th>ALTO</th> <th>PRECIO UNIDAD</th> <th>UNIDADES</th> <th>PRECIO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.800</td> <td>1.500</td> <td>\$ 1.572.307,70</td> <td>30</td> <td>\$ 47.169.231,00</td> </tr> </tbody> </table>	ANCHO	ALTO	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	PRECIO TOTAL	1.800	1.500	\$ 1.572.307,70	30
ANCHO	ALTO	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	PRECIO TOTAL						
1.800	1.500	\$ 1.572.307,70	30	\$ 47.169.231,00						

	UBICACIÓN: V-2 ESTUDIO - SALON SISTEMA: Sistema Euro-Design 60 COLOR: Blanco VIDRIOS: Laminado 3+3 0,78PVB Diseño: Ventana de 1 hoja, practicable									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANCHO</th> <th>ALTO</th> <th>PRECIO UNIDAD</th> <th>UNIDADES</th> <th>PRECIO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>800</td> <td>1.500</td> <td>\$ 534.481,53</td> <td>30</td> <td>\$ 16.033.845,90</td> </tr> </tbody> </table>	ANCHO	ALTO	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	PRECIO TOTAL	800	1.500	\$ 534.481,53	30
ANCHO	ALTO	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	PRECIO TOTAL						
800	1.500	\$ 534.481,53	30	\$ 16.033.845,90						

	UBICACIÓN: V-3 BAÑOS SISTEMA: Sistema Euro-Design 60 COLOR: Blanco VIDRIOS: Laminado 3+3 0,78PVB Diseño: Ventana de 1 hoja, proyectante									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANCHO</th> <th>ALTO</th> <th>PRECIO UNIDAD</th> <th>UNIDADES</th> <th>PRECIO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>800</td> <td>400</td> <td>\$ 388.947,89</td> <td>20</td> <td>\$ 7.778.953,80</td> </tr> </tbody> </table>	ANCHO	ALTO	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	PRECIO TOTAL	800	400	\$ 388.947,89	20
ANCHO	ALTO	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	PRECIO TOTAL						
800	400	\$ 388.947,89	20	\$ 7.778.953,80						

	UBICACIÓN: V-4 COCINAS SISTEMA: Sistema Euro-Design 60 COLOR: Blanco VIDRIOS: Laminado 3+3 0,78PVB Diseño: Ventana de 1 hoja, proyectante con 2 fijos									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANCHO</th> <th>ALTO</th> <th>PRECIO UNIDAD</th> <th>UNIDADES</th> <th>PRECIO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.400</td> <td>400</td> <td>\$ 568.000,00</td> <td>10</td> <td>\$ 5.680.000,00</td> </tr> </tbody> </table>	ANCHO	ALTO	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	PRECIO TOTAL	2.400	400	\$ 568.000,00	10
ANCHO	ALTO	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	PRECIO TOTAL						
2.400	400	\$ 568.000,00	10	\$ 5.680.000,00						



**G. Anexo: Análisis costos
instalaciones de cocción**

Tablas de análisis. Cocción de alimentos

Análisis cubierta de inducción con respecto a vitrocerámica.											
Tipo de estufa	Consumo por hora	Unidad	Horas de uso al día	Consumo día	Consumo mes	Costo por unidad de medida. Dic 2015	Costo consumo energético mensual en pesos.	Ahorro por consumo energético anual.	Inversión promedio	% anual Retorno de inversión	SE12
Cubierta vitrocerámica Challenger	1,75	kw	1,5	2,625	78,75	\$427	\$33.626	\$126.819	\$1.449.900		
Cubierta de inducción. Challenger	1,8	kw	1	1,8	54	\$427	\$23.058	\$126.819	\$2.929.900	4	23,1
Ahorro %							31		-102		

Datos:
 HOMCENTER. Estufas cubiertas empotrables. (En línea). (11 enero de 2016) disponible en: (http://www.homecenter.com.co/homecenter/category/cat430001/EstufasCubiertasempotrables).
 ÁLVAREZ, Clemente. Vitrocerámica convencional, de inducción o gas. (En línea). (31 enero de 2016) disponible en: (http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/09/vitroceramica-convencional-de-induccion-o-gas.html).

Análisis cocina a gas con respecto a cocina eléctrica de inducción.											
Tipo de estufa	Consumo por hora	Unidad	Horas de uso al día	Consumo día	Consumo mes	Costo por unidad de medida. Dic 2015	Costo consumo energético mensual en pesos.	Ahorro por consumo energético anual.	Inversión promedio	% anual Retorno de inversión	SE13
Cubierta de inducción. Challenger	1,8	kw	1	1,8	54	\$427	\$23.058	\$23.058	\$2.929.900		
Cubierta 4 puestos a gas promedio	0,1319	m3	1,8	0,23742	7,1226	\$1.267	\$9.024	\$168.404	\$649.900	26	3,9
Ahorro %							61		78		

Datos:
 HOMCENTER. Estufas cubiertas empotrables. (En línea). (11 enero de 2016) disponible en: (http://www.homecenter.com.co/homecenter/category/cat430001/EstufasCubiertasempotrables).
 ÁLVAREZ, Clemente. Vitrocerámica convencional, de inducción o gas. (En línea). (31 enero de 2016) disponible en: (http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/09/vitroceramica-convencional-de-induccion-o-gas.html).
 ECOGAS. Consumo promedio con aparatos a gas natural casa. (En línea). (10 enero de 2016) disponible en: (http://dgi.com.mx/webres/ecogas/calcula-tu-consumo-de-gas.html).

Análisis cocina a gas con respecto a cocina eléctrica vitrocerámica.											
Tipo de estufa	Consumo por hora	Unidad	Horas de uso al día	Consumo día	Consumo mes	Costo por unidad de medida. Dic 2015	Costo consumo energético mensual en pesos.	Ahorro por consumo energético anual.	Inversión promedio	% anual Retorno de inversión	SE13
Cubierta vitrocerámica Challenger	1,75	kw	1,5	2,625	78,75	\$427	\$33.626	\$295.223	\$1.449.900		
Cubierta 4 puestos a gas promedio	0,1319	m3	1,8	0,23742	7,1226	\$1.267	\$9.024	\$295.223	\$649.900	45	2,2
Ahorro %							73		55		

Datos:
 HOMCENTER. Estufas cubiertas empotrables. (En línea). (11 enero de 2016) disponible en: (http://www.homecenter.com.co/homecenter/category/cat430001/EstufasCubiertasempotrables).
 ÁLVAREZ, Clemente. Vitrocerámica convencional, de inducción o gas. (En línea). (31 enero de 2016) disponible en: (http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/09/vitroceramica-convencional-de-induccion-o-gas.html).
 ECOGAS. Consumo promedio con aparatos a gas natural casa. (En línea). (10 enero de 2016) disponible en: (http://dgi.com.mx/webres/ecogas/calcula-tu-consumo-de-gas.html).

Análisis horno a gas con respecto a horno eléctrico.											
Tipo de horno	Consumo por hora	Unidad	Horas de uso al día	Consumo día	Consumo mes	Costo por unidad de medida. Dic 2015	Costo consumo energético mensual en pesos.	Ahorro por consumo energético anual.	Inversión promedio	% anual Retorno de inversión	SE14
Horno eléctrico con gratinador	3,3	kw	0,033	0,1089	3,267	\$427	\$1.395	\$11.299	\$899.900		
Horno a gas con gratinador	0,3615	m3	0,033	0,01193	0,357885	\$1.267	\$453	\$11.299	\$789.900	1	69,9
Ahorro %							67		12		

Datos:
 HOMCENTER. Hornos de empotrar. (En línea). (25 mayo de 2016) disponible en: (http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat10382/Hornos-de-Empotrar).
 EPM. Uso inteligente de la energía. Banco de recomendaciones. Última revisión: marzo de 2012. (En línea). (01 junio de 2015) disponible en: (https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco_de_recomendaciones_uso_inteligente_energia_electricamarzo.27.pdf).
 ECOGAS. Consumo promedio con aparatos a gas natural casa. (En línea). (10 enero de 2016) disponible en: (http://dgi.com.mx/webres/ecogas/calcula-tu-consumo-de-gas.html).

Tipo de estufa	Consumo por hora	Unidad	Horas de uso al día	Consumo día	Consumo mes	Costo por unidad de medida. Dic 2015	energético mensual en pesos.	consumo energético anual.	Inversión promedio	% anual Retorno de inversión	Años retorno de inversión
Cubierta de inducción. Challenger	1,8	kw	1	1,8	54	\$427	\$23.058		\$2.929.900		
Cubierta 4 puestos a gas promedio	0,1319	m3	1,8	0,23742	7,1226	\$1.267	\$9.024	\$168.404	\$649.900	26	3,9
Ahorro %							61		78		

Datos:

HOMECENTER. Estufas cubiertas empotrables. [En línea]. {11 enero de 2016} disponible en: (<http://www.homecenter.com.co/homecenter/co/category/ca430001/EstufasCubiertasempotrables>).
 ÁLVAREZ, Clemente. Vitrocerámica convencional, de inducción o gas. [En línea]. {31 enero de 2016} disponible en: (<http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/09/vitroceramica-convencional-de-induccion-o-gas.html>).
 ECOGAS. Consumo promedio con aparatos a gas natural casa. [En línea]. {10 enero de 2016} disponible en: (<http://dgi.com.mx/webtes/ecogas/calcula-tu-consumo-de-gas.html>).

Análisis cocina a gas con respecto a cocina eléctrica vitrocerámica.											SE13
Tipo de estufa	Consumo por hora	Unidad	Horas de uso al día	Consumo día	Consumo mes	Costo por unidad de medida. Dic 2015	Costo consumo energético mensual en pesos.	Ahorro por consumo energético anual.	Inversión promedio	% anual Retorno de inversión	Años retorno de inversión
Cubierta vitrocerámica Challenger	1,75	kw	1,5	2,625	78,75	\$427	\$33.626		\$1.449.900		
Cubierta 4 puestos a gas promedio	0,1319	m3	1,8	0,23742	7,1226	\$1.267	\$9.024	\$295.223	\$649.900	45	2,2
Ahorro %							73		55		

Datos:

HOMECENTER. Estufas cubiertas empotrables. [En línea]. {11 enero de 2016} disponible en: (<http://www.homecenter.com.co/homecenter/co/category/ca430001/EstufasCubiertasempotrables>).
 ÁLVAREZ, Clemente. Vitrocerámica convencional, de inducción o gas. [En línea]. {31 enero de 2016} disponible en: (<http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/09/vitroceramica-convencional-de-induccion-o-gas.html>).
 ECOGAS. Consumo promedio con aparatos a gas natural casa. [En línea]. {10 enero de 2016} disponible en: (<http://dgi.com.mx/webtes/ecogas/calcula-tu-consumo-de-gas.html>).

Análisis horno a gas con respecto a horno eléctrico.											SE14
Tipo de horno	Consumo por hora	Unidad	Horas de uso al día	Consumo día	Consumo mes	Costo por unidad de medida. Dic 2015	Costo consumo energético mensual en pesos.	Ahorro por consumo energético anual.	Inversión promedio	% anual Retorno de inversión	Años retorno de inversión
Horno eléctrico con gratinador	3,3	kw	0,033	0,1089	3,267	\$427	\$1.395		\$899.900		
Horno a gas con gratinador	0,3615	m3	0,033	0,01193	0,357885	\$1.267	\$453	\$11.299	\$789.900	1	69,9
Ahorro %							67		12		

Datos:

HOMECENTER. Hornos de empotrar. [En línea]. {25 mayo de 2016} disponible en: (<http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/ca10382/Hornos-de-Empotrar>).
 EPM. Uso inteligente de la energía. Banco de recomendaciones. Última revisión: marzo de 2012. [En línea]. {01 junio de 2015} disponible en: (https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco_de_recomendaciones_uso_inteligente_energia_electricamarzo_27.pdf).
 ECOGAS. Consumo promedio con aparatos a gas natural casa. [En línea]. {10 enero de 2016} disponible en: (<http://dgi.com.mx/webtes/ecogas/calcula-tu-consumo-de-gas.html>).

Tarifas energía eléctrica

CODENSA. Tarifas de energía CODENSA. [En línea]. {01 junio de 2015} disponible en: (<https://www.codensa.com.co/hogar/tarifas>).

Tarifas gas

GAS NATURAL FENOSA. Fichas por gasodoméstico [En línea]. {13 enero de 2016} disponible en: (http://www.gasnaturalfenosa.com.co/serv/et/ficheros/1297134729856/FICHAS_POR_GASODOMESTICO.pdf).

Precios promedio de estufas a enero de 2016	
Cubierta de inducción. Challenger	\$2.929.900
Cubierta vitrocerámica. Challenger	\$1.649.900
Cubierta vitrocerámica. Challenger	\$1.249.900
Promedio cubierta vitrocerámica	\$1.449.900
Cubierta 4 puestos a gas Challenger	\$999.900
Cubierta 4 puestos a gas Mabe	\$299.900
Promedio cubierta a gas	\$649.900
Datos: HOMCENTER. Estufas cubiertas empotrables. {En línea}. {11 enero de 2016} disponible en: (http://www.homecenter.com.co/homecenterco/category/cat430001/EstufasCubiertasempotrables).	

Tiempo requerido para hervir 1,5 litros de agua en diferentes tipos de estufas.			
Tipo de estufa	Minutos	Factor de comparación con estufa de inducción	kWh térmicos
Estufa de inducción	6	1,0	0,19
Estufa Vitrocerámica	9	1,5	0,21
Estufa a gas	11	1,8	0,29
Datos: ÁLVAREZ, Clemente. Vitrocerámica convencional, de inducción o gas. {En línea}. {31 enero de 2016} disponible en: (http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/09/vitroceramica-convencional-de-induccion-o-gas.html).			

H. Anexo: Análisis costos instalaciones de agua caliente

Ahorro consumo energético con calentadores de paso a gas %
 No se tienen en cuenta valores por redes. Con el sistema central, las redes de ACS aumentan y requieren mayor especificación para evitar pérdidas de calor en el trayecto al punto de servicio.
 Datos:
 GAS NATURAL FENOSA. Fichas por gasodoméstico (En línea). {13 enero de 2016} disponible en: (http://www.gasnaturalfenosa.com.co/servlet/ficheros/1297134729856/FICHAS_POR_GASODOMESTICO.pdf).
 Cotización Energía solar
 HOMCENTER. Calentadores de agua. (En línea). {11 enero de 2016} disponible en: (http://www.homecenter.com.co/homecenterco%20category/cat90071/Calentadoresdeagua).

Análisis paneles solares sistema central con respecto a calentadores individuales de paso eléctricos. (Cálculos para 60 unidades de vivienda)											SE19	
Tipo de calentador de agua	Consumo por hora	Consumo un día	Horas de uso al día	Consumo día	Consumo mes	Costo por unidad de medida dic 2015	Costo consumo energético mensual en pesos.	Costo consumo energético anual en pesos.	Ahorro en consumo energético anual. En pesos.	Inversión promedio.	% anual Retorno de inversión	Años retorno de inversión
Calentador de paso eléctrico hasta 15lit 60 unidades	360	kw	0.45	162	4860	\$427	\$2.074.248	\$24.890.976	\$0	\$37.314.000	NA	NA
Respaldo del sistema solar con bomba de calor. 5kw	5	kw	14	70	2100	\$427	\$896.280	\$10.755.360	\$3.072.960	\$59.091.774	5	20
2 Bombas de recirculación 1.5kw c/u.	3	kw	24	72	2160	\$427	\$921.888	\$11.062.656				
					4260	\$427	\$1.818.168	\$21.818.016				
Ahorro consumo energético con paneles solares								Ahorro en inversión con calentadores de paso eléctrico %		37		

No se tienen en cuenta valores por redes. Con el sistema central, las redes de ACS aumentan y requieren mayor especificación para evitar pérdidas de calor en el trayecto al punto de servicio. Las cargas eléctricas también aumentan al implementar calentador eléctrico lo cual aumenta también los costos en las redes eléctricas.

Datos:

Cotización Energía solar

HOMCENTER. Calentadores de agua. (En línea). {11 enero de 2016} disponible en: (http://www.homecenter.com.co/homecenterco%20category/cat90071/Calentadoresdeagua).

La inversión inicial con calentadores de paso eléctricos y a gas es, un 37% y 26% respectivamente, más económica con respecto al sistema central con paneles solares. Aunque la vida útil del sistema solar excede en más del doble a la de los calentadores, la mayor inversión inicial puede desestimular al constructor. Otro aspecto que puede desestimular la escogencia del sistema solar es la mayor inversión en redes de ACS. Así mismo la mayor inversión en redes eléctricas que implica la solución con calentadores de paso eléctricos, de eficiente desempeño con respecto a anteriores electrodomeésticos.

Tarifas energía eléctrica

CODENSA. Tarifas de energía CODENSA. (En línea). {01 junio de 2015} disponible en: (https://www.codensa.com.co/hogar/tarifas).

Tarifas gas

GAS NATURAL FENOSA. Fichas por gasodoméstico (En línea). {13 enero de 2016} disponible en: (http://www.gasnaturalfenosa.com.co/servlet/ficheros/1297134729856/FICHAS_POR_GASODOMESTICO.pdf).

I. Anexo: Cotización sistema de paneles solares para agua caliente para 60 unidades de vivienda

		ES ENERGIA SOLAR LTDA TELS 2622852 2622867 FAX 2327487 APARTADO 95619 www.esenergiasolar.com		MEDELLIN COLOMBIA info@esenergiasolar.com				
				juan.galindo1980@hotmail.com / argjorhy@yahoo.es argjorhy@gmail.com				
ARQ. JUAN JORHY GALINDO MAHECHA Ref: CS Edificio de 60 apartamentos, Bogotá		312 5472313		Medellín, 23 de junio de 2015				
Presentamos nuestra propuesta de un calentador de agua para en duchas en el proyecto de la referencia. Quedamos a su disposición para ampliar esta información. Atentamente,								
Jorge Enrique Bernal Trujillo Gerente Comercial								
Cotización de calentador solar de agua tipo tubos evacuados con tanques en INOX Temperatura de diseño : 50°C a la salida de los tanques								
Calentador solar para duchas en apartamentos								
Este calentador consta de colectores solares de tubos evacuados (TE), tanques térmicos abiertos en acero inoxidable (TI) para acumular agua caliente, bombas de calor como sistema de apoyo y sistema de presurización (SP) de la red caliente.								
Consumo total de agua caliente en duchas y cocina					3.150 litros			
servicios atendidos	cantidad	total habitantes	litros/habitante	litros / día				
apartamentos	60	63	50	3.150				
remanente de la red								
valor / apartamento :				984.863				
1. Precio del calentador solar con BC , IVA incluido					\$ 59.091.774			
Componente o servicio		Cantidad	Pr. unitario	Precio total				
FASE I ENTREGA DE EQUIPOS : 40 días hábiles de fabricación e importación								
Tanque térmico abierto en acero inoxidable	3.000 litros	1	13.950.000	13.950.000				
Colectores de TE, módulos de 50 tubos	24 m ² de área neta	5	2.450.000	12.250.000				
Equipos de apoyo : Bomba de calor de apoyo al CS	75.000 btu/h, input 5 kw	1	8.650.000	8.650.000				
quemador de gas	199.000 btu/h, BOSCH		6.350.000					
Sistema de presión de la red caliente			4.125.000	0				
Motobomba del calentador solar		1	1.250.000	1.250.000				
Termostato diferencial y control Master 4T		1	1.845.000	1.845.000				
Control del circuito de recirculación		1	1.150.000	1.150.000				
Transporte de equipos y seguros		1	1.850.000	1.850.000				
FASE II CONEXIONES DE EQUIPOS 6 días								
Izaje y ubicación de los equipos en el sitio de operación								
Conexiones :	entre tanques y colectores	hasta mts	10	251.000	2.576.685			
	entre colectores, con drenajes y desfuegos		5	215.000	1.075.000			
	eléctricas		1	1.295.000	1.295.000			
	aislamiento tuberías	mts	35	26.000	910.000			
	de bombas de calor		1	500.000	500.000			
	sistemas de bombeo		1	450.000	450.000			
Flotador y válvulas de control			1	950.000	950.000			
Soportes de tuberías y placas de señalización			30	25.000	750.000			
Estructura de apoyo de colectores		mts2			0			
Mano de obra para fase II		días-hombre	6	285.000	1.960.000			
FASE III PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA 3 días								
Mano de obra para fase III		días-hombre	3	285.000	1.105.000			
Diseño del CS y asesoría para el diseño de la red de agua caliente					0			
				Descuento comercial	3%			
				Total, antes de IVA	50.941.184			
				IVA, 16%	8.150.589			
Dimensiones de tanque de : 3.000 litros en acero inoxidable :								
Tipo de tanque	cilindro vertical	Díametro	Altura	Peso en Operación				
		1,5m	1,8m	3.050kg				
Características de Colectores Solares:								
Tipo de Colector	Tubos evacuados	Largo	Ancho	Tubos / módulo	Peso en Operación			
		2,0m	3,80m	50 und	400kg/módulo			
Acometidas eléctricas tentativas - las potencias de las motobombas son estimadas para efecto de cotización preliminar								
Equipo	Potencia		Fases	Voltaje	Corriente	Breaker		
	HP	Kw		Voltios	Amperios	Tipo	Cant	Amperios
Para Bombas de Calor de Apoyo	5	5	3	220	25	tripolar	1	30
Motobombas varias	2	1,50	2	220	10	bipolar	2	15
Servicio (Tomas)	-	-	1	110		Monopolar		
	-	-	1	220		bipolar		
TOTAL								
ACTIVIDADES A CARGO DEL CONTRATANTE - las cuales deben estar listas para iniciar el montaje								
1. Estructuras de apoyo para los colectores y bases para los tanques. 2. Las acometidas de agua fría y caliente a cero metros (conectadas al tanque(s)), con los controles y accesorios requeridos para su normal operación. 3. Acometida eléctrica, en un tablero al plé de los equipos a soportar, con todas sus protecciones y capacidad suficientes. 4. Izaje de los equipos y emplazamiento en su sitio de operación 5. Construcción de la red caliente y del circuito de recirculación, aislados térmicamente. 6. Contador de agua a la entrada del agua fría a los tanques. 7. La obra debe proveer de un lugar para almacenamiento de material y herramienta del personal.								
Condiciones comerciales								
Forma de pago: 50% a la firma del contrato, 40% a la entrega de equipos y 10% a la entrega en funcionamiento.								
Periodo de fabricación o importación - Fase I : 40 días hábiles para los equipos.								
Periodo de instalación - Fase II : 6 días hábiles para la instalación de los equipos y conexiones en obra.								
Periodo de pruebas - Fase III : 3 días hábiles para pruebas, antes de entrar en operación.								
Garantías por defectos de fabricación : 2 años para los tanques, 4 años para los colectores, 1 año para las bombas de calor; para los equipos eléctricos se trasladarán las garantías de los fabricantes.								
Validez de esta oferta : 30 días calendario.								
Condiciones técnicas								
Los colectores se instalarán en la terraza disponible, mirando al sur, acordando con los diseñadores el lugar definitivo.								
Se debe tener circuito de recirculación aislado térmicamente y contador de agua fría a la entrada del tanque, que se instalará a proximidad de los colectores solares.								
Las potencias de las motobombas y sistemas de presión son estimadas, y se confirmarán una vez se tengan los detalles del diseño hidráulico, las pruebas exigidas por el cliente, la simultaneidad, etc.								
Las potencias de las bombas de calor son nominales.								

J. Anexo: Análisis costos instalaciones de confort térmico

Tablas de análisis. Instalaciones de confort térmico

[Matriz](#)

Análisis calefactor de ambiente interior a gas en comparación con calefactor eléctrico										SE20
Tipo de sistema de calefacción	Consumo por hora	Horas de uso al día	Consumo día	Consumo mes	Costo por unidad de medida dic de 2015	Costo consumo energético mensual en pesos.	Costo consumo energético anual en pesos.	Inversión promedio	Retorno de inversión anual %	Años retorno de inversión
Calefactor eléctrico.	1.5 kw	3	4.5	135	\$427	\$67.645	\$691.740	\$170.900	NA	NA
Calefactor a gas.	0.2297 m3	3	0.6891	20.673	\$1.267	\$26.193	\$314.312	\$1.115.000	34	3.0
Ahorro % Y \$						55	\$377.428	-552		

Datos:
 FALABELLA. Calefactores. {En línea}. {9 enero de 2016} disponible en: (<http://www.falabella.com.ar/falabella-co/cafeactores>)
 FALABELLA. Calefacción. {En línea}. {9 enero de 2016} disponible en: (<http://www.falabella.com.ar/falabella-ar/cafeccion>)
 ECOGAS. Consumo promedio con aparatos a gas natural casa {En línea}. {10 enero de 2016} disponible en: (<http://dgi.com.mx/webtest/ecogas/calcula-tu-consumo-de-gas.html>).

Análisis ventilador de techo con respecto a aire acondicionado tecnología inverter										SE21
Tipo de sistema de refrigeración	Consumo por hora	Horas de uso al día	Consumo día	Consumo mes	Costo por unidad de medida dic de 2015	Costo consumo energético mensual en pesos.	Costo consumo energético anual en pesos.	Inversión promedio	Retorno de inversión anual %	Años retorno de inversión
Aire acondicionado tecnología inverter 12000BTU	1.09 kw	8	8.72	261.6	\$427	\$111.703	\$1.340.438	\$1.559.000	NA	NA
Ventilador de techo 1 unidad	0.1 kw	12	1.2	36	\$427	\$15.372	\$184.464	\$234.900	492	0
Ahorro % Y \$						86	\$1.155.974	85		

Datos:
 HOMCENTER. Ventiladores. {En línea}. {9 enero de 2016} disponible en: (<http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/cafeccion>)
 EXITO. Aire acondicionado. {En línea}. {9 enero de 2016} disponible en: (<http://www.exitoc.com/products/0001467770257257/Aire+Acondicionado+12000btu>).

Tarifas energía eléctrica

CODENSA. Tarifas de energía CODENSA. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<https://www.codensa.com.co/hogar/tarifas>).

Tarifas gas

GAS NATURAL FENOSA. Fichas por gasodoméstico {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en: (http://www.gas.natural.fenosa.com.co/servlet/ficheros/1297134729856/FICHAS_POR_GASODOMESTICO.pdf).

**K. Anexo: Análisis costos
instalaciones de energía solar
fotovoltaica**

Tablas de análisis. Energía solar fotovoltaica

Matiz

Cálculo de paneles fotovoltaicos requeridos para una vivienda tipo 3-4.														
Ciudad	Latitud, longitud, NASA	Radiación solar directa promedio anual, NASA	Demanda de energía diaria	Potencia panel W	Costo panel a enero 2016	Producción diaria panel W	Panels requeridos para cubrir la demanda	Inversor requerido en W	Costo Inversor a enero de 2016	Inversión total. Enero de 2016	Inversión en energía mensual. Pesos	Inversión en energía anual. Pesos	% Retorno de Inversión anual	Años necesarios para recuperar la Inversión
Bogotá *	4.657494, -74.123997	3,98	5852	150	\$550.000	597	10	1470	\$1.580.000	\$6.971.290	\$76.860	\$922.320	13	8
Bogotá *	4.657494, -74.123997	3,98	5852	215	\$1.150.500	855,7	7	1470	\$1.580.000	\$9.448.092	\$76.860	\$922.320	10	10
Bogotá **	4.657494, -74.123997	3,98	5852	250	NA	995	6	NA	NA	\$13.350.000	\$76.860	\$922.320	7	14
Barraquilla *	10.986738, -74.805501	4,95	9372	150	\$550.000	742,5	13	1893	\$1.580.000	\$8.522.222	\$127.075	\$1.524.902	18	6
Barraquilla *	10.986738, -74.805501	4,95	9372	215	\$1.150.500	1064,25	9	1893	\$1.580.000	\$11.711.535	\$127.075	\$1.524.902	13	8

Datos de radiación tomados de:
NASA, NASA. Surface meteorology and Solar Energy - Location. [En línea]. [19 enero de 2016] disponible en: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grd.cgi>.
NASA, NASA. Surface meteorology and Solar Energy - Location. [En línea]. [13 enero de 2016] disponible en: https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grd.cgi?&num=106095&lat=4.657&hgt=100&submit=Submit&veg=17&sitelev=&email=skip@larc.nasa.gov&pr=grid_id&pr=ret_110&step=2&lon=-74.124
https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grd.cgi?&num=106101&lat=10.987&hgt=100&submit=Submit&veg=17&sitelev=&email=skip@larc.nasa.gov&pr=grid_id&pr=ret_110&step=2&lon=-74.806
Demanda de energía diaria para Bogotá: vivienda con instalaciones de gas, 55.30w más 10% de respaldo.
Demanda de energía diaria para Barraquilla: vivienda con instalaciones de gas, ventiladores de techo, 7860w más 10% de respaldo.
* Sistema interconectado a la red. No incluye soportes, cableado, contadores ni trámites de conexión a la red.
** Sistema no interconectado, incluye baterías, inversor, soportes.

Otros datos:
ALTA INGENIERIA. Promoción paneles solares Colombia [En línea]. [13 enero de 2016] disponible en: http://www.altaingenieria.com/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=61.
VIVASOLAR. Paquetes completos [En línea]. [13 enero de 2016] disponible en: <http://www.vivasolar-colombia.com/productos/paquetes-completos/>

**L. Anexo: Precios aerogeneradores
de eje vertical**

Consultado en agosto de 2016 en <https://spanish.alibaba.com/g/vertical-axis-wind-turbine-for-home-use.htm>

Etiqueta: 500 W espiral turbina eólica de eje vertical | VAWT residencial 500 W | 500 W generador de viento vertical

[Inicio](#) | [Categoría](#) | [Productos](#) | [Proveedores](#) | [Ayuda](#)

September **Ce aprobó el nuevo uso doméstico viento turbine eje vertical**

Descuento Inspección gratis

US \$1000-5000 / Set **1 Set/s** (Pedido mínimo)

Lugar del origen: CN:SHN Marca: allrun

Tipo: Generador de la energía eólica Número de Modelo: arc2kw

capality: 2000w de estilo: libre de pie

[Contactar Proveedor](#)

Qingdao Allrun New Energy Co., Ltd.
China (Continental) [Compra Segura](#)

4 Transacción (es) Respondido

\$ 6,000+ [96.7%](#)

September **Uso doméstico 1kw eje vertical de viento turbine (vawt)**

Descuento Inspección gratis

US \$2750-5000 / Set **1 Set/s** (Pedido mínimo)

Lugar del origen: CN:SHN Marca: greef

Tipo: Generador de la energía eólica Número de Modelo: Gv-1kw

tipo de generador: sin núcleo disc... generador de material: De alumini...

[Contactar Proveedor](#)

Qingdao Greef New Energy Equipment ...
China (Continental) [Compra Segura](#)

53 Transacción (es) Respondido

\$ 180,000+ [90.8%](#)

[Contactar Proveedor](#)

Etiqueta: 1KW turbina eólica de eje vertical | Techo mouted vawt1kw | Pequeño 1KW vawt

M. Anexo: Glosario

Glosario

Albedo: porcentaje de radiación solar que una superficie refleja con respecto a la total que incide ella. Las superficies con bajo albedo, como las losas en concreto y los pavimentos, absorben el calor, generando el efecto de isla caliente en las áreas urbanas.

Edificio energía cero: Edificio con alto grado de desempeño en eficiencia energética, que posee una baja demanda en consumo de energía y que suple la totalidad de esa demanda con energías renovables generadas en sitio.

Efecto de isla de calor: Fenómeno de acumulación de calor en las áreas urbanas, originado por el calentamiento de las superficies construidas con materiales de bajo albedo. Las superficies absorben el calor durante el día, liberándolo durante las horas nocturnas, dificultando el descenso de la temperatura.

En clima frío el efecto puede resultar en una ventaja, no obstante puede provocar vientos indeseados.

Afecta la estrategia de inercia térmica en las edificaciones la cual se fundamenta en las variaciones de temperatura a lo largo del día las cuales deben ser mayores a 6° C.

Eficiencia energética EE: La EE es la relación entre la cantidad de energía consumida y los servicios o beneficios finales obtenidos con ella, que garantizan el confort y otras necesidades de la edificación. También involucra la incorporación de energías renovables para satisfacer la demanda energética de la misma.

Estrategias pasivas: Estrategias que propenden a disminuir la demanda energética de la edificación para alcanzar confort térmico y lumínico, considerando las condiciones bioclimáticas del lugar, como vientos, lluvia y sol.

Estrategias activas: Estrategias relativas al mejoramiento del desempeño en eficiencia energética de las instalaciones, equipos y aparatos mecánicos, que funcionan con electricidad o con combustibles.

Energías renovables: Energías sostenibles no contaminantes, que provienen principalmente del sol, el viento, el mar y la tierra. Para aprovechar este tipo de energías

se requiere de dispositivos para su generación, captación y transformación.

En el caso del sol existe la energía solar térmica y la solar fotovoltaica, con base en paneles captadores. Con respecto al viento se cuenta con la energía eólica a gran escala desarrollada en parques eólicos y la mini eólica a pequeña escala establecida principalmente para entornos urbanos, mediante aerogeneradores.

Flujo de calor: Cantidad de calor que pasa de un sistema a otro en un determinado tiempo. Su unidad es el watt W.

Inercia térmica: Capacidad de un cuerpo o masa de conservar energía térmica y cederla paulatinamente al ambiente que le rodea. Por ejemplo, en clima frío los edificios con gran inercia térmica se calientan durante el día, liberando el calor durante la noche. La inercia térmica depende en gran medida de la masa, la densidad de esta y su calor específico.

Resistencia térmica (R): Capacidad que posee un material o sistema constructivo de oponerse al flujo de calor W. En un sistema constructivo formado por varias capas la resistencia térmica total se obtiene sumando las resistencias superficiales interna y externa y las resistencias térmicas de cada capa. Se conoce como valor "R". Su unidad es m².K/W.

Transmitancia térmica (K): Es la medida del flujo de calor por unidad de área, que se transmite por medio de un material o sistema constructivo. Se expresa con la letra K (también con la letra U). Su fórmula es $K=1/R$, siendo R la resistencia térmica total del sistema. Su unidad es W/m²K.

Si el sistema tiene un K alto, su capacidad de perder calor es alta. Entre más bajo sea el valor K, la pérdidas de energía térmica serán menores.

Vivienda multifamiliar en altura: Edificios o proyectos con más de tres unidades de vivienda, con alturas que superan los 3 pisos.

Vivienda de costo medio: Unidad de vivienda, cuyo valor por metro cuadrado oscila entre 4 y 7 salarios mínimos legales vigentes mensuales.

Vivienda tipo 2. Unidad de vivienda de costo bajo, cuyo valor por metro cuadrado es aproximadamente de 3 salarios mínimos legales vigentes mensuales.

Vivienda tipo 3. Unidad de vivienda de costo medio, cuyo valor por metro cuadrado oscila entre 4 y 5 salarios mínimos legales vigentes mensuales.

Vivienda tipo 4. Unidad de vivienda de costo medio, cuyo valor por metro cuadrado oscila entre 6 y 7 salarios mínimos legales vigentes mensuales.

Vivienda tipo 5. Unidad de vivienda de costo alto, cuyo valor por metro cuadrado oscila entre 8 y 9 salarios mínimos legales vigentes mensuales.

Vivienda tipo 6. Unidad de vivienda de costo alto cuyo valor por metro cuadrado oscila entre 10 y 11 salarios mínimos legales vigentes mensuales.

Referencias

[1] ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Beneficio de los árboles en el ambiente urbano. En: Documento de arborización urbana. {En línea}. {31 enero de 2016} disponible en: (<http://www.ambientebogota.gov.co/documents/10157/2066438/Beneficios+de+los+%C3%A1rboles+urbanos.pdf>).

[2] ÁLVAREZ, Clemente. Vitrocerámica convencional, de inducción o gas. {En línea}. {31 enero de 2016} disponible en: (<http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/09/vitrocaramica-convencional-de-induccion-o-gas.html>).

[3] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE DOMÓTICA, CEDOM; INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA, IDAE. Como ahorrar energía instalando domótica en su vivienda. Gane en confort y seguridad. {En línea}. {15 enero de 2016} disponible en: (www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11187_domotica_en_su_vivienda_08_3d3614fe.pdf).

[4] AZQUETA, Pablo. Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción. EPS-Poliestireno expandido. {En línea}. {18 enero de 2016} disponible en: (<http://grupoestisol.com/wp-content/themes/estisol/documentos/ManualPracticoDelEPS-interactivo-ENCRIPADO.pdf>)

[5] BIG. World village of women sports. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<http://www.big.dk/#projects-wvws>).

[6] BOGOTÁ D.C. ALCALDÍA MAYOR. Decreto 190. (22, junio, 2004). Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003. Registro distrital, 2004. no. 3122. p. 1-225.

[7] BOGOTÁ D.C. ALCALDÍA MAYOR. Decreto 364. (26, agosto, 2013). Por el cual se modifican excepcionalmente las normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D. C., adoptado mediante Decreto Distrital 619 de 2000, revisado por el Decreto Distrital 469 de 2003 y compilado por el Decreto Distrital 190 de 2004. Registro distrital. 2013. no. 5185. p. 1-524.

[8] BOGOTÁ D.C. ALCALDÍA MAYOR. Decreto 562. (12, diciembre, 2014) Por el cual se reglamentan las condiciones urbanísticas para el tratamiento de renovación urbana, se incorporan áreas a dicho tratamiento, se adoptan las fichas normativas de los sectores con este tratamiento y se dictan otras disposiciones. Registro distrital, 2014. no. 5492. p. 2-30.

[9] BUCIO, Franco. Taller para el aislamiento térmico en la vivienda. Tercer módulo. Norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009. {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en:(http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/2010/conavi/lo_nuevo/taller_termico/tercermodulo.pdf).

[10] BUILDINGS PERFORMANCE INSTITUTE EUROPE BPIE. Cost optimality. Discussing methodology and challenges within the recast Energy Performance of Buildings Directive. {En línea}. {17 enero de 2016} disponible en:(http://www.buildup.eu/sites/default/files/content/BPIE_costoptimality_publication2010.pdf).

[11] BUSTAMANTE Waldo, *et al.* Eficiencia energética en vivienda social: un desafío posible. En: Camino al bicentenario. Propuestas para Chile. Concurso políticas públicas 2009. Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009, p. 253-282.

[12] BUSTAMANTE, Waldo. Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. Santiago de Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional y Programa País de Eficiencia Energética, 2009.

[13] CARO, Esperanza; FIQUE, Luis y SIERRA, Fabio. Diseño y socialización de la propuesta de reglamento técnico de eficiencia energética para viviendas de interés social

RETEVIS (diapositivas). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de minas y energía, Ministerio de medio ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010.

[14] CASTELLS, Xavier. La vivienda y el confort. {En línea}. {01 febrero de 2016} disponible en: (<https://books.google.com.co/books?id=W7gEvF5vAoC&pg=PA503&lpg=PA503&dq=en+clima+templado+se+usa+el+agua+caliente+sanitaria&source=bl&ots=RV700efRwc&sig=iINyXROQF9XKz0KSqQev35yWIGQ&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjArPnv-9LKAhXDJR4KHyoqCwkQ6AEIKjAD#v=onepage&q=en%20clima%20templado%20se%20usa%20el%20agua%20caliente%20sanitaria&f=false>).

[15] CODENSA. Tarifas de energía CODENSA. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<https://www.codensa.com.co/hogar/tarifas>).

[16] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 697. (3, octubre, 2001). Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá D.C., 2001. no. 44.573.

[17] COLOMBIA. Decreto 3683 (19, diciembre, 2003). Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial. Diario oficial. Bogotá D.C., 2003. no. 45.409.

[18] COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 180609. (26, mayo, 2006). Por la cual se definen los subprogramas que hacen parte del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales, PROURE, y se adoptan otras disposiciones. . {En línea}. {15 marzo de 2015} disponible en: (<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/normas/R180609.pdf>)

[19] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DE DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 926 de 2010. (19, marzo, 2010). Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR – 10. Diario oficial. Bogotá D.C., 2010. no. 47.663. p. 3-410.

[20] COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 180919. (1, junio, 2010). Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto. Diario oficial. Bogotá D.C., 2010. no. 47.728.

[21] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1715. (13, mayo, 2014). Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Diario oficial. Bogotá D.C., 2014. no. 49.150. p. 1-9.

[22] COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO. Resolución 0549. (1, julio, 2015). Por la cual se reglamenta el Capítulo 1 del Título 7 de la parte 2, del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Diario oficial. Bogotá D.C., 2015. no. 49.591. p. 1-54.

[23] COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto número 2143. (4, noviembre, 2015). Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014. Diario oficial. Bogotá D.C., 2015. no. 49.686.

[24] COMISIÓN NACIONAL DE VIVIENDA, CONAVI. Código de edificación de vivienda. 2 ed. México, 2010.

[25] CONFEDERACIÓN DE CONSUMIDORES Y USUARIOS CECU. Guía práctica sobre ahorro y eficiencia energética en edificios. {En línea}. {10 enero de 2016} disponible en: (<http://cecu.es/publicaciones/guia%20enforce.pdf>).

[26] CONINSA RAMÓN H. Reserva DE Mallorca III, Apto 75m2.. {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en: (<http://www.coninsaramonh.com/coninsa/planos-reserva-de-mallorca-iii-aptos-75m2/bogota/reserva-de-mallorca-iii-aptos/planos-reserva-de-mallorca-iii-aptos-76-40-m2>).

[27] CONSTRUCCIÓN 21 ESPAÑA. Sunrise. {En línea}. {15 marzo de 2015} disponible en: (<http://www.construction21.org/espana/case-studies/es/sunrise.html>)

[28] DE GARRIDO, Luis. Sol-i-Vert-eco-housing-complex. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<http://luisdegarrido.com/es/proyectos-realizados/2005-sol-i-vert-eco-housing-complex/>).

[29] DINERO. Construcción sostenible gana terreno. {En línea}. {01, agosto, 2015} disponible en: (<http://www.dinero.com/pais/articulo/construcciones-sostenibles-certificadas-leed-colombia/200173>).

[30] ECOTECH. Generador eólicas eddyGT de 1Kw. {En línea}. {01 junio de 2016} disponible en: (<https://ecotechgeccai.wordpress.com/eddygt-de-1kw/>).

[31] ECOTECH. Generador eólico UGE-4K. {En línea}. {01 junio de 2016} disponible en: (<https://ecotechgeccai.wordpress.com/uge-4k/>).

[32] ECOTERRAZAS. Introducción a la xerojardinería {En línea}. {25 enero de 2016} disponible en: (<http://www.ecoterrazas.com/blog/introduccion-a-la-xerojardineria/>).

[33] EDWARDS, Brian. Guía básica de la sostenibilidad. Traducido por Sandra Sanmiguel. Barcelona: Gustavo Gili, 2009. p. 3.

[34] ELECTRICARIBE. Consumo de tus electrodomésticos. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<http://www.electricaribe.com/co/hogar/consejos/consejos+de+ahorro+de+energia/1297110312235/consumo+de+tus+electrodomesticos.html>).

[35] ELECTRICARIBE. Publicación aviso de tarifas en medios impresos. {En línea}. {01 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.electricaribe.com/co/hogar/distribucion+de+electricidad/1297286151163/publicacion+avisos+de+tarifas+en+medios+impresos.html>).

[36] EL HERALDO. El “Niño” saca a la luz las grietas del sistema eléctrico. En: El Herald. {En línea}. {25, noviembre, 2015} disponible en: (<http://www.elheraldo.co/nacional/el-nino-saca-la-luz-las-grietas-del-sistema-electrico-225938>).

[37] EL TIEMPO. Cae porcentaje de hogares en Colombia en los que la vivienda es propia. {En línea}. {15 junio de 2015} disponible en: (<http://www.eltiempo.com/economia/indicadores/ingresos-de-los-colombianos-segun-el-dane/15429799>).

[38] EL TIEMPO. Los edificios sostenibles en tono verde. . En: El Tiempo {En línea}. {15, junio, 2015} disponible en: (<http://www.eltiempo.com/contenido-comercial/especiales-comerciales/los-edificios-sostenibles-en-tono-verde/15899896>):

[39] ENERGIA EN CASA. Panel solar 200W Monocristalino. {En línea}. {01 junio de 2016} disponible en: (<http://energiaencasa.com/tienda/energia-solar/paneles-solares/monocristalino/panel-solar-200w-monocristalino/>).

[40] ENERGÍA ESTRATÉGICA. El sol acompañó durante la inauguración del primer parque fotovoltaico de Buenos Aires. {En línea}. {23 junio de 2015} disponible en: (<http://www.energiaestrategica.com/el-sol-acompano-durante-la-inauguracion-del-primer-parque-fotovoltaico-de-buenos-aires/>).

[41] EPM. Uso inteligente de la energía. Banco de recomendaciones. Última revisión: marzo de 2012. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco_de_recomendaciones_uso_inteligente_energia_electricamarzo_27.pdf).

[42] EROSKY CONSUMER. Compensan las de inducción. Placas vitrocerámicas y de inducción. {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en: (<http://revista.consumer.es/web/es/20070301/pdf/analisis-2.pdf>).

[43] ESCORCIA, Olavo *et al.* Mejoramientos de envolvente para la eficiencia energética de viviendas en el centro-sur de Chile. En: Informes de la Construcción. Octubre-diciembre 2012. vol. 64, no. 528, p. 563-574.

[44] ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA. Edificio en pórticos de concreto reforzado y losa aligerada {fotografía} {En línea}. {2 febrero de 2015} disponible en: (<http://estructuras.eia.edu.co/hormigonI/indehor1.html>).

[45] ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA. Sistema estructural de muros en concreto reforzado {fotografía} {En línea}. {2 febrero de 2015} disponible en: (<http://estructuras.eia.edu.co/hormigonII/indehor2.html>).

[46] ESKABE. Preguntas frecuentes. {En línea}. {08 enero de 2016} disponible en: (<http://www.eskabe.com.ar/preguntas.asp>).

[47] ESPAÑA. MINISTERIO DE FOMENTO. Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Boletín oficial del estado. Madrid, 2013. no. 219. p. 67137 – 67209.

[48] FUNDACIÓN DE LA ENERGÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID, FENERCOM. Guía sobre tecnología minieólica. {En línea}. {03 junio de 2016} disponible en: (<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-minieolica-fenercom-2012.pdf>).

[49] GERMAN ENERGY AGENCY. Renewables – Made in Germany {En línea}. {15, agosto de 2016} disponible en: (<http://www.renewables-made-in-germany.com/>).

[50] GOOGLE EARTH. Street view 6°15'30.67" N 75°34'47.03" O. {Imagen} Septiembre de 2015.

[51] GOOGLE EARTH. 4°37'15.51" N 74°05'18.43" O. {Imagen} enero de 2016.

[52] GOOGLE EARTH. 10°58'12.37" N 74°47'37.27" O. {Imagen} marzo de 2016.

[53] HEYWOOD, Huw. 101 reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético. Traducido por Susana Landrove. Barcelona: Gustavo Gili, 2015.

[54] IBP Instalaciones eficientes. Instalaciones domóticas. {En línea}. {01 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.ibpinstalacioneseficientes.com/instalaciones-domoticas/>).

[55] INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN, IRAM. Aislamiento térmico de edificios Métodos de cálculo Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. IRAM 11601. Buenos aires: El instituto, 2002.

[56] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, ICONTEC. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 14001. Bogotá D.C: El instituto, 2004.

[57] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, ICONTEC. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 9001. Bogotá D.C: El instituto, 2008.

[58] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, ICONTEC. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 50001. Bogotá D.C: El instituto, 2011.

[59] INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN. Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en edificios públicos. Chile, 2012.

[60] JARDÍN PLANTAS. Las ventajas de tener un huerto en casa {En línea}. {10 enero de 2016} disponible en: (<http://jardinplantas.com/las-ventajas-huerto-casa/>).

[61] LONGVIE. Manual de instrucciones calefactor tiro balanceado de 3000 kcal h. {En línea}. {08 enero de 2016} disponible en: (<http://www.longvie.com/img/productos/13097esttb23a2.pdf>).

[62] MACÍAS, M y GARCÍA NAVARRO, J. Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. En: Informes de la Construcción. Enero – marzo 2010. vol. 62, no 517, p. 87-100.

[63] MARTINEZ, Astrid *et al.* Análisis de la situación energética de Bogotá y Cundinamarca. Bogotá: Fedesarrollo, 2013.

[64] MARVAL. Altos de San Isidro, apartamentos. {Video}. {En línea}. {27 febrero de 2016} disponible en: (<https://www.youtube.com/watch?v=rbz6dXH9H3Q>).

[65] METROVIVIENDA. Bogotá humana instala las primeras cubiertas verdes en vivienda social. {En línea}. {15 enero de 2016} disponible en: (<http://www.metrovivienda.gov.co/index.php/192-bogota-humana-instala-las-primeras-cubiertas-verdes-en-vivienda-social>).

[66] METROVIVIENDA. En el Proyecto Plaza de la Hoja. Vivienda de interés prioritario con calefacción. {En línea}. {15 enero de 2016} disponible en: (<http://www.metrovivienda.gov.co/index.php/166-en-el-proyecto-plaza-de-la-hoja>).

[67] MÉXICO. COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA. Resolución No Res/176/2007. (27, junio, 2007). Resolución por la que se aprueba el modelo de Contrato de Interconexión para fuente de energía solar en pequeña escala. Diario oficial de la federación. Ciudad de México, 2007. no. DOF: 27/06/2007, disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4991957&fecha=27/06/2007

[68] MORENO, Corrado. Energía eólica en zonas urbanas. {En línea}. {01 junio de 2016} disponible en: (<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia51/HTML/articulo02.htm>).

[69] MONROY, Manuel. Claves del diseño bioclimático. {En línea}. {01 febrero de 2016} disponible en: (<https://biouca.files.wordpress.com/2010/09/urbanismo-bioclimatico1.pdf>).

[70] NASA. NASA. Surface meteorology and Solar Energy - Location. {En línea}. {19 enero de 2016} disponible en: (<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi>).

[71] NERGIZA. Sistema solar por termosifón. ¿Qué es y cómo funciona? {En línea}. {27 febrero de 2016} disponible en: (<http://nergiza.com/sistema-solar-por-termosifon-que-es-y-como-funciona/>).

[72] ORTEGA, Mario. Energías renovables. Madrid: Paraninfo, 2002.

[73] PABÓN, Gabriel. Develamos el interior de la “Plaza de La Hoja” hoga4 de 457 familias. {En línea}. {19 enero de 2016} disponible en: (<https://www.civico.com/bogota/noticias/develamos-el-interior-de-la-plaza-de-la-hoja-el-hogar-de-457-familias-desplazadas>).

[74] PEDRO GÓMEZ. Butaregua. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<http://www.pedrogomez.com.co/proyectos-en-venta/vivienda/el-refugio/ubicacion/52-proyectos-en-venta/vivienda/multicentro-bucaramanga/butaregua>).

[75] PERALES, Tomás. El universo de las energías renovables. Barcelona: Marcombo, 2012.

[76] PORTAFOLIO. Energía solar interconectada a la red eléctrica. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<http://www.portafolio.co/economia/finanzas/energia-solar-interconectada-red-electrica-373126>).

[77] REVISTA DIGITAL APUNTES DE ARQUITECTURA. 100 proyectos de Arquitectura sostenible – Complejo residencial “Lliri Blau”– Valencia. {En línea}. {15 marzo de 2015} disponible en: (<http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com.co/2013/08/100-proyectos-de-arquitectura.html>)

[78] REVISTA DIGITAL APUNTES DE ARQUITECTURA. 100 proyectos de Arquitectura sostenible – Complejo residencial Sayab en Cali Colombia. {En línea}. {15 marzo de 2015} disponible en: (http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com.co/2014/01/100-proyectos-de-arquitectura_597.html)

[79] ROJAS, David y PRÍAS, Omar. Herramientas Lean para apoyar la implementación de sistemas de gestión de la energía basados en ISO 50001. En: Energética. Diciembre 2014. no. 44, p. 49-60.

[80] RODRIGUEZ, Juan, Producto 3. Documento técnico de soporte - recomendaciones de política pública de construcción y urbanismo sostenible informe final- marzo 2013. Bogotá: USAID, marzo 2013.

[81] SANA. Sistemas de energía renovable. ¿Cuánta energía nos da cada panel solar? {En línea}. {03 3ner0 de 2016} disponible en: (<http://www.sana-int.com/ecology/calculando.php>).

[82] SANZ, David. Exawind, aerogenerador de eje vertical para ciudad. {En línea}. {15 enero de 2016} disponible en: (<http://energiasrenovadas.com/exawind-aerogenerador-de-eje-vertical-para-ciudad/>).

[83] SECRETARÍA DISTRITAL DE HACIENDA. Indicadores de construcción y vivienda en Bogotá. Número 5/diciembre de 2013. {En línea}. {11 enero, 2016} disponible en: (http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/boletin_total_7.pdf).

[84] SHUTTERSTOCK. Imágenes. {En línea}. {19 junio, 2016} disponible en: (<http://www.shutterstock.com/es/>).

[85] SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS. Sistema único de información de servicios públicos SUI. {En línea}. {10 diciembre, 2015} disponible en: (<http://www.sui.gov.co/SUIAuth/logon.jsp>).

[86] TAPIA, Jesús; GALLEGOS, Ricardo y BOJÓRQUEZ, Gonzalo. Hacia un modelo de edificio energía cero interconectado a la red. En: Encuentro internacional Ekotectura (11-13 octubre 2012: Bogotá). Memorias. Bogotá: Academia colombiana de arquitectura y diseño, 2012.

[87] TORRENT, Lluís. Schlierberg: el barrio alemán que con paneles solares genera 4 veces más energía que la que consume. {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en: (<http://www.ecoportel.net/Eco-Noticias/Schlierberg-el-barrio-aleman-que-con-paneles-solares-genera-4-veces-mas-energia-que-la-que-consume>).

[88] TRITEK. Hareon Solar HR-Poly, paneles con células policristalinas. {En línea}. {01 junio de 2016} disponible en: (<http://www.tritec-energy.com/es/paneles-solares/hareon-solar-hr-poly-paneles-con-celulas-policristalinas-c-164/>).

[89] TWENERGY. El aislamiento térmico una de las claves del ahorro energético. {En línea}. {27 febrero de 2016} disponible en: (<http://twenergy.com/a/el-aislamiento-termico-una-de-las-claves-del-ahorro-energetico-1416>).

[90] UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, UPME y ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA, ASOCODIS. Informe sectorial sobre la evolución de la distribución y comercialización de energía eléctrica en Colombia. Balance de sucesos y estadísticas 1998-2010. Bogotá: Ministerio de minas y energía, 2011.

[91] UNIVERSITY COLLEGE DUBLIN *et al.* Un Vitruvio ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible. Traducido por Sandra Sanmiguel. China: Gustavo Gili, 2010.

[92] U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. Leed 2009 para nueva construcción y grandes superficies versión 3.0. Traducido por el consejo construcción verde España. Madrid: El consejo, 2009.

A. Anexo: Matriz de Eficiencia Energética.

MATRIZ DE VALORACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Sistemas	Estrategias / Tecnologías	Descripción	Objetivo	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4	Indicador 5	Indicador 6	Indicador 7	Indicador 8	Indicador 9	Indicador 10	Análisis	Calificación		Recomendaciones									
			Sostenibilidad	Impacto ambiental	Resiliencia	Integración arquitectónica	Flexibilidad	Sinergia	Rendimiento/ Eficacia	Retorno de inversión	Inversión inicial	Durabilidad	Puntaje obtenido en análisis y grado de desempeño en EE		Créditos											
SISTEMA TERRITORIO	PREUDIO	Usos e intensidad del suelo y áreas libres	ST1. Zonas verdes, arborizadas	D	Propiciar un microclima urbano que se acorde al índice de confort térmico del lugar para reducir la demanda de energía para refrigeración y calefacción.	2	Aspecto social: brinda espacio de integración comunitaria. Aspecto ambiental: atenuante del efecto de isla calor. Favorece el manejo de escomentas urbanas. Disminuye polución del aire en el transporte de material excavado.	1	Impacto mitigable. Implica consumo de agua para su mantenimiento. Puede desfavorecer la provisión de luz natural. Deben implementarse plantas nativas y un sistema eficiente de riego.	2	3	Seguridad: cumple. Autonomía: cumple. Resistencia: adaptable con la vegetación adecuada. (Plantas nativas de poco consumo de agua)	3	Impacto positivo. Provee zonas de asilamiento, anejardes y embellecimiento de la agrupación.	Indiferente. Son zonas comunes o de cesión pública.	1	3	La implementación de zonas verdes puede variar la temperatura entre 3 y 6 grados. Optimiza el estratago de ventilación natural simple o forzada (ventiladores). Con estos estratagos se puede ahorrar más del 80% de energía requerida para ventilación con aire acondicionado.	Indeterminado. El usuario de vivienda no realiza ninguna inversión directa, aunque si obtiene beneficios.	La inversión puede ser entre un 34% y un 63% más económica con respecto a zonas duras con loses.	El paisajismo, con buen mantenimiento, tiene una durabilidad de más de 50 años, mayor al 100% de la vida útil de la edificación.	A	22	Grado alto	3 créditos	R
			ST2. Usos complementarios a la vivienda	D	Integrar al uso residencial usos complementarios de comercio y servicios para reducir el gasto energético (hidrocarburos), ocasionado por desplazamientos vehiculares.	3	1	3	1	1	0	3	1	2	3	Indeterminado. El usuario de vivienda no realiza ninguna inversión directa, aunque si obtiene beneficios.	El constructor no debe realizar ninguna inversión adicional.	El cambio de uso no es usual en grandes proyectos de vivienda. Los usos complementarios durarán el 100% de la vida de la edificación.	Grado medio	18	2 créditos	R				
			ST3. Restitución de terreno y zonas verdes en pisos superiores.	D	Reducir el consumo energético derivado de las excavaciones, movimientos de tierra, y disposición final del material resultante, ocupando en niveles inferiores mayor porcentaje del terreno, restituyendo áreas libres en pisos superiores y cubiertas.	3	1	2	1	1	1	3	3	1	3	3	Indeterminado. El usuario de vivienda no realiza ninguna inversión directa, aunque si obtiene beneficios.	Existe un ahorro en excavación y estructuras de contención.	40 años, 80% del ciclo de vida útil de la edificación. La cubierta debe diseñarse y mantenerse para la totalidad de la vida útil de la edificación.	Grado alto	21	3 créditos	R			
	BIOCLIMÁTICA	Asoleación	ST4. Derecho al sol	D	Favorecer el confort térmico de la edificación, garantizando el acceso a la radiación solar en fachadas, para reducir consumos energéticos para calefacción a nivel urbano.	2	3	2	2	1	3	1	1	3	Indeterminado. depende de la densidad y patrón de densificación urbana.	Indeterminado. El usuario de vivienda no realiza ninguna inversión directa, aunque si obtiene beneficios.	Se puede compensar el valor de lote destinado a asilamientos en una mayor edificabilidad y ocupación del suelo.	Perdurará mientras el proyecto exista, si hay una planificación urbana al respecto.	Grado medio	19	2 créditos en clima frio	R				
			ST5. Orientación de la edificación.	D	Favorecer el confort térmico mediante la orientación adecuada del edificio con respecto a la trayectoria del sol, para reducir consumos energéticos para refrigeración o calefacción.	2	3	2	1	1	3	3	1	2	3	Indeterminado. El usuario de vivienda no realiza ninguna inversión directa, aunque si obtiene beneficios.	El constructor no debe realizar ninguna inversión adicional.	Perdurará mientras la edificación exista.	Grado alto	21	3 créditos	R				
			ST6. Elementos de control solar. Cortasoles.	D	Dotar a la edificación de elementos de sombreado para mitigar la radiación solar y reducir consumos energéticos en refrigeración.	0	3	3	1	0	-1	1	1	0	2,5	Indeterminado. El usuario de vivienda no realiza ninguna inversión directa, aunque si obtiene beneficios.	Son elementos adicionales, no esenciales en la fachada que requieren una inversión adicional no transferible al usuario final.	Dependen del material. Aluzinc, aluminio 20 -25 años de durabilidad. 40-50% del ciclo de vida de la edificación. Material polimérico 100% de la vida útil de la edificación.	Grado insuficiente	10,5	1 crédito en vivienda tipo 5 y 6	R				
			ST7. Elementos de control solar. Balcones y terrazas	D	Dotar a la edificación de elementos útiles de autosombrado para mitigar la radiación solar y reducir consumos energéticos en refrigeración. Adicionalmente proveer áreas libres en la vivienda propicias para cultivos urbanos, y reducir consumos energéticos por transporte de alimentos.	3	3	3	3	1	0	1	1	2	3	Indeterminado. El usuario de vivienda no realiza ninguna inversión directa, aunque si obtiene beneficios.	El balcón es área vendible de la vivienda y por lo tanto no se requiere de inversión adicional.	Durará mientras exista la edificación y se mantengan las condiciones del diseño.	Grado medio	20	2 créditos	R				

MATRIZ DE VALORACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA																		
Sistemas	Estrategias / Tecnologías	Descripción	Objetivo	Indicador 1 Sostenibilidad	Indicador 2 Impacto ambiental	Indicador 3 Resiliencia	Indicador 4 Integración arquitectónica	Indicador 5 Flexibilidad	Indicador 6 Sinergia	Indicador 7 Rendimiento/ Eficacia	Indicador 8 Retorno de inversión	Indicador 9 Inversión inicial	Indicador 10 Durabilidad	Análisis	Calificación		Recomendaciones	
															Puntaje obtenido en análisis y grado de desempeño en EE	Créditos		
SISTEMA TERRITORIO BIOCLIMÁTICA	Iluminación natural	ST8. Iluminación natural para servicios y espacios complementarios	Dotar de luz día a espacios de la vivienda que usualmente se disponen sin iluminación natural para reducir consumos de energía eléctrica por concepto de iluminación artificial.	1	3	3	1	1	3	2	1	0	3	A	18	2 créditos. En el 100% de las unidades	R	
				Aspecto social: la luz natural implica espacios más agradables y saludables para las personas.	No genera impacto negativo.	Seguridad: cumple. Autonomía: cumple. Resistencia: cumple.	Implica considerar ductos de ventilación, patios, configuración en ático.	Indiferente. Las aberturas son inmodificables por ser parte de la fachada.	Sinergia positiva. Involucra elementos como ductos y ventanas que pueden colaborar con la ventilación natural.	50% de ahorro en consumo de energía para iluminación de áreas de servicios.	Indeterminado. El usuario de vivienda no realiza ninguna inversión directa, aunque sí obtiene beneficios.	Implica una mayor inversión en muros de fachada, ductos de iluminación, que pueden requerir mejores acabados, aislamiento, impermeabilizaciones, ventanas, etc.	Durará mientras exista la edificación y se mantengan las condiciones del diseño.					
	Ventilación natural	ST9. Ventilación natural con chimenea solar y/o geotérmica.	Proveer de ventilación natural a la edificación para reducir el consumo energético destinado a refrigeración.	Aspecto social: mejoramiento de las condiciones de salud de las personas. Sensación de bienestar por las renovaciones de aire.	1	3	3	1	3	3	3	1	0	3	A	21	3 créditos	R
					No genera impacto negativo.	Seguridad: cumple. Autonomía: cumple. Resistencia: cumple.	Implica considerar ductos de ventilación, patios, configuración en ático.	El diseño de aberturas de ventilación puede ser flexible y anodarse a las necesidades de confort térmico del usuario	Sinergia positiva. Involucra elementos como ductos que pueden colaborar con la iluminación natural.	La ventilación natural favorece el desempeño de los ventiladores de techo. Con los que se puede ahorrar más del 90% de energía requerida para ventilación con aire acondicionado.	Indeterminado. El usuario de vivienda no realiza ninguna inversión directa, aunque sí obtiene beneficios.	Se requieren de una inversión adicional para muros y cubierta de las chimeneas.	Durará mientras exista la edificación y se mantengan las condiciones del diseño.					
					1	3	1	1	3	3	3	1	0	3		A	19	
Aspecto social: mejoramiento de las condiciones de salud de las personas. Sensación de bienestar por las renovaciones de aire.	No genera impacto negativo.	Seguridad: Implica aberturas en fachadas por las que se puede pensar ruido y contaminación. Autonomía: depende de la adecuada orientación con respecto a vientos y de las condiciones y calidad del ambiente exterior. Resistencia: cumple.	Condiciona el diseño al obligar a dejar unidades con dos fachadas opuestas o adyacentes.	El diseño de aberturas de ventilación puede ser flexible y anodarse a las necesidades de confort térmico del usuario	Sinergia positiva. Involucra elementos como ventanas, patios y ductos que pueden colaborar con la iluminación natural.	La ventilación natural favorece el desempeño de los ventiladores de techo. Con los que se puede ahorrar más del 80% de energía requerida para ventilación con aire acondicionado.	Indeterminado. El usuario de vivienda no realiza ninguna inversión directa, aunque sí obtiene beneficios.	Implica una mayor inversión en muros de fachada que pueden requerir mejores acabados, aislamiento, impermeabilizaciones, ventanas, etc.	Durará mientras exista la edificación y se mantengan las condiciones del diseño.									
ST10. Ventilación natural cruzada.	Proveer de ventilación natural a la edificación para reducir el consumo energético destinado a refrigeración.	Aspecto social: mejoramiento de las condiciones de salud de las personas. Sensación de bienestar por las renovaciones de aire.	1	3	1	2	3	3	1	1	1	3	A	19	1 crédito en clima cálido	R		
																	Seguridad: Implica aberturas en fachadas por las que se puede pensar ruido y contaminación. Autonomía: depende de las condiciones y calidad del ambiente exterior. Resistencia: cumple.	La incidencia estética o arquitectónica es mínima. Solo afectaría el diseño de la ventana.
SISTEMA EDIFICIO ENVOLVENTE Y SISTEMA CONSTRUCTIVO	Aislamiento térmico en sistema constructivo con fachadas portantes	SE1. Sistema muros de carga con aislamiento interior o exterior en fibra de vidrio.	Optimizar el desempeño en aislamiento térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumos de energía en calefacción y/o refrigeración.	Aspecto social: brinda confort acústico para mayor satisfacción del cliente.	1	3	3	2	1	3	2	2	0	3	A	20	2 Créditos en clima frío/templado/cálido seco	R
	SE2. Sistema muros de carga con aislamiento interior o exterior en EPS	Optimizar el desempeño en aislamiento térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumos de energía en calefacción y/o refrigeración.	Aspecto social: brinda confort acústico para mayor satisfacción del cliente.	1	1	3	2	1	3	2	2	0	3	A	18	2 Créditos en clima frío/templado/cálido seco	R	
Impacto mitigable. El EPS no es un material reciclable ni biodegradable. No obstante, perdurará durante el total ciclo de vida de la edificación.																		Seguridad: cumple. Autonomía: cumple. Resistencia: cumple.

MATRIZ DE VALORACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Sistemas	Estrategias / Tecnologías	Descripción	Objetivo	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4	Indicador 5	Indicador 6	Indicador 7	Indicador 8	Indicador 9	Indicador 10	Análisis	Calificación		Recomendaciones		
			Sostenibilidad	Impacto ambiental	Resiliencia	Integración arquitectónica	Flexibilidad	Sinergia	Rendimiento/ Eficacia	Retorno de inversión	Inversión inicial	Durabilidad	Puntaje obtenido en análisis y grado de desempeño en EE		Créditos				
SISTEMA EDIFICIO ENVOLVENTE Y SISTEMA CONSTRUCTIVO	Aislamiento térmico en sistema constructivo con fachadas no portantes	SE3. Sistema steel framing con aislamiento en fibra de vidrio.	D	Optimizar el desempeño en aislamiento térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumo de energía en calefacción y refrigeración.	1	3	3	2	1	3	2	2,5	3	A	23,5	3 créditos en clima cálido húmedo.	R		
		SE4. Sistema muros aislantes en poliestireno expandido EPS	D	Optimizar el desempeño en aislamiento térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumo de energía en calefacción y refrigeración.	1	1	3	2	1	3	2	2,5	1	3	A		19,5	2 créditos	R
		SE5. Sistema mampostería (no portante) con aislamiento en fibra de vidrio	D	Optimizar el desempeño térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumo de energía en calefacción y refrigeración.	1	3	3	2	1	3	2	2	0	3	A	20	2 Créditos en clima frío/templado/cálido seco	R	
		SE6. Sistema mampostería (no portante) con aislamiento en EPS	D	Optimizar el desempeño térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumo de energía en calefacción y refrigeración.	1	1	3	2	1	3	2	2	0	3	A	18	2 Créditos en clima frío/templado/cálido seco	R	
		SE7. Sistema alternativo en aislamiento térmico de la envolvente.		Optimizar el desempeño en aislamiento térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumo de energía en calefacción y refrigeración.	Valoración con indicadores por parte del proponente										20	2 créditos			
		SE8. Cubierta vegetal.	D	Optimizar el desempeño en aislamiento térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumo de energía en calefacción y refrigeración.	3	1	2	3	1	3	3	3	1	0	3		20	Grado medio	2 créditos
	Otros aislamientos	SE9. Muro vegetal.	D	Optimizar el desempeño en aislamiento térmico de la envolvente, según el sistema constructivo, para disminuir consumo de energía en calefacción y refrigeración.	1	1	2	3	1	3	3	3	1	1		16	Grado bajo	1 crédito	R
		SE10. Sistema de aislamiento térmico en ventanería.	D	Optimizar el desempeño térmico de la envolvente para disminuir consumo de energía en calefacción y refrigeración.	1	3	3	2	1	3	1	2	0	2	A	18	Grado medio	2 créditos	R
		SE11. Sistema constructivo alternativo en eficiencia energética		Reducir el consumo de energía necesario para la fabricación de materiales y montaje o especificación en obra de elementos propios del sistema constructivo de la edificación.	Valoración con indicadores por parte del proponente										20	2 créditos			
					Valoración con indicadores por parte del proponente										20	2 créditos			

MATRIZ DE VALORACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA																		
Sistemas	Estrategias / Tecnologías	Descripción	Objetivo	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4	Indicador 5	Indicador 6	Indicador 7	Indicador 8	Indicador 9	Indicador 10	Análisis	Calificación		Recomendaciones	
			Sostenibilidad	Impacto ambiental	Resiliencia	Integración arquitectónica	Flexibilidad	Sinergia	Rendimiento/ Eficacia	Retorno de inversión	Inversión inicial	Durabilidad	Puntaje obtenido en análisis y grado de desempeño en EE		Créditos			
SISTEMA EDIFICIO	INSTALACIONES	Instalaciones de confort térmico: calefacción y refrigeración.	SE20. Calefactor de ambiente a gas.	D Reducir los consumos de energía eléctrica, requirida para calefacción, mediante instalaciones eficientes.	No se consideran aportes adicionales en pro del desarrollo sostenible aparte de su colaboración en EE.	Riesgos ambientales, en su activación y uso domiciliario, mitigables implementando medidas de seguridad.	Seguridad: riesgo de explosión e intoxicación. Suficiencia: cumple. Resistencia: las reservas de gas pueden verse disminuidas.	Impacto negativo mitigable. Requiere de desfogue sobre fachada que debe ser manejado en el diseño de la misma.	Opcional. Puede implementarse o no, dependiendo de las preferencias del usuario. Es conveniente dejar la red prevista para una futura instalación.	Sinergia positiva. Comparte red de instalación con otros aparatos a gas.	En comparación con un calefactor eléctrico presenta un ahorro económico en el consumo energético del 52%	Cuesta más de 5 veces lo que vale un calefactor eléctrico. Requiere mayor inversión en su instalación.	11 años. 22% de la vida útil de la edificación. Fuente: http://reporteactual.com/2010/10/04/ual-es-la-esperanza-de-vida-de-los-aparatos-domesticos .	A	13,5	1 crédito	R	
			SE21.Ventilación natural forzada (Ventilador de techo)	D Reducir los consumos de energía eléctrica, requirida para refrigeración, mediante instalaciones eficientes.	No se consideran aportes adicionales en pro del desarrollo sostenible aparte de su colaboración en EE.	No produce impacto negativo considerable.	Seguridad: cumple. Autonomía: cumple. Resistencia: funciona con fiabilidad cuando no hay suficiente radiación solar. Resistencia: cumple.	La incidencia estética o arquitectónica es mínima. Depende de un buen diseño, puede ir integrado a la lámpara de techo.	Opcional. Puede implementarse o no, dependiendo de las preferencias del usuario. Su instalación permite el montaje simultáneo o alternativo de luminarias.	Sinergia positiva. Puede servir como soporte de la estrategia de ventilación natural.	Con respecto a un sistema de aire acondicionado inverter tiene un ahorro del 85%.	Aproximadamente el 492% anual.	Con respecto a un sistema de aire acondicionado inverter tiene un ahorro de inversión del 85%. Con respecto a un sistema central de Ac el 50%.	10 años. 20% de la vida útil estimada de la edificación.	A	22	3 créditos	R
ENERGÍAS RENOVABLES	GENERACIÓN EN SITIO.	Energías renovables.	SER1. Energía solar fotovoltaica.	D Generar energía renovable en sitio para disminuir las demandas de generación de energía mediante hidroeléctricas o termoeléctricas.	Aspecto económico: brinda la posibilidad de vender excedentes de producción, incorporándolos a la red.	No produce impacto negativo considerable.	Seguridad: cumple. Autonomía: necesita respaldo de la red cuando no hay suficiente radiación solar. Resistencia: cumple.	Impacto mitigable, reduce área de cubierta útil. Manejable con un buen diseño que integre la estrategia a la estética de la edificación.	Indiferente. Este tipo de elementos se pueden localizar en zonas comunes.	Sinergia positiva. Puede proveer energía para cualquier sistema de EE que funcione con electricidad.	Dependiendo del diseño del sistema se puede llegar a suplir hasta el 100% de la demanda de energía de una vivienda.	Indeterminado. Puede ser que la inversión la realice una entidad prestadora de servicios públicos. Aún no es viable económicamente en Colombia la estrategia interconectada.	Implica una inversión extra con respecto a una construcción tradicional, en equipos e instalación.	Durabilidad 25 años. 50% de la vida útil de la edificación.	A	17	2 créditos, cubrimiento de demanda total. 1 crédito, cubrimiento demanda parcial. 1 crédito, cubrimiento demanda total de zonas comunes	R
			SER2. Energía mini eólica	D Generar energía renovable en sitio para disminuir las demandas de generación de energía mediante hidroeléctricas o termoeléctricas.	Aspecto económico: brinda la posibilidad de vender excedentes de producción, incorporándolos a la red.	No produce impacto negativo considerable.	Seguridad: Riesgo para aves. Autonomía: requiere respaldo de red o sistemas fotovoltaicos, depende de la velocidad del viento. Resistencia: cumple.	Impacto mitigable, son aparatos de gran tamaño que requieren de mucha área. Manejable con un buen diseño que integre la estrategia a la estética de la edificación.	Indiferente. Este tipo de elementos se pueden localizar en zonas comunes.	Sinergia positiva. Puede proveer energía para cualquier sistema de EE que funcione con electricidad.	Dependiendo del diseño del sistema se puede llegar a suplir hasta el 100% de la demanda de energía de una vivienda.	Indeterminado. Aún no es viable económicamente en Colombia la estrategia interconectada. La inversión la realizaría el constructor para zonas comunes.	Implica una inversión extra con respecto a una construcción tradicional, en equipos e instalación.	Durabilidad 20 años. 40% de la vida útil de la edificación. http://www.energencol.com/ficheros_pdf/Aerogeneradores_domesticos.PDF	A	16	1 crédito	R
SISTEMA USUARIOS	USUARIO	Instalaciones de consumo responsable y satisfacción del cliente.	SU1.Diseño de iluminación especializado con bombillas led	D Propiciar en el usuario hábitos responsables en el consumo de energía, satisfaciendo sus necesidades y requerimientos de iluminación.	Aspecto social: satisfacción del cliente	No genera impacto negativo.	Seguridad: cumple. Autonomía: cumple. Resistencia: cumple.	La incidencia estética o arquitectónica es mínima. Depende de un buen diseño.	Flexible. Ofrece distintas temperaturas del color (Luz cálida o luz fría), para satisfacer las preferencias de usuario.	No tiene conexión directa con otros sistemas aunque colabore con el confort térmico, no emite calor.	El ahorro en costo por consumo energético con luz led puede ser al menos de un 50% con respecto a una luz fluorescente compacta.	23% anual, con lo cual se lograría un total retorno en 4 años, el 26% de su vida útil, con respecto a bombilla fluorescente compacta.	No se trata de un inversión adicional para el constructor en cuanto a lámparas. En promedio los precios son equivalentes en comparación con las bombillas ahorradoras.	16000 horas. (1000 horas anuales, 3 horas diarias) 16 años 32% del ciclo de vida útil de la edificación.	A	18	2 créditos. Si se implementa cualquiera de las estrategias	R
			SU2.Control de encendido y apagado de iluminación (Interruptores conmutables)	D Reducir los consumos de energía eléctrica, requirida para iluminación artificial, mediante instalaciones eficientes de control.	Aspecto social: satisfacción del cliente, mayor comodidad para el usuario.	No genera impacto negativo.	Seguridad: cumple. Autonomía: cumple. Resistencia: cumple.	La incidencia estética o arquitectónica es mínima. Depende de un buen diseño.	Indiferente.	No tiene conexión directa con otro sistema o estrategia de EE.	Depende de los hábitos de consumo del usuario, no obstante se ahorra el costo del 100% del gasto energético por iluminación innecesaria.	Depende de las costumbres del usuario. Promedio 24% anual, 4 años. 10% de su ciclo de vida.	Debe realizarse una inversión adicional en puntos de salida e interruptores.	40 años. 80% de la vida útil de la edificación.	A	18		R
			SU3.Domótica.	D Propiciar en el usuario hábitos responsables en el consumo de energía, satisfaciendo sus necesidades y requerimientos de control de la vivienda.	Aspecto social: satisfacción del cliente, mayor comodidad para el usuario.	No genera impacto negativo.	Seguridad: cumple. Autonomía: cumple. Resistencia: depende de sistemas electrónicos y de tecnologías de comunicación que pueden fallar eventualmente.	La incidencia estética o arquitectónica es mínima. Depende de un buen diseño.	Existen múltiples opciones para satisfacer las necesidades del usuario. Es conveniente dejar la red prevista para una futura instalación.	Sinergia positiva. Ayuda a controlar otros sistemas o estrategia en EE.	Depende de los hábitos del usuario. Entre un 10% y un 50%. 10% para usuarios con hábitos de consumo responsable.	Indeterminado. Depende de los hábitos del usuario.	Debe realizarse una inversión adicional por los aparatos y las instalaciones.	Indeterminado, depende del sistema.			Grado medio	R

A. Anexo: Fichas descriptivas y de recomendaciones.

ST1 ZONAS VERDES ARBORIZADAS

Descripción

[Matriz](#)

Estrategia que busca reducir las zonas duras con alta reflectancia que generan el efecto de isla calor en los entornos urbanos, mediante zonas verdes y árboles que producen sombra sobre las zonas duras y protección sobre las zonas empedradas, reduciendo su necesidad de consumo de agua.

1.



2.



1. Vegetación en barrio Carlos E Restrepo en Medellín. [1]

2. Árboles incorporados al perfil vial que dan sombra a la calzada. [2]

[1] Carlos E Restrepo, Medellín, Antioquia, Colombia {Fotografía}{En línea}. {15, enero de 2016} disponible en: (<http://www.panoramio.com/user/5533835>). [2]GOOGLE EARTH. Street view6°15'30.67" N 75°34'47.03" O. {Imagen} Septiembre de 2015.

ST1 ZONAS VERDES ARBORIZADAS

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Exceder la exigencia local mínima para zonas verdes recreativas. Por lo menos destinar el 30% de ANU para zonas verdes arborizadas. (Mejor desempeño 50% ANU).

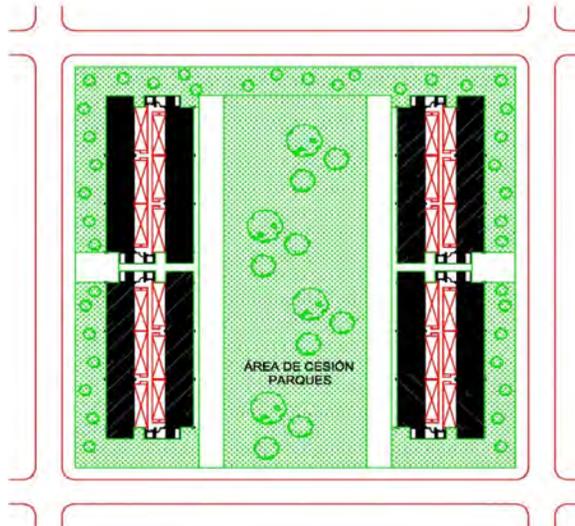
Vincular las áreas de cesión pública para parques dentro del emplazamiento del proyecto arquitectónico.

Implementar especies nativas de árboles y vegetación, así como paisajismo eficiente de bajo consumo de agua (xeriscapía).

Proteger con la sombra de los árboles las zonas sembradas con grama, evitando que pierdan humedad.

Diseñar un plan de riego eficiente, preferiblemente con aguas lluvias.

1.



2.



1. Áreas de cesión incorporadas al emplazamiento de las edificaciones. Imagen: elaboración propia

2. Xeriscapía. Jardín de bajo consumo de agua. [1]

[1] ECOTERRAZAS. Introducción a la xerjardinería [En línea]. {25 enero de 2016} disponible en: (<http://www.ecoterrazas.com/blog/introduccion-a-la-xerjardineria/>).

ST2 USOS COMPLEMENTARIOS A LA VIVIENDA

Descripción.

[Matriz](#)

Se desprende de la estrategia de planificación urbana de generar usos mixtos para la consolidación de una ciudad compacta, con menores desplazamientos. No obstante, pretende respetar las condiciones favorables de la actividad residencial exclusiva, incorporando solo comercio y servicios complementarios a la vivienda y de escala local (artículos y comestibles de primera necesidad, sucursales bancarias, peluquerías, etc).

1.



2.



1 y 2. Edificios con locales comerciales en primer piso y bahías de parqueo para vehículos. Sector Salitre, Bogotá. [1, 2]

[1] GOOGLE EARTH. Street view 4°39'18.10" N 74°06'43.75" O. {Imagen} 2016.

[2] GOOGLE EARTH. Street view 4°39'19.51" N 74°06'44.87" O. {Imagen} 2016.

ST2 USOS COMPLEMENTARIOS A LA VIVIENDA

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Concentrar los locales en niveles inferiores y sobre vías principales, procurando privacidad para la vivienda en pisos superiores.
Establecer usos complementarios a la vivienda de bajo impacto, escala local vecinal.
No proveer cupos de parqueo para comercio y servicios. (Reducir la demanda de parqueos en la normativa urbana local)
Integrar la estética de todos los usos en un mismo lenguaje arquitectónico



Proyecto con locales comerciales en primeros niveles. Villa deportiva femenina en Malmo Suecia, diseñada por Bjarke Ingels Group.[1]

[1] BIG. World village of women sports. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<http://www.big.dk/#projects-wws>).

ST3 RESTITUCIÓN DE TERRENO Y ZONAS VERDES EN PISOS SUPERIORES

Descripción.

[Matriz](#)

Estrategia que busca reducir el consumo energético (combustible para maquinaria y equipos) derivado de las excavaciones y disposición final del material resultante, ocupando en primeros niveles mayor porcentaje del terreno para parqueos y otros usos complementarios, restituyendo, principalmente con zonas verdes, esta área en pisos superiores y cubiertas.

1.



Comercio y servicios

Vivienda multifamiliar

Zonas verdes

Parqueaderos

1. Esquema de ocupación por usos en altura.

Imagen: elaboración propia.

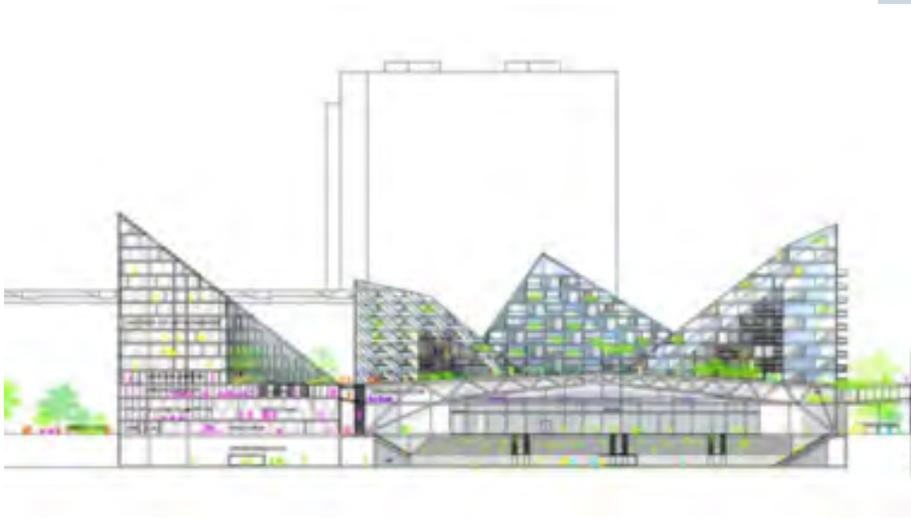
ST3 RESTITUCIÓN DE TERRENO Y ZONAS VERDES EN PISOS SUPERIORES

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Generar máximo tres pisos para usos complementarios.
Procurar espacio comunal público o privado en las áreas libres restituidas.

1.



2.



1. Alta ocupación de terreno en los primeros tres niveles. Villa deportiva en Malmo Suecia. [1]

2. Espacio público en área libre restituida. Villa deportiva en Malmo Suecia. [1]

[1] BIG. World village of women sports. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<http://www.big.dk/#projects-wws>).

ST4 DERECHO AL SOL

Descripción

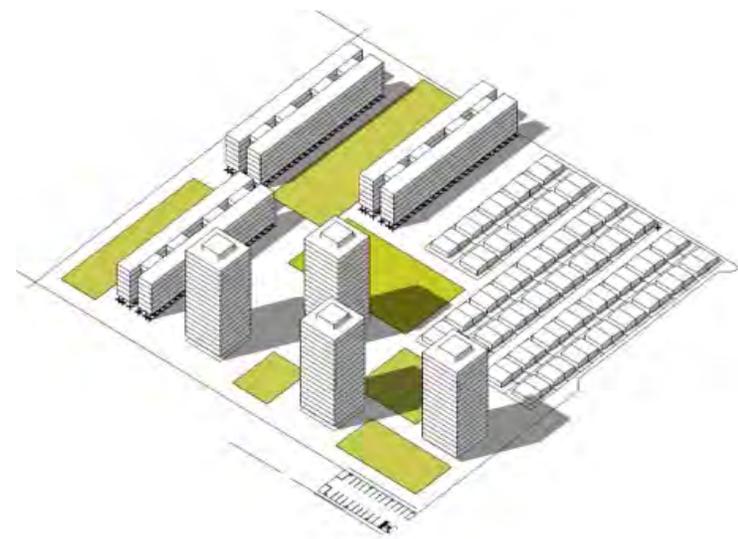
[Matriz](#)

Estrategia que establece un equilibrio entre la altura y el asilamiento entre volúmenes, procurando que las edificaciones no generen sombras unas sobre otras, garantizando no solo la iluminación natural, sino la radiación solar sobre las fachadas para calentar el edificio naturalmente.

1



2



1. Disposición de volúmenes con asoleación. Multifamiliar Juárez, México. [1]

2. Volúmenes con sombras que no interfieren. Propuesta densificación Las Acacias. Guayaquil Arq. Jorge Ordoñez. [2]

[1] ARQUITECTURA EN RED. Volumetría Juárez [En línea]. {15 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.arqred.mx/blog/proyecto/mario-pani/>).

[2] LAREVISTA. Pensando en Guayaquil. Densificación en Las Acacias [En línea]. {15 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.larevista.ec/actualidad/vivienda-y-decoracion/pensando-en-guayaquil>).

ST4 DERECHO AL SOL

Recomendaciones.

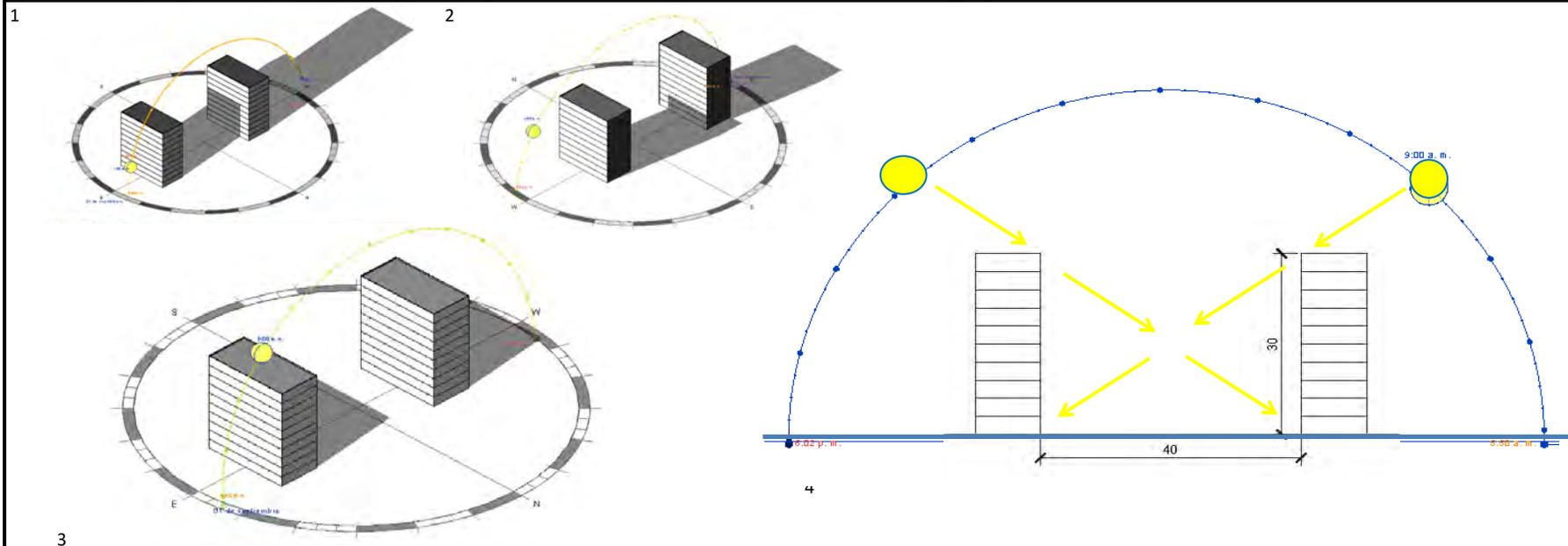
[Matriz](#)

Plantear una ocupación sobre área neta urbanizable entre el 20% y el 28%

Establecer una relación ancho alto para aislamientos entre edificaciones 4mt por cada 3mt en clima frío para adquirir ganancia solar.

Plantear alturas entre 4 y 10 pisos.

Desarrollar como normativa en planes parciales para aumentar la escala de interacción entre agrupaciones residenciales.



Estudio de sombras con trayectoria del sol en Bogotá el 1 de septiembre. Volúmenes de 10 pisos con fachadas principales hacia este y oeste.

1. Estudio de sombras a las 7:00Am. Aislamiento con relación ancho alto de 4 por 3.
2. Estudio de sombras a las 8:00Am. Aislamiento con relación ancho alto de 4 a 3.
3. Estudio de sombras a las 9:00Am. Aislamiento con relación ancho alto de 4 por 3.
4. Aislamiento entre edificaciones relación ancho alto de 4 a 3. Fachadas sin sombra entre las 9:00am y las 3:00pm.

Imágenes: Elaboración propia

ST5 ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Descripción

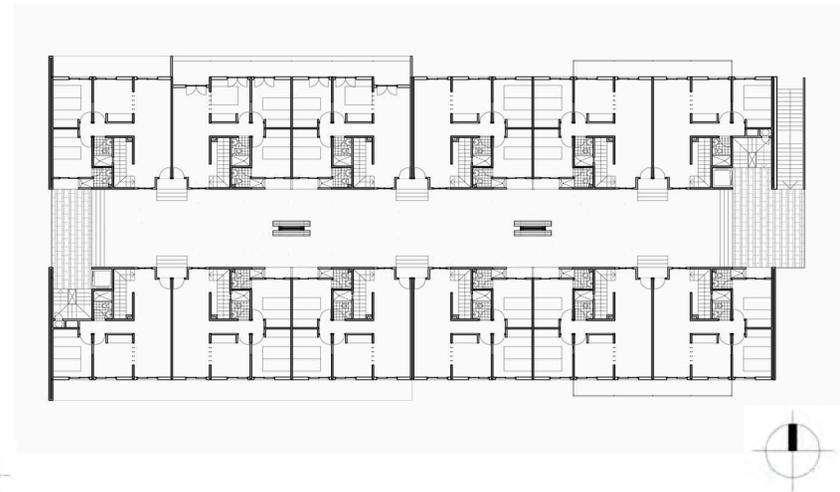
[Matriz](#)

Disposición de las fachadas principales, con aberturas, en el sentido más favorable con respecto a la trayectoria del sol y del viento, dependiendo del clima del sitio. En clima frío se buscará exponer las fachadas mayores y las ventanas hacia el sol, protegiéndose de los vientos predominantes; en clima cálido lo opuesto.

1



2



1 y 2. Volumenes orientados con fachadas principales hacia el norte y el sur, para evitar radiación solar en conjunto residencial Sayab en Cali Colombia. [1]

[1] REVISTA DIGITAL APUNTES DE ARQUITECTURA. 100 proyectos de Arquitectura sostenible – Complejo residencial Sayab en Cali Colombia. {En línea}. {15 marzo de 2015} disponible en: (http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com.co/2014/01/100-proyectos-de-arquitectura_597.html)

ST5 ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

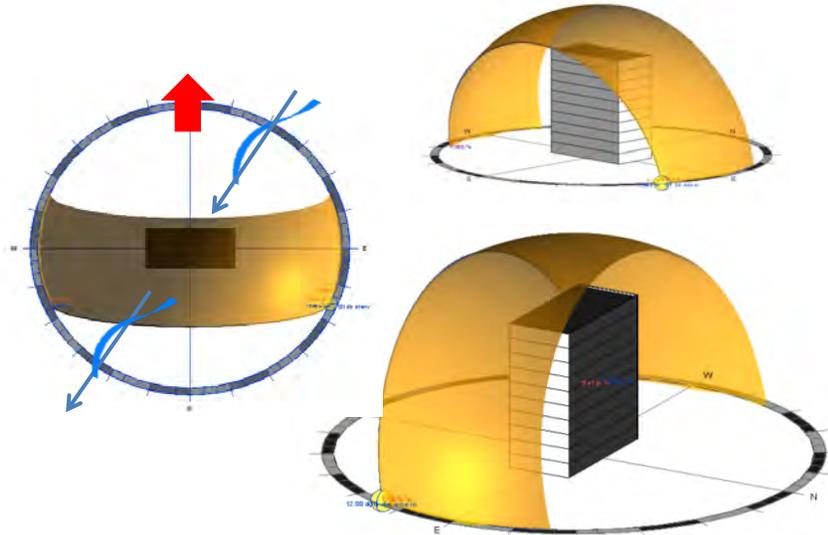
Recomendaciones.

[Matriz](#)

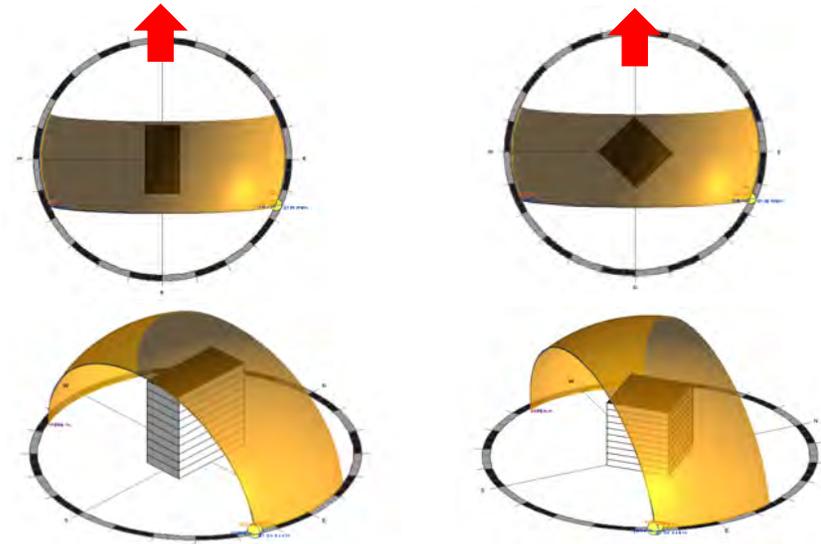
En clima cálido procurar la menor longitud de fachadas expuestas a la radiación solar directa. Considerar también la orientación con respecto a los vientos para favorecer la ventilación natural cruzada.

En clima frío procurar una orientación en la que las fachadas mayores o principales reciban sol.

1.



2.



1. Fachadas longitudinales dispuestas al norte y al sur. Ejemplo con trayectoria anual del sol y vientos predominantes en Barranquilla.

2. Fachadas mayores dispuestas al oriente y al occidente. Ejemplo con trayectoria anual del sol en Bogotá.

Imágenes: elaboración propia.

ST6 CORTASOLES

Descripción.

[Matriz](#)

Dispositivos de control solar y autosombreado. Se dispone de ellos en el mercado en variedad de materiales, acabados y especificaciones. Entre los materiales se cuenta con el aluzinc, la madera natural y los elementos fabricados con fibras de madera con adiciones de polímeros. Estos últimos presentan gran durabilidad y baja conductividad térmica. La oferta de acabados incorpora variedad de colores. También se cuenta con dispositivos móviles y fijos.

1.



2



3



1. Cortasoles fijos en aluzinc. [1]

2. Cortasoles en lamelas de madera de fresno. [2]

3. Cortasoles móviles, elaborados con fibras de madera. [3]

[1] HUNTER DOUGLAS. Cortasol Celoscreen HunterDouglas. {En línea}. {10, enero de 2016} disponible en: (<http://www.hunterdouglas.com.co/ap/co/linea/control-solar/cortasoles-lineales/celoscreen-hunterdouglas>).

[2] HUNTER DOUGLAS. Edificio Transoceánica. {En línea}. {10, enero de 2016} disponible en: (<http://www.hunterdouglas.com.pe/ap/pe/galeria-de-proyectos/control-solar/cortasoles-lineales/celosia-c23e-c40e/edificio-transoceanica>).

[3] ARCHDAILY. Placas Wood Decors para edificaciones Trespa. {En línea}. {10, enero de 2016} disponible en: (<http://www.archdaily.co/catalog/co/products/2603/placas-wood-decors-para-edificaciones-trespa>).

ST6 CORTASOLES

Recomendaciones.

[Matriz](#)

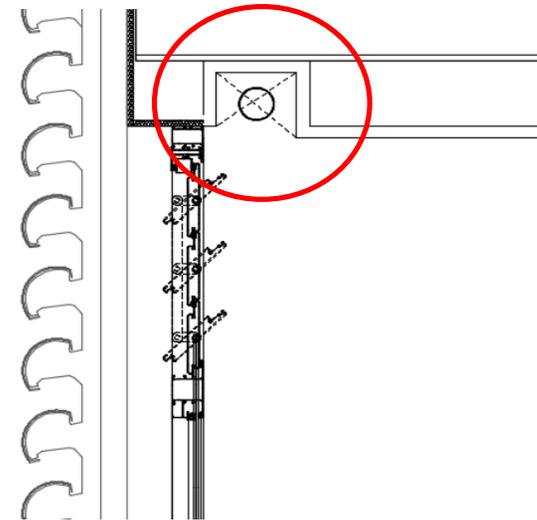
Implementar en proyectos tipo 5 y 6

Especificar en materiales durables y de baja conductividad térmica

Implementar al exterior solo si coinciden requerimientos estéticos de la edificación.

Prever o disponer en todo proyecto elementos (dinteles, nichos) para la instalación interna de persianas o cortinas por parte del usuario.

Instruir al usuario (manual del propietario) para una adecuada selección del material de persianas.



1. Persianas interiores en madera. [1]

2. Nicho para instalación de persianas o cortinas. Imagen: elaboración propia.

[1] HUNTER DOUGLAS. Persiana de madera country woods. . {En línea}. {01 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.hunterdouglas.com.co/cortinas/productos>).

ST7 DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR. BALCONES Y TERRAZAS

Descripción.

[Matriz](#)

Espacios abiertos de uso exclusivo de la unidad de vivienda que pueden servir como elementos de auto- sombreado en la edificación o cómo zonas verdes útiles para la generación de huertas urbanas.

1



2.



1. Balcones que dan sombra sobre fachada. [1]

2. Huerto urbano en terraza. [2]

[1] REVISTA DIGITAL APUNTES DE ARQUITECTURA. 100 proyectos de Arquitectura sostenible – Complejo residencial Sayab en Cali Colombia. {En línea}. {15 marzo de 2015} disponible en: (http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com.co/2014/01/100-proyectos-de-arquitectura_597.html)

[2] JARDÍN PLANTAS. Las ventajas de tener un huerto en casa {En línea}. {10 enero de 2016} disponible en: (<http://jardinplantas.com/las-ventajas-huerto-casa/>).

ST7 BALCONES Y TERRAZAS

Recomendaciones.

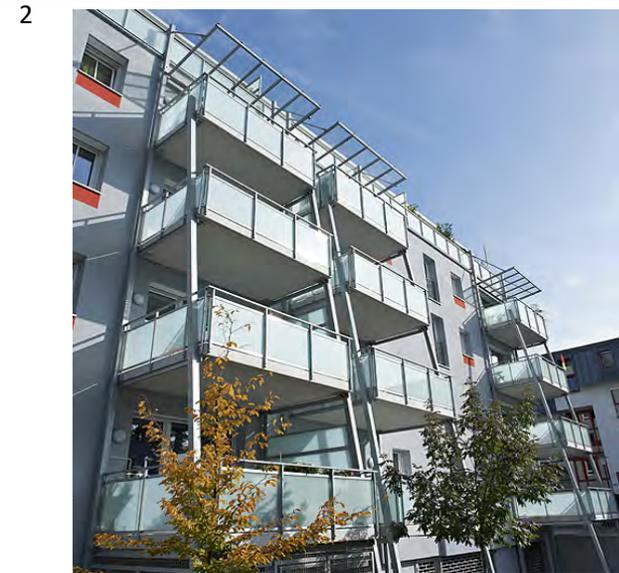
[Matriz](#)

Incorporar balcones y terrazas de uso exclusivo de la vivienda como espacios esenciales de ésta.

Disponer el área suficiente para la implementación de huertas urbanas y área social de la vivienda.

Disponer los balcones o terrazas de manera que entre ellos y/o sus elementos se logre dar un autosombreado a la edificación

Localizar estos elementos en las fachadas que reciben mayor radiación solar.



1. Terraza de vivienda con área social y área para vegetación. [1]

2. Balones dispuestos para dar sombra. [2]

[1] BUILDGREENS. Proyecto Buildgreens - Incluir el verde en terrazas a escala urbana [En línea]. {01 febrero de 2016} disponible en: (http://www.arquimaster.com.ar/especiales/nota_buildgreens.htm).

[2] ELEVE ESCALERAS. Balcones metálicos - foto: bm-04 [En línea]. {01 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.eleveescaleras.com.ar/fotos/balcones-metalicos/balcones-metalicos-04.htm>)

ST8 ILUMINACIÓN NATURAL PARA SERVICIOS Y ESPACIOS COMPLEMENTARIOS

Descripción.

[Matriz](#)

Planteamiento de iluminación natural para áreas complementarias de la vivienda como el estudio o zona de estar y para áreas de servicios como cocina y baños, tradicionalmente ventiladas por ductos no eficientes para iluminación. Las áreas principales de la vivienda como alcobas y sala generalmente y por regulación urbana deben contar con iluminación natural.



Iluminación natural en áreas de servicio (cocinas, baños) y espacios alternativos (estudio), mediante ductos y/o vacíos. Proyectos de vivienda constructora Pedro Gómez en Colombia. [1]

[1] PEDRO GÓMEZ. Butaregua. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<http://www.pedrogomez.com.co/proyectos-en-venta/vivienda/el-refugio/ubicacion/52-proyectos-> y PEDRO GÓMEZ. Bocore. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<http://www.pedrogomez.com.co/proyectos-en-venta/vivienda/bucaramanga/informacion-bucaramanga>).

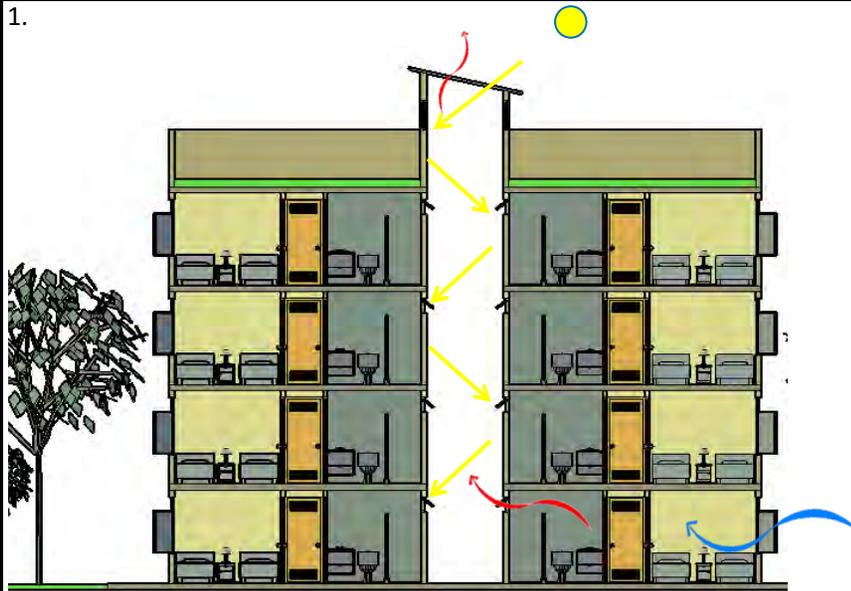
ST8 ILUMINACIÓN NATURAL PARA SERVICIOS Y ESPACIOS COMPLEMENTARIOS

Recomendaciones.

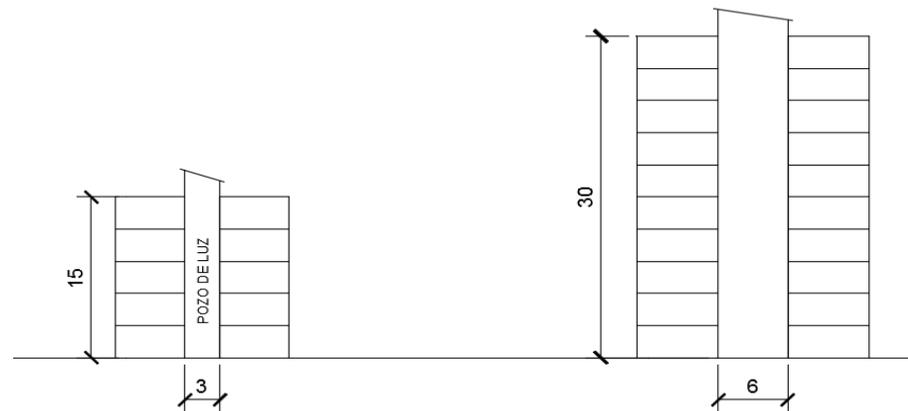
[Matriz](#)

Implementar el ducto de iluminación como estrategia combinada con la ventilación natural.
Dar tratamiento de superficies reflectantes a los muros del pozo de luz con pinturas o espejos.
Disponer las áreas de servicio y estudio hacia el ducto de iluminación.
Establecer un ancho para el ducto de iluminación igual a $1/5$ de la altura de la edificación.

1.



2.



1. Ducto de iluminación y ventilación
2. Relación ancho alto para pozos de luz = $1/5h$

Imágenes: elaboración propia.

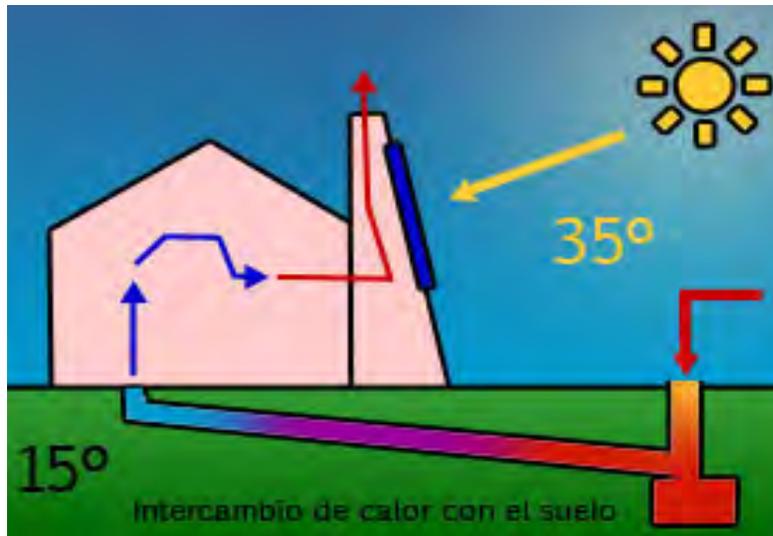
ST9 VENTILACIÓN NATURAL CON CHIMENEA SOLAR

Descripción.

[Matriz](#)

Ventilación natural fundamentada en corrientes de aire generadas por el calentamiento del mismo. El aire caliente al ser menos denso que el aire frío asciende y sale al exterior de la edificación por la cubierta. El calentamiento del aire se da por la acción del sol, cuya energía térmica es captada por un ducto, que incorpora elementos como cristales y muros pintados de negro, entre otras especificaciones capaces de absorber la radiación solar. El aire frío es inyectado por la parte inferior de la edificación.

1



2



1. Chimenea solar con inyección de aire enfriado por geotermia.[1]

2. Chimeneas solares en conjunto residencial Sayab. Cali .[2]

[1] AMBIENTUM. Vivir sostenido {En línea}. {19, enero de 2016} disponible en: (<http://www.ambientum.com/revista/2010/julio/Vivir-sostenido.asp>)

[2] REVISTA DIGITAL APUNTES DE ARQUITECTURA. 100 proyectos de Arquitectura sostenible – Complejo residencial Sayab en Cali Colombia. {En línea}. {15 marzo de 2015} disponible en: (http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com.co/2014/01/100-proyectos-de-arquitectura_597.html)

ST9 VENTILACIÓN NATURAL CON CHIMENEA SOLAR

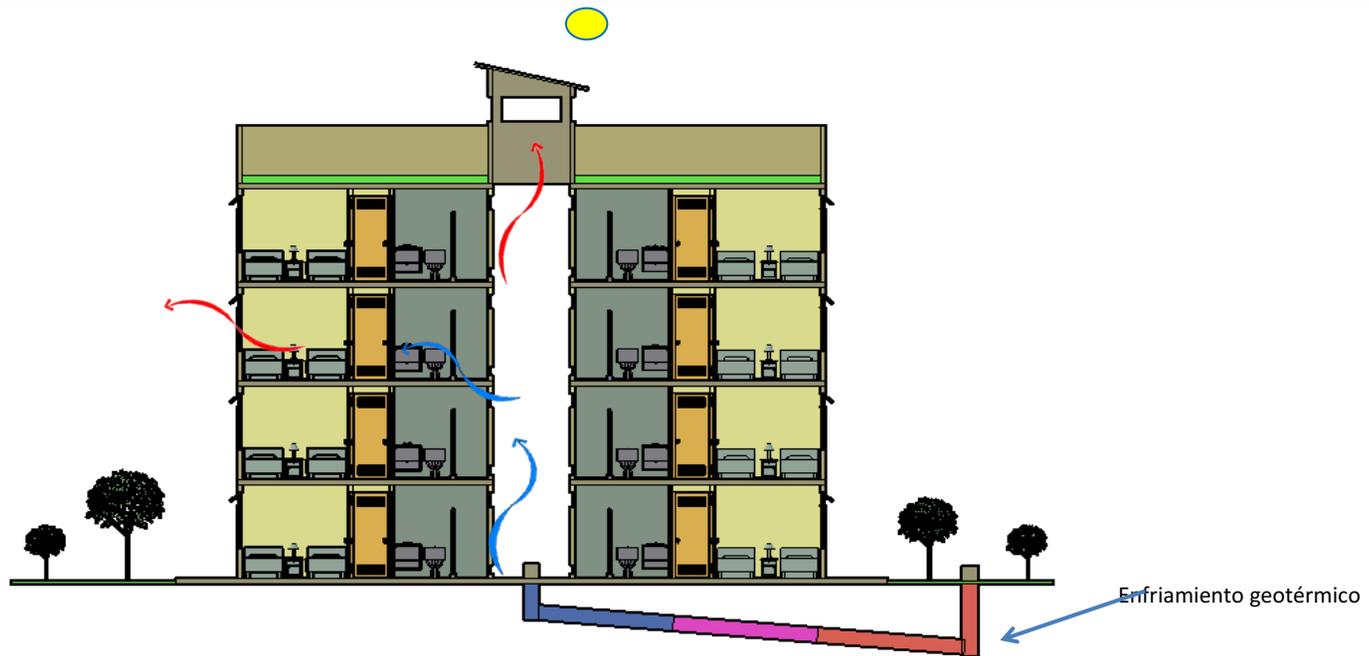
Recomendaciones.

[Matriz](#)

Plantear de manera combinada con la estrategia de iluminación natural para áreas de servicios en la vivienda.

Implementar el enfriamiento geotérmico en caso de no contar con la orientación adecuada con respecto a vientos.

Complementar con las estrategias de zonas verdes y de ventilación forzada mediante ventiladores.



Esquema de inyección de aire frío mediante enfriamiento geotérmico y expulsión de aire caliente por acción de chimenea solar.

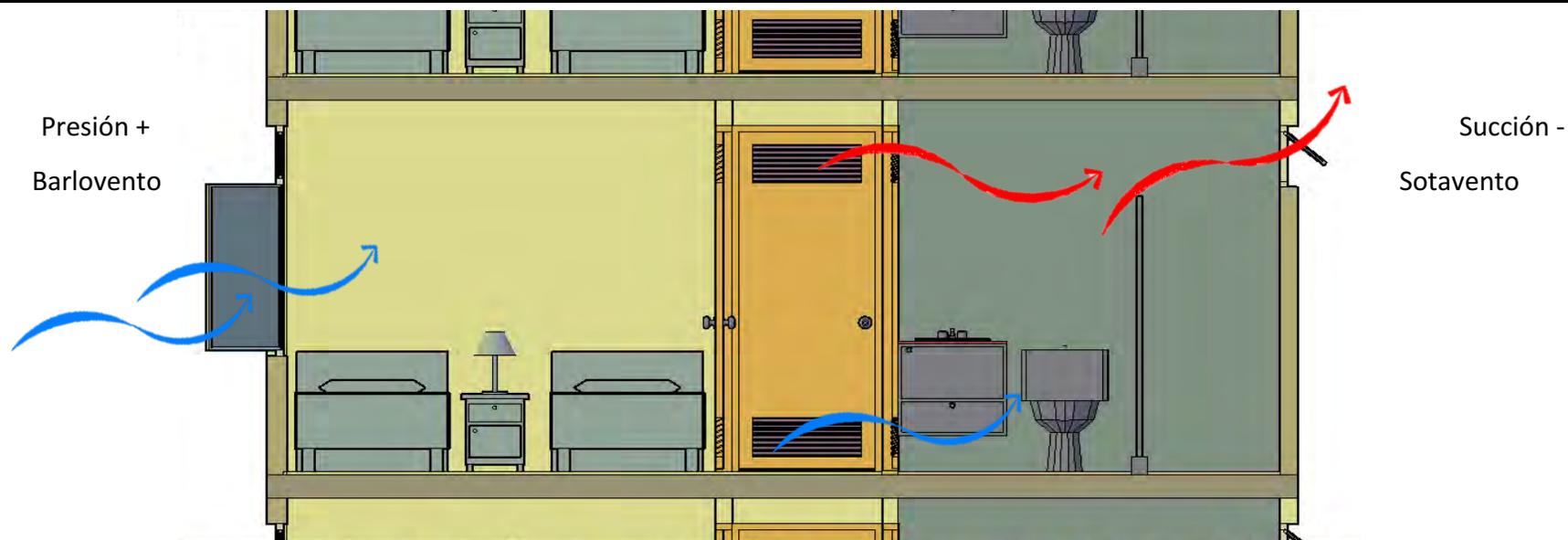
Imagen: elaboración propia

ST10 VENTILACIÓN NATURAL CRUZADA

Descripción.

[Matriz](#)

Estrategia de ventilación pasiva que involucra aberturas en fachadas opuestas que dan a espacios abiertos. Las fachadas de ingreso de aire frío deben estar orientadas a barlovento, es decir, en la dirección de los vientos predominantes. Las aberturas en las fachadas al lado opuesto o sotavento, deben localizarse en la parte alta. Los elementos divisorios como puertas y muros internos deben acondicionarse con elementos como rejillas o similares que permitan los flujos de aire sin obstrucciones.



Ventilación natural cruzada.

Imagen: elaboración propia

ST10 VENTILACIÓN NATURAL CRUZADA

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Implementar en conjunto con la estrategia de iluminación natural para áreas de servicios en la vivienda.

Prever la orientación del edificio conforme con la dirección de los vientos predominantes, sin desfavorecer la orientación con respecto a la trayectoria del sol.

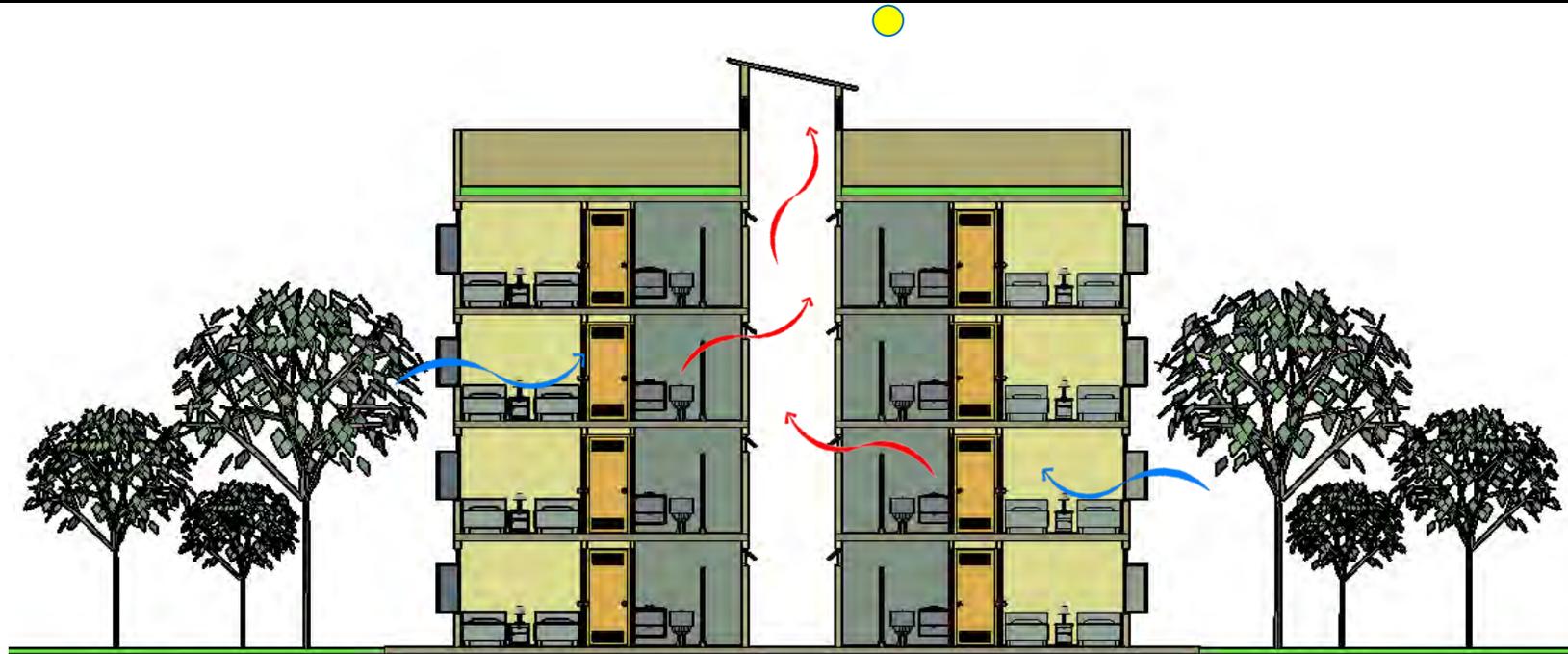
En los centros urbanos los vientos pueden provenir desde variadas direcciones. Así mismo, otros edificios pueden interponerse y alterar o redirigir el flujo de los vientos. Combinar con chimenea solar para garantizar que el aire caliente salga del edificio.

Soportar con la estrategia de zonas verdes arborizadas (mejoramiento de la calidad del aire y del ambiente, control de ruidos y contaminación).

Complementar con la ventilación forzada mediante ventiladores.

Prever rejillas para circulación de aire en puertas interiores de paso

Implementar en clima cálido - húmedo preferiblemente.



Ventilación natural cruzada con vientos predominantes en dos direcciones.

Imagen: elaboración propia

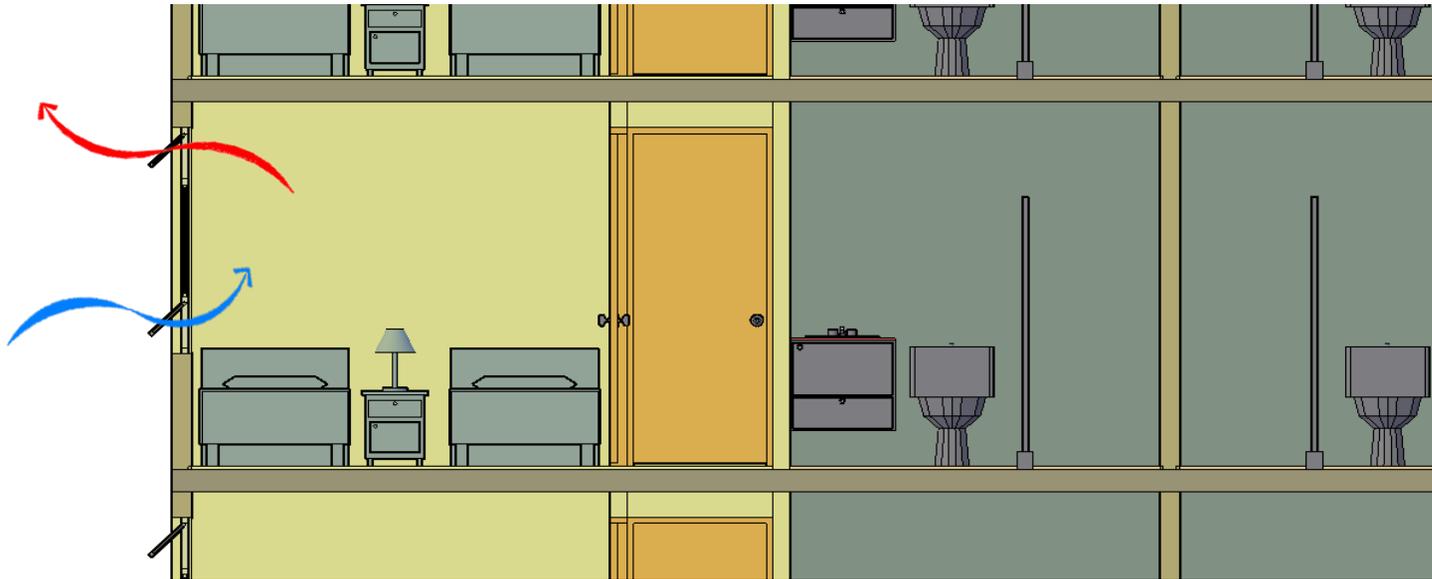
ST11 VENTILACIÓN NATURAL DIRECTA

Descripción.

[Matriz](#)

Estrategia de renovación de aire mediante la simple abertura de ventanas. La expulsión del aire caliente, menos denso que el frío, se da en la parte superior de la ventana.

1



1. Ventilación natural directa.

Imagen: Elaboración propia.

ST11 VENTILACIÓN NATURAL DIRECTA

Recomendaciones.

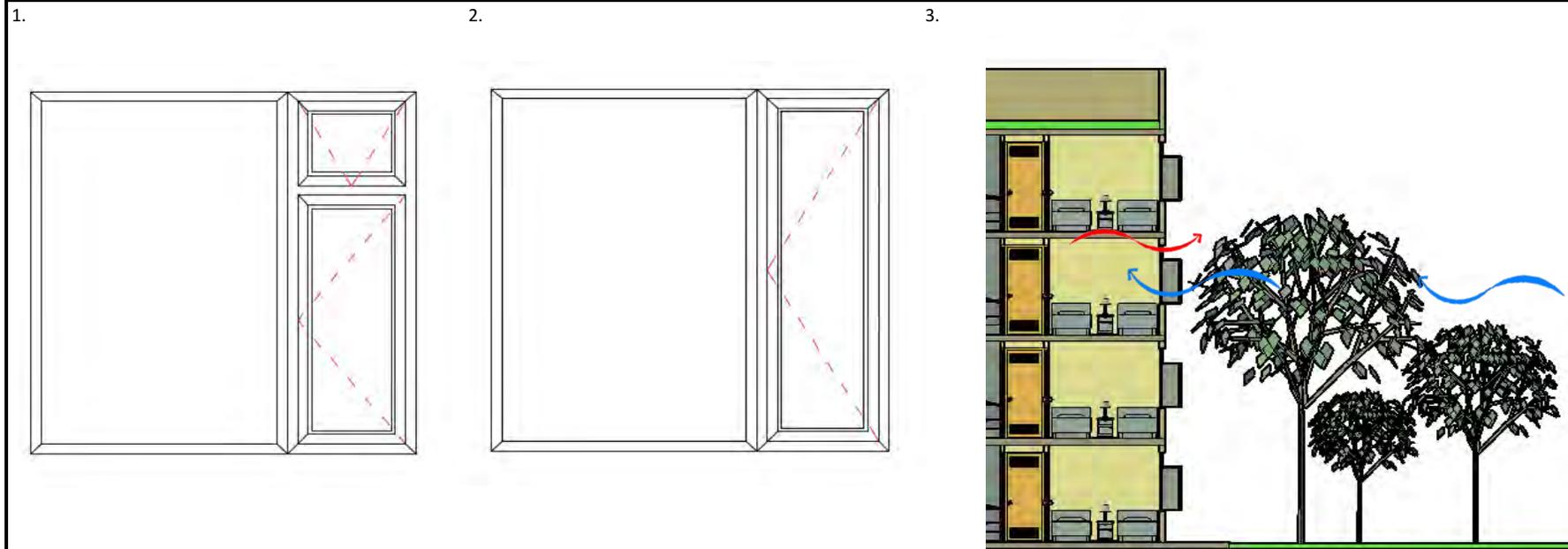
[Matriz](#)

Implementar preferiblemente en localidades con clima frío. Temperatura media 17° C

Incluir en el diseño de la ventana una nave basculante superior y una nave proyectante lateral, o al menos una nave proyectante lateral completa. Este tipo de naves brinda mayor control sobre la cantidad de apertura y flujo de aire con respecto a las naves corredizas.

Controlar los niveles de ruido y contaminación mediante zonas verdes arborizadas

Evitar las corrientes directas de viento mediante la orientación de la edificación o mediante zonas arborizadas.



1. Esquema de ventana con nave basculante superior y nave proyectante lateral

2. Esquema de ventana con nave proyectante lateral completa

3. Vegetación como soporte para reducción de ruido, velocidad de viento y contaminación ambiental.

Imágenes: elaboración propia

SE1 SISTEMA MUROS DE CARGA CON AISLAMIENTO INTERIOR O EXTERIOR EN FIBRA DE VIDRIO

Descripción.

[Matriz](#)

Los muros de carga exteriores, realizados en concreto o en mampostería de arcilla o de concreto, se aíslan térmicamente por el interior o por el exterior con fibra de vidrio, la cual se soporta por perfiles y marcos de aluminio. Finalmente se brinda un acabado con paneles de yeso al interior o de fibrocemento al exterior, fijados a los marcos de aluminio. Con el aislamiento exterior existe menor riesgo de existencia de puentes térmicos.

1



2

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en bloque estructural doble pared con aislamiento interior en fibra de vidrio.

Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m2.K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Bloque estructural doble pared	120	0,43
Aislante en fibra de vidrio 3,5"	89	1,925
Placa de yeso 1/2"	12,5	0,03
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,56
Transmitancia térmica K (W/m2.K)= 1/R		0,39

1. Muro de fachada en bloque estructural. [1]

2. Cuadro cálculo de resistencia y transmitancia térmica de muro ejemplo. Con base en [2]

[1] REVISTA DIGITAL APUNTES DE ARQUITECTURA. Vivienda multifamiliar obra Comfandi en Cali Valle- Betty Plazas Peña (Colombia). {En línea}. {15 marzo de 2015} disponible en: (<http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com.co/2010/07/vivienda-multifamiliar-obra-comfandi-en.html>)

[2] AZQUETA, Pablo. Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción. EPS- Poliestireno expandido. {En línea}. {18 enero de 2016} disponible en: (<http://grupoestisol.com/wp-content/themes/estisol/documentos/ManualPracticoDelEPS-interactivo-ENCRIPADO.pdf>)

SE1 SISTEMA MUROS DE CARGA CON AISLAMIENTO INTERIOR O EXTERIOR EN FIBRA DE VIDRIO

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Implementar en conjunto con otras estrategias de aislamiento térmicos de la envolvente como la cubierta vegetal y el sistema de aislamiento térmico en ventanería

Prever los espesores del muro total en el diseño de espacios.

Determinar localización del aislamiento (exterior -interior), dependiendo de los requerimientos estéticos de la edificación.

Cumplir con el valor R mínimo establecido en NMX-C-460-ONNCCE-2009 para ahorro de energía según el clima o la norma que se establezca a nivel nacional.

1.



2.

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en ladrillo a la vista con aislamiento interior en fibra de vidrio.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m2.K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Ladrillo estructural a la vista	120	0,15
Aislante en fibra de vidrio 3,5"	89	1,925
Placa de yeso 1/2"	12,5	0,03
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,28
Transmitancia térmica K (W/m2.K)= 1/R		0,44

3.

Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCCE-2009	
Clima	Valor R para ahorro de energía
Cálido	1,4
Templado	1,8
Frío	2,1

1. Proyecto VIS con Fachada en ladrillo estructural (el aislamiento térmico se requeriría al interior). Fotografía propia

2. Cuadro cálculo de resistencia y transmitancia térmica de muro ejemplo. Con base en [1]

3. Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCCE-2009. [2]

[1] AZQUETA, Pablo. Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción. EPS- Poliestireno expandido. {En línea}. {18 enero de 2016} disponible en: (<http://grupoestisol.com/wp-content/themes/estisol/documentos/ManualPracticoDeLEPS-interactivo-ENCRIPADO.pdf>)

[2] BUCIO, Franco. Taller para el aislamiento térmico en la vivienda. Tercer módulo. Norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009. {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en: (http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/2010/conavi/lo_nuevo/taller_termico/tercermodulo.pdf).

SE2 SISTEMA MUROS DE CARGA CON AISLAMIENTO INTERIOR O EXTERIOR EN EPS

Descripción.

[Matriz](#)

Los muros de carga exteriores, realizados en concreto o en mampostería de arcilla o concreto, se aíslan por el interior o exterior con paneles de poliestireno expandido EPS. El aislamiento se pega con un mortero o adhesivo al muro. Finalmente se brinda un acabado con paneles de yeso (dry-wall) al interior o placas de fibrocemento al exterior. También se puede dar un acabado con pañete o revoco sobre malla. Con el aislamiento exterior existe menor riesgo de existencia de puentes térmicos.

1



2



1. Muro portante en concreto con aislamiento térmico en EPS . [1]

2. Corte de muro con aislamiento exterior. [2]

[1] ESPUMALIT. Placa espumalit. {En línea}. {25 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.espumalit.com/placa-espumalit->).

[2] SOLUCIONES ESPECIALES. Guía técnica. Rehabilitar y aislar térmicamente el exterior de una fachada. {En línea}. {25 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.solucionesespeciales.net/Index/Noticias/04Noticias/374696-Guia-tecnica-Rehabilitar-y-aislar-termicamente-el-exterior-de-una.aspx>).

SE2 SISTEMA MUROS DE CARGA CON AISLAMIENTO INTERIOR O EXTERIOR EN EPS

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Implementar en conjunto con otras estrategias de aislamiento térmicos de la envolvente como la cubierta vegetal y el sistema de aislamiento térmico en ventanería

Prever los espesores del muro total en el diseño de espacios.

Determinar localización del aislamiento (exterior -interior), dependiendo de los requerimientos estéticos de la edificación.

Cumplir con el valor R mínimo establecido en NMX-C-460-ONNCE-2009 para ahorro de energía según el clima o la norma que se establezca a nivel nacional.

1



Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en concreto con aislamiento exterior en EPS.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Revoque interior	15	0,01
Muro en concreto armado	120	0,07
Aislante en EPS. 20kg m ²	70	2
Revoque exterior	15	0,01
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,26
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,44

3

Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCE-2009	
Clima	Valor R para ahorro de energía
Cálido	1,4
Templado	1,8
Frío	2,1

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en ladrillo a la vista con aislamiento interior en EPS.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Ladrillo estructural a la vista	120	0,15
Aislante en EPS. 15kg m ³	70	2
Placa de yeso 1/2"	12,5	0,03
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,35
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,43

1. . Muros de carga en ladrillo estructural a la vista. Fotografía propia.

2. Cálculo de resistencia y transmitancia térmica de muros de carga para cumplir con el valor R establecido en NMX-C-460-ONNCE-2009 para ahorro de energía en clima frío. Con base en [1]

3. Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCE-2009. [2]

[1] AZQUETA, Pablo. Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción. EPS- Poliestireno expandido. {En línea}. {18 enero de 2016} disponible en: (<http://grupoestisol.com/wp-content/themes/estisol/documentos/ManualPracticoDelEPS-interactivo-ENCRIPADO.pdf>)

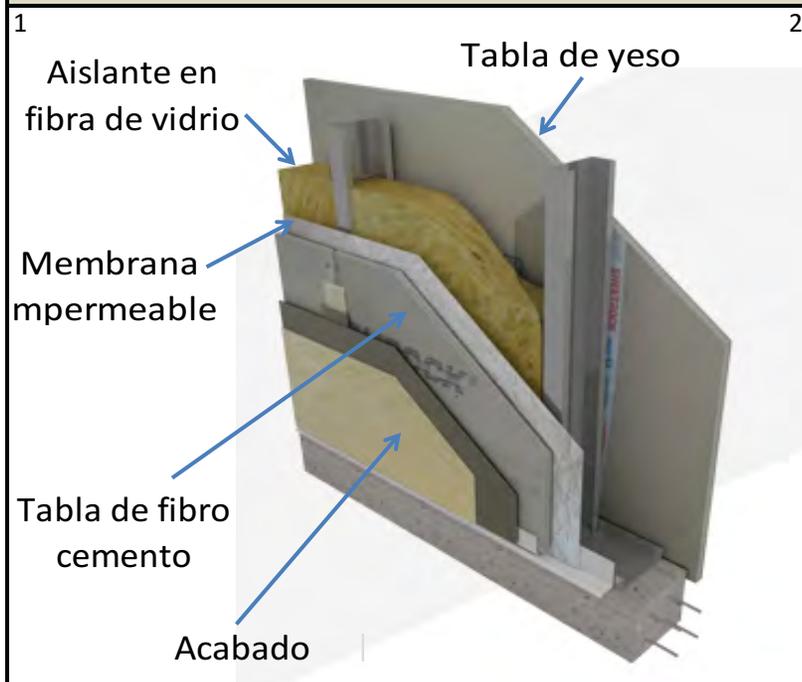
[2] BUCIO, Franco. Taller para el aislamiento térmico en la vivienda. Tercer módulo. Norma mexicana NMX-C-460-ONNCE-2009. {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en: (http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/2010/conavi/lo_nuevo/taller_termico/tercermodulo.pdf).

SE3 SISTEMA STEEL FRAMING CON AISLAMIENTO CENTRAL EN FIBRA DE VIDRIO

Descripción.

[Matriz](#)

Sistema constructivo o de muros soportado por bastidores o marcos conformados por perfiles de aluminio, forrados por tableros de fibrocemento (superboard) o yeso (dry-wall). Al interior se coloca el material aislante, comúnmente en lana de fibra de vidrio. La resistencia térmica R de un muro de 12 cm es de 2.00 m².k/w, 87% más eficiente con respecto a un muro en bloque # 3 o 4 pañetado dos caras (R= 0.25 m².k/w).



Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Sistema steel framing con aislamiento central en fibra de vidrio		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Placa fibrocemento	12,5	0,04
Aislante en fibra de vidrio 2,5"	63	1,4
Placa de yeso	12,5	0,03
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		1,64
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,61

1. Composición muro steel framing con aislamiento en fibra de vidrio. [1]

2. Cuadro cálculo de resistencia y transmitancia térmica de muro ejemplo. Con base en [2]

[1] USG. USG durock® brand next gen E+ exterior system. {En línea}. {25 febrero de 2016} disponible en: (https://www.usg.com/content/usgcom/en_mexico/products-solutions/products/Systems/Sistema_Exterior_Durock_Next_Gen_e.html).

[2] AZQUETA, Pablo. Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción. EPS- Poliestireno expandido. {En línea}. {18 enero de 2016} disponible en: (<http://grupoestisol.com/wp-content/themes/estisol/documentos/ManualPracticoDelEPS-interactivo-ENCRIPADO.pdf>)

SE3 SISTEMA STEEL FRAMING CON AISLAMIENTO CENTRAL EN FIBRA DE VIDRIO

Recomendaciones

[Matriz](#)

Implementar en conjunto con otras estrategias de aislamiento térmicos de la envolvente como la cubierta vegetal y el sistema de aislamiento térmico en ventanería

Implementar si se adapta a los requerimientos estéticos (acabados en pintura, cerámica o textura) y técnicos (sistema estructural que involucre pórticos) de la edificación.

Implementar en clima cálido - húmedo (en clima frío y templado en muros interiores).

Cumplir con el valor R mínimo establecido en NMX-C-460-ONNCCE-2009 para ahorro de energía según el clima o la norma que se establezca a nivel nacional.

1



2

Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCCE-2009

Clima	Valor R para ahorro de energía
Cálido	1,4
Templado	1,8
Frío	2,1

1. Fachada construida en seco con paneles de fibro - cemento (Superboard) [1]

2. Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCCE-2009. [2]

[1] EL TRIBUNO. En poco tiempo, y con casi nada de escombros. {En línea}. {01 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.eltribuno.info/en-poco-tiempo-y-casi-nada-escombros-n478575#fotogaleria-id-1039704>).

[2] BUCIO, Franco. Taller para el aislamiento térmico en la vivienda. Tercer módulo. Norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009. {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en: (http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/2010/conavi/lo_nuevo/taller_termico/tercermodulo.pdf).

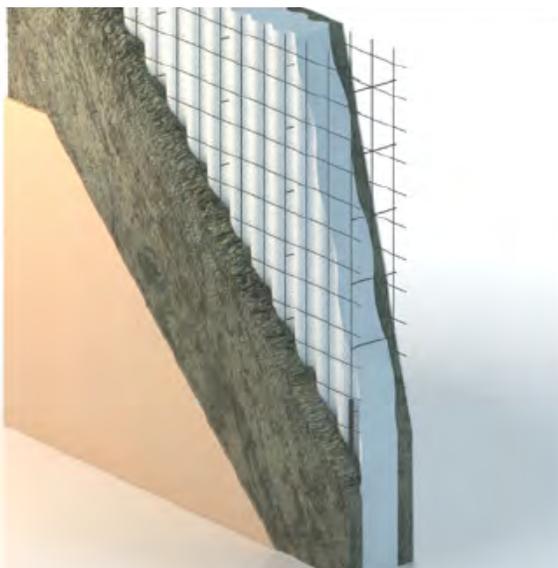
SE4 SISTEMA MURO AISLANTE EN POLIESTIRENO EXPANDIDO EPS

Descripción.

[Matriz](#)

Sistema de muros con capacidad de aislamiento termo acústico. Está integrado por paneles de poliestireno expandido (EPS) y mallas de acero galvanizado adheridas a las láminas de EPS por medio de conectores electro soldados, sobre las que se lanzan de 1 a 2 capas de concreto o mortero. La resistencia térmica R de un muro de aproximadamente 15 cm es de 2.22 m².k/w, 90% más eficiente con respecto a un muro en bloque # 3 o 4 pañetado dos caras (R= 0.25 m².k/w).

1



2

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Sistema aislante EPS

Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Revoque	15	0,01
Capa de concreto o mortero con malla electrosoldada.	30	0,02
Núcleo de poliestireno expandido EPS 15Kg m ³ . 80mm de espesor	80	2,16
Capa de concreto o mortero con malla electrosoldada	30	0,02
Revoque	15	0,01
Resistencia térmica total. R		2,22
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,45

1. Muros aislante termo acústico con EPS. Imagen tomada de Azqueta P, 2014. [1]

2. Cálculo de resistencia y transmitancia térmica de muro aislante en EPS. Con base en [1]

[1] AZQUETA, Pablo. Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción. EPS- Poliestireno expandido. {En línea}. {18 enero de 2016} disponible en: (<http://grupoestisol.com/wp-content/themes/estisol/documentos/ManualPracticoDelEPS-interactivo-ENCRIPADO.pdf>)

SE4 SISTEMA MURO AISLANTE EN POLIESTIRENO EXPANDIDO EPS

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Implementar en conjunto con otras estrategias de aislamiento térmicos de la envolvente como la cubierta vegetal y el sistema de aislamiento térmico en ventanería

Implementar si se adapta a los requerimientos estéticos (acabados en pintura, cerámica o textura) y técnicos (sistema estructural que involucre pórticos) de la edificación.

Cumplir con el valor R mínimo establecido en NMX-C-460-ONNCCE-2009 para ahorro de energía según el clima o la norma que se establezca a nivel nacional.

1



2

Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCCE-2009

Clima	Valor R para ahorro de energía
Cálido	1,4
Templado	1,8
Frío	2,1

1. Muros de fachada en durapanel en edificio con sistema estructural de pórticos. [1]

2. Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCCE-2009. [2]

[1] DURAPANEL. Clínica Comfenalco. {En línea}. {01 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.industrialconconcreto.com/durapanel/proyectos>).

[2] BUCIO, Franco. Taller para el aislamiento térmico en la vivienda. Tercer módulo. Norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009. {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en: (http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/2010/conavi/lo_nuevo/taller_termico/tercermodulo.pdf).

SE5 SISTEMA MAMPOSTERÍA (NO PORTANTE) CON AISLAMIENTO INTERIOR O EXTERIOR EN FIBRA DE VIDRIO

Descripción.

[Matriz](#)

Los muros de fachada tradicionales en mampostería de ladrillo y bloque de arcilla o concreto se aíslan térmicamente por el interior o exterior con fibra de vidrio, la cual se soporta por perfiles y marcos de aluminio. Finalmente se brinda un acabado con paneles de yeso al interior o de fibrocemento al exterior, fijados a los marcos de aluminio. Con el aislamiento exterior existe menor riesgo de existencia de puentes térmicos.

1



2

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en bloque # 3-4 con aislamiento interior en fibra de vidrio.

Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m2.K/W
Revoque impermeable exterior	15	0,01
Bloque # 3 - 4	80	0,23
Aislante en fibra de vidrio 3,5"	89	1,925
Placa de yeso 1/2"	12,5	0,03
Resistencia térmica total. R		2,20
Transmitancia térmica K (W/m2.K)= 1/R		0,46

1. Muro en bloque con aislamiento térmico interior en fibra de vidrio y acabado en panel de yeso. [1]

2. Cuadro cálculo de resistencia y transmitancia térmica de muro ejemplo. Con base en [2]

[1] SOLUCIONES ESPECIALES. Aislamiento a la carta. Determinar la mejor solución para aislar su propiedad. {En línea}. {25 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.solucionesespeciales.net/Index/Noticias/03Noticias/374342-Aislamiento-a-la-carta-Determinar-la-mejor-solucion-para-aislar-su-propiedad.aspx>).

[2] AZQUETA, Pablo. Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción. EPS- Poliestireno expandido. {En línea}. {18 enero de 2016} disponible en: (<http://grupoestisol.com/wp-content/themes/estisol/documentos/ManualPracticoDeEPS-interactivo-ENCRYPTADO.pdf>)

SE5 SISTEMA MAMPOSTERÍA (NO PORTANTE) CON AISLAMIENTO INTERIOR O EXTERIOR EN FIBRA DE VIDRIO

Recomendaciones.

[Matriz](#)

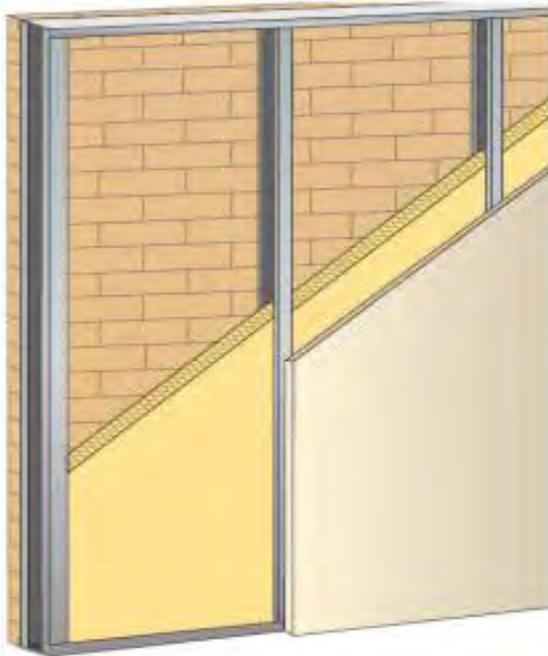
Implementar en conjunto con otras estrategias de aislamiento térmico de la envolvente como la cubierta vegetal y el sistema de ventanería aislante.

Prever los espesores del muro total en el diseño de espacios.

Plantear en casos en que se especifique ladrillo a la vista en la fachada.

Cumplir con el valor R mínimo establecido en NMX-C-460-ONNCCE-2009 para ahorro de energía según el clima o la norma que se establezca a nivel nacional.

1.



2.

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en ladrillo a la vista con aislamiento interior en fibra de vidrio.		
Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Ladrillo a la vista	120	0,15
Aislante en fibra de vidrio 3,5"	89	1,925
Placa de yeso 1/2"	12,5	0,03
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,28
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,44

3.

Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCCE-2009	
Clima	Valor R para ahorro de energía
Cálido	1,4
Templado	1,8
Frío	2,1

1. Muro en ladrillo a la vista con aislamiento interior en fibra de vidrio. [1]

2. Cálculo de resistencia térmica de muro ejemplo para cumplir con el valor R establecido en NMX-C-460-ONNCCE-2009 para ahorro de energía en clima frío.
Con base en [2]

3. Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCCE-2009. [3]

[1]. CERTIFICADOS ENERGÉTICOS MALAGA. Mejoras de aislamiento térmico en fachadas [En línea]. {02 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.certificadosenergeticomalaga.es/mejoras-aislamiento-termico-fachadas/>).

[2] AZQUETA, Pablo. Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción. EPS- Poliestireno expandido. [En línea]. {18 enero de 2016} disponible en: (<http://grupoestisol.com/wp-content/themes/estisol/documentos/ManualPracticoDelEPS-interactivo-ENCRIPADO.pdf>)

[3] BUCIO, Franco. Taller para el aislamiento térmico en la vivienda. Tercer módulo. Norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009. [En línea]. {13 enero de 2016} disponible en: (http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/2010/conavi/lo_nuevo/taller_termico/tercermodulo.pdf).

SE6 SISTEMA MAMPOSTERÍA (NO PORTANTE) CON AISLAMIENTO INTERIOR O EXTERIOR EN EPS

Descripción.

[Matriz](#)

Los muros de fachada tradicionales en mampostería de ladrillo o bloque de arcilla o concreto se aíslan térmicamente por el interior o exterior con paneles de poliestireno expandido EPS. El aislamiento se pega con un mortero o adhesivo al muro. Finalmente se brinda un acabado con paneles de yeso (dry-wall) al interior o placas de fibrocemento al exterior, también se puede dar un acabado en pañete sobre malla. Con el aislamiento exterior existe menor riesgo de existencia de puentes térmicos por los cuales el calor se transmite más fácilmente.

1



2

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en ladrillo a la vista con aislamiento interior en EPS.

Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m ² .K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Ladrillo a la vista	120	0,15
Aislante en EPS. 20kg m ²	70	2
Placa de yeso 1/2"	12,5	0,03
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,35
Transmitancia térmica K (W/m².K)= 1/R		0,43

1. Muro en ladrillo con aislamiento térmico interior en EPS y acabado en panel de yeso. [1]

2. Cálculo de resistencia y transmitancia térmica de muro en ladrillo a la vista con aislamiento en EPS. Con base en [2]

[1]. CERTIFICADOS ENERGÉTICOS MALAGA. Mejoras de aislamiento térmico en fachadas {En línea}. {02 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.certificadosenergeticomalaga.es/mejoras-aislamiento-termico-fachadas/>).

[2] AZQUETA, Pablo. Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción. EPS- Poliestireno expandido. {En línea}. {18 enero de 2016} disponible en: (<http://grupoestisol.com/wp-content/themes/estisol/documentos/ManualPracticoDeIEPS-interactivo-ENCRIPADO.pdf>)

SE6 SISTEMA MAMPOSTERÍA (NO PORTANTE) CON AISLAMIENTO INTERIOR O EXTERIOR EN EPS

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Implementar en conjunto con otras estrategias de aislamiento térmicos de la envolvente como la cubierta vegetal y el sistema de ventanería aislante. Prever los espesores del muro total en el diseño de espacios.

Cumplir con el valor R mínimo establecido en NMX-C-460-ONNCCE-2009 para ahorro de energía según el clima o la norma que se establezca a nivel nacional.

1.



2.

Cálculo de resistencia térmica R y transmitancia térmica K. Muro en bloque # 3-4 con aislamiento exterior en EPS.

Capa del sistema	Espesor	R
	mm	m2.K/W
Resistencia superficial interior		0,13
Revoque interior	15	0,01
Bloque # 3 - 4	80	0,23
Aislante en EPS. 20kg m2	60	1,71
Placa defibrocemento	12,5	0,04
Resistencia superficial exterior		0,04
Resistencia térmica total. R		2,16
Transmitancia térmica K (W/m2.K)= 1/R		0,46

3.

Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCCE-2009	
Clima	Valor R para ahorro de energía
Cálido	1,4
Templado	1,8
Frío	2,1

1 . Muro en bloque de arcilla con aislamiento exterior en EPS.

2. Cálculo de resistencia térmica de muro ejemplo para cumplir con el valor R establecido en NMX-C-460-ONNCCE-2009 para ahorro de energía en clima frío.
Con base en [2]

3. Valores R recomendados en muros para ahorro de energía según NMX-C-460-ONNCCE-2009. [3]

[1]. REVESTIMIENTOS MUXÍA. Aislamiento térmico por el exterior. {En línea}. {01 marzo de 2016} disponible en: (http://www.revestimientosmuxia.com/aislamiento_termico_exterior_SATE.html).

[2] AZQUETA, Pablo. Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción. EPS- Poliestireno expandido. {En línea}. {18 enero de 2016} disponible en: (<http://grupoestisol.com/wp-content/themes/estisol/documentos/ManualPracticoDelEPS-interactivo-ENCRIPADO.pdf>)

[3] BUCIO, Franco. Taller para el aislamiento térmico en la vivienda. Tercer módulo. Norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009. {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en: (http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/2010/conavi/lo_nuevo/taller_termico/tercermodulo.pdf).

SE8 CUBIERTA VEGETAL

Descripción

[Matriz](#)

Cubierta integrada al edificio que soporta, en su totalidad o en un cierto porcentaje, un paisaje con vegetación natural. Para una integración exitosa con la edificación se deben considerar aspectos como la estanqueidad que impide filtraciones y daños por humedad a la estructura de soporte y el drenaje que permite el flujo de agua hacia medios de evacuación como bajantes y sumideros. Otros aspectos como la retención de agua y el sistema de riego deben ser considerados para garantizar la supervivencia de vegetación. Existen dos tipos de cubiertas verdes, las extensivas caracterizadas por implementar vegetación tapizante de bajo mantenimiento y poca altura y las intensivas que soportan vegetación de porte más alto incluso arbustos y árboles. También existen cubiertas verdes semiextensivas que incorporan arbustos pequeños [1].

1



2

Tierra vegetal, es más liviana y contiene más proteínas que la tierra natural

La inclinación lleva el agua a las fuentes drenaje

Lámina Geotextil, evita que las raíces alcancen la estructura del techo

Vegetación

Celda de Drenaje, deja pasar el agua pero no la tierra

Geomembrana, se adhiere a la superficie para impermeabilizarla

Techo

1. Cubiertas verde: extensiva y semi-extensiva. [1]

2. Funcionamiento de un techo verde. [2]

[1] ZINCO. Sistemas para cubiertas verdes. {En línea}. {15 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es/>)

[2] HILDEBRANDT GRUPPE. ¿Cómo funciona un techo verde? {En línea}. {12 enero de 2016} disponible en: (<http://www.hildebrandt.cl/como-funciona-techo-verde/>).

SE8 CUBIERTA VEGETAL

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Implementar vegetación sobre al menos el 50% del área de la cubierta (mejor desempeño sobre el 75%). Destinar el área restante como terraza útil con senderos peatonales y áreas de permanencia

Complementar con la estrategia de zonas verdes arborizadas y aislamiento térmico de muros y ventanas de fachadas.

Tener en consideración las especificaciones y requerimientos técnicos necesarios.

Implementar paisajismo de bajo consumo de agua. Brindar al usuario un manual de mantenimiento del sistema.

1



2



1. Cubierta verde en conjunto residencial Sayab en Cali. [1]

2. Cubierta verde en vivienda social. Proyecto Plaza de La Hoja en Bogotá. [2]

[1] REVISTA DIGITAL APUNTES DE ARQUITECTURA. 100 proyectos de Arquitectura sostenible – Complejo residencial Sayab en Cali Colombia. {En línea}. {15 marzo de 2015} disponible en: (http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com.co/2014/01/100-proyectos-de-arquitectura_597.html)

[2]METROVIVIENDA. Bogotá humana instala las primeras cubiertas verdes en vivienda social. {En línea}. {15 enero de 2016} disponible en: (<http://www.metrovivienda.gov.co/index.php/192-bogota-humana-instala-las-primeras-cubiertas-verdes-en-vivienda-social>).

SE9 MURO VEGETAL

Descripción

[Matriz](#)

Instalaciones con vegetación natural en sentido vertical integradas a una edificación, también conocidos como jardines verticales. Para una integración exitosa con la edificación se deben considerar aspectos como la estanqueidad que impide filtraciones y daños por humedad al muro de soporte y el drenaje que permite el flujo de agua hacia medios de evacuación como bajantes y sumideros. Otros aspectos como la retención de agua y el sistema de riego deben ser considerados para garantizar la supervivencia de la vegetación. Los tipos de jardín vertical más representativos son los hidropónicos y los de sustrato. En los primeros las raíces crecen en un medio inerte (polietileno, poliéster, etc.), en los segundos se cuenta con un medio granular ligero que puede incluir la mezcla de arlita, perlita, entre otros componentes.



1. Detalle jardín vertical monumental torre KPMG en Caracas. [1]

2. Vista jardín vertical monumental torre KPMG en Caracas. [1]

[1] ADRIANA MIRABAL PAISAJISMO. Proyecto jardín vertical monumental torre KPMG. {En línea}. {03 abril de 2016} disponible en: (<http://www.ampaisajismo.com/proyecto-jardin-vertical-monumental-torre-kpmg-400-mt/>).

SE9 MURO VEGETAL

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Considerar la estrategia si es consecuente con la imagen, estética y concepto del proyecto.

En clima cálido implementar sobre fachadas que reciben mayor radiación solar. En clima frío, sobre fachadas con menor radiación solar.

Tener en consideración las especificaciones y requerimientos técnicos necesarios. Elaborar un estudio y diseño de paisajismo.

Brindar al usuario un manual de mantenimiento del sistema.

1



2



1. Muros verdes en proyecto Zorlu Ecocity en Estambul Turquía. [1]

2. Medianera cubierta por muro vegetal. CaixaFórum, Madrid. [2]

[1] ECOLOGICAL CITY NETWORK . {En línea}. {01 marzo de 2016} disponible en: (http://www.cityup.org/ae_ecocity/Cases/Europe/20100119/58863-1.shtml).

[2]HERZOG & DE MEURON. Medianera cubierta por muro vegetal. CaixaFórum, Madrid. Fotografía. {En línea}. {01 marzo de 2016} disponible en: (http://www.tectonica-online.com/productos/1543/vegetal_muro_vegetal_mur/).

SE10 VENTANAS CON AISLAMIENTO TÉRMICO

Descripción

[Matriz](#)

Sistema de ventanería con marcos y perfiles de baja conductividad térmica y con vidrio cámara, el cual consta de dos paneles de vidrio laminado más una cámara de aire al centro. Para los marcos suele usarse PVC, por su baja conductividad térmica. El aluminio es un material conductor que transmite frío o calor al interior por lo que para utilizarse en este tipo de ventanas debe implementarse con un elemento que rompa el puente térmico. El sistema también tiene la propiedad de ser también aislante acústico. Por el tipo de perfiles que se manejan con el sistema en PVC se recomiendan las naves batientes que permiten mayor hermeticidad que las corredizas.

1.



2.



1. Perfiles de ventana aislante en PVC y vidrio cámara. [1]

2. Ventana aislante con naves batientes. [2]

[1] LEHALSA. Ventanas de PVC. {En línea}. {01 abril de 2016} disponible en: (<http://www.lehalsaventanas.com/productos/ventanas-pvc.html>).

[2] VEDECO. Ventanas y puertas. {En línea}. {01 abril de 2016} disponible en: (<http://vedeco.com.co/ventanasypuertas.php?source=>).

SE10 VENTANAS CON AISLAMIENTO TÉRMICO

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Seguir las recomendaciones establecidas en anexo 1 de la Resolución 0549 de 2015

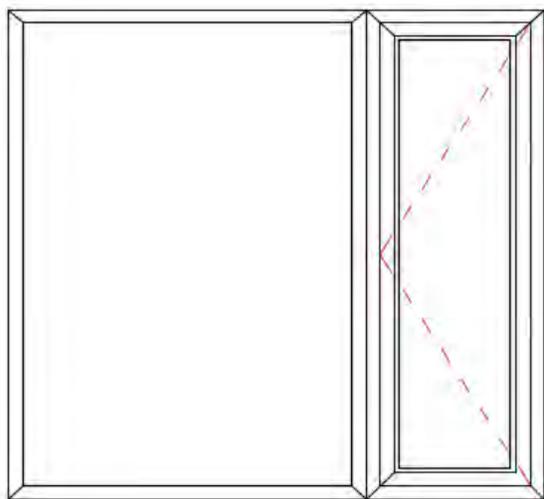
Implementar con vidrio cámara al menos en alcobas.

Minimizar las aberturas para garantizar la hermeticidad del sistema. Cuantos más perfiles se empleen mayor será el costo de la ventana. Implementar naves proyectantes.

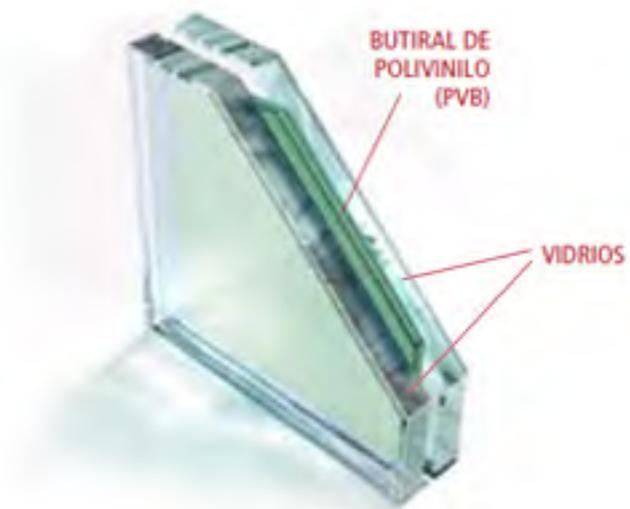
Donde no se use vidrio cámara especificar vidrio laminado a cambio de vidrio templado. El precio por m² puede ser el mismo, pero el vidrio laminado tiene la ventaja de contar con dos cristales unidos por una lámina de PVB, con control solar, lo que lo hace más eficiente en cuanto a aislamiento térmico que el templado que se compone de un solo cristal.

Implementar marcos y perfiles en PVC, o perfiles en aluminio con rotura de puente térmico.

1.



2.



1. Ventana con nave proyectante. Apertura mínima necesaria. Imagen: elaboración propia.

2. Vidrio de seguridad laminado. Dos cristales unidos por una lámina de PVB. [1]

[1] ASTIGLAS. Productos vidrios de seguridad. Lamissol. {En línea}. {09 abril de 2016} disponible en: (http://www.astiglass.com/v_seguridad.php).

SE12 COCINA DE INDUCCIÓN, ELÉCTRICA

Descripción.

[Matriz](#)

Cocina vitrocerámica que funciona mediante un campo magnético alternante que al hacer contacto con un material ferro-magnético genera calor, presentándose menos pérdidas de energía que con un sistema de radiación por resistencias. Requiere que los recipientes u ollas para la cocción sean en material ferro-magnético. Es un dispositivo seguro al no generar llama y solo calentar el recipiente.

1



2



1. Cocina de inducción eléctrica. [1]

2. Transmisión exclusiva de calor al recipiente ferro magnético.[2]

[1] EROSKY CONSUMER. Compensan las de inducción. Placas vitrocerámicas y de inducción. {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en: (<http://revista.consumer.es/web/es/20070301/pdf/analisis-2.pdf>).

[2] Transmisión exclusiva de calor al recipiente ferro magnético. Imagen recuperada de <http://www.techandhouse.com/fpcs3085lf.html>

SE12 COCINA DE INDUCCIÓN, ELÉCTRICA

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Plantear como opcional por requerimiento del usuario quien deberá asumir el costo adicional de la instalación y del aparato.

Prever su carga dentro del cuadro de cargas y dentro del sistema de medición del consumo por unidad de vivienda debido a que se trata de un electrodoméstico de conexión bifásica.

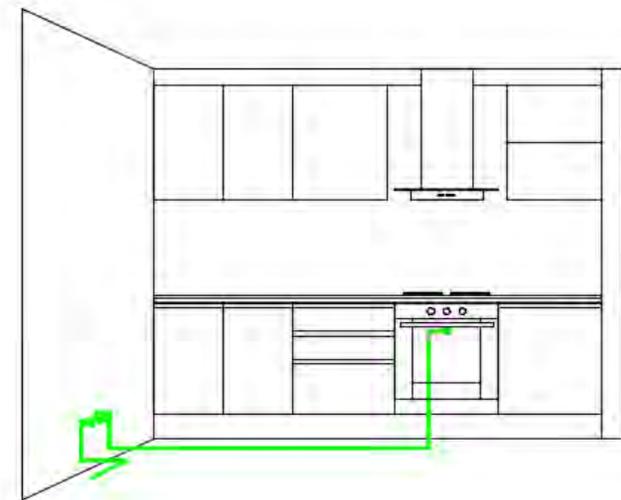
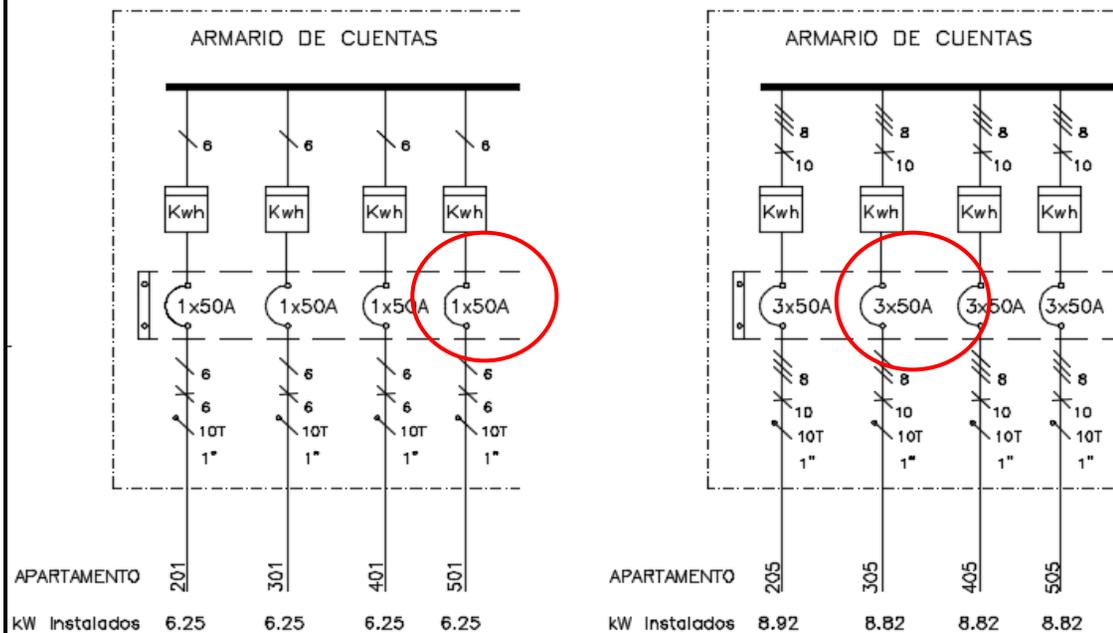
Determinar el tipo de medida general para el edificio o agrupación, (monofásica, bifásica o trifásica) y prever si se requiere disponer de medidores especiales para algunas viviendas con requerimiento de cocina de inducción.

Proveer adicionalmente el punto a gas para la cocina en caso de que existan otros gasodomésticos e instalaciones de gas dentro de la vivienda, para uso futuro o por cambio de opinión del usuario.

1

2

3



1. Diagrama unifilar eléctrico para unidades de vivienda con contadores monofásicos.

2. Diagrama unifilar eléctrico para unidades de vivienda con contador trifásico.

3. Provisión de punto de gas para estufa con correspondiente registro .

Imágenes: elaboración propia

SE13 COCINA A GAS

Descripción.

[Matriz](#)

Cocina que funciona mediante la combustión de gas natural (o gas butano). Su encendido es electrónico, aunque en ausencia de electricidad puede encenderse por otros medios como cerillos o encendedor. Emite llama o flama por lo que se le puede considerar insegura. Se presenta en variedad de materiales (acero inoxidable y cristal) y número de quemadores (4 o 5). Otra variedad es la cocina mixta que incorpora una resistencia eléctrica a cambio de uno de los quemadores a gas.

1



3



2



1. Cocina a gas en acero inoxidable. [1]

2. Cocina a gas en cristal. [1]

3. Cocina mixta con tres quemadores a gas y una resistencia eléctrica. [1]

[1] HACEB. Cubiertas. {En línea}. {10 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.haceb.com/Productos/rvdsfcetid/cubiertas-16/rvdsfpvn/2>) y (<http://www.haceb.com/Productos/rvdsfcetid/cubiertas-16/rvdsfpvn/3>).

SE13 COCINA A GAS

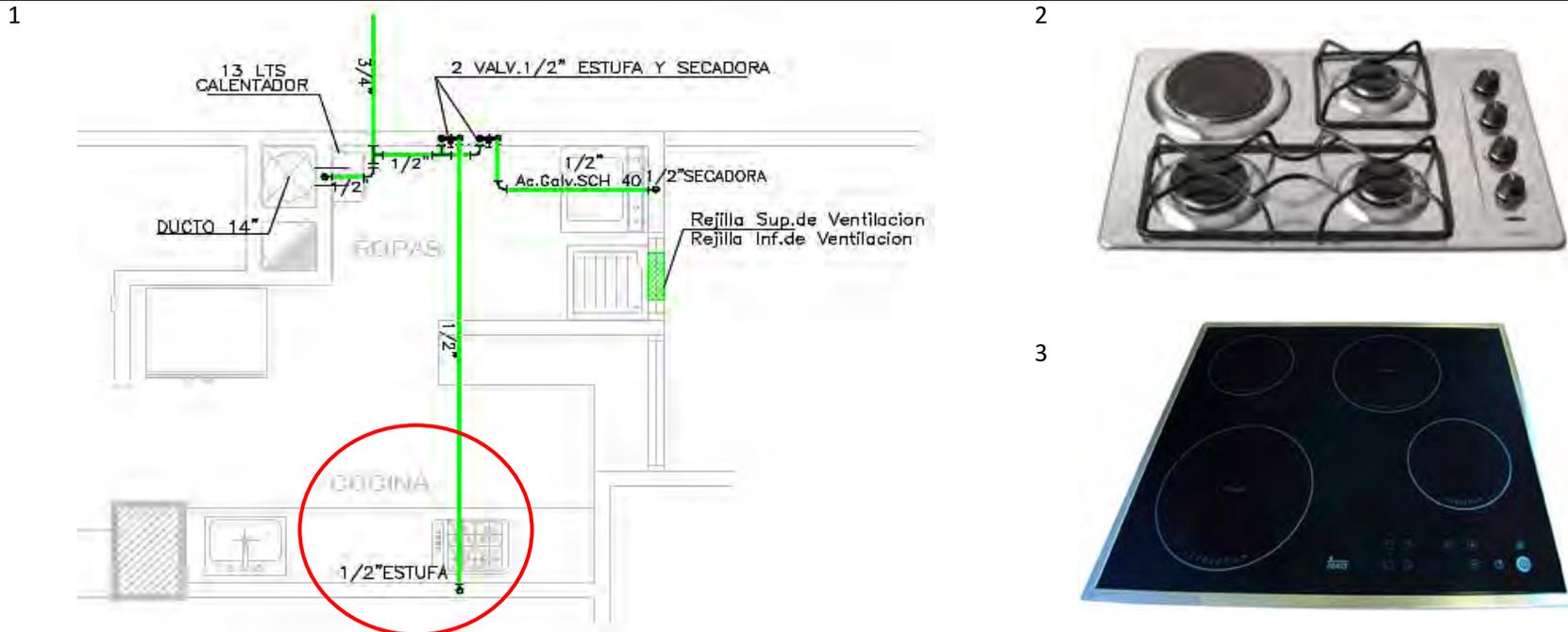
Recomendaciones.

[Matriz](#)

Considerar como primera opción en solución para cocción de alimentos en la vivienda.

Implementar en conjunto con otros gasodomésticos para optimizar el uso e inversión en la red de instalaciones de gas.

Prever otras opciones de preferencia del usuario para mantener la satisfacción del cliente (estufa mixta, estufa eléctrica de inducción).



1. Instalación de gas para varios aparatos doméstico incluida cocina a gas. Imagen: elaboración propia.

2. Opción secundaria para el usuario, cocina mixta a gas con resistencia eléctrica. [1]

3. Opción secundaria para el usuario, cocina eléctrica de inducción. [2]

[1] HACEB. Cubiertas. {En línea}. {10 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.haceb.com/Productos/rvdsfcatid/cubiertas-16/rvdsfpvn/2>)

[2] EROSKY CONSUMER. Compensan las de inducción. Placas vitrocerámicas y de inducción. {En línea}. {13 enero de 2016} disponible en: (<http://revista.consumer.es/web/es/20070301/pdf/analisis-2.pdf>)

SE14 HORNO A GAS

Descripción.

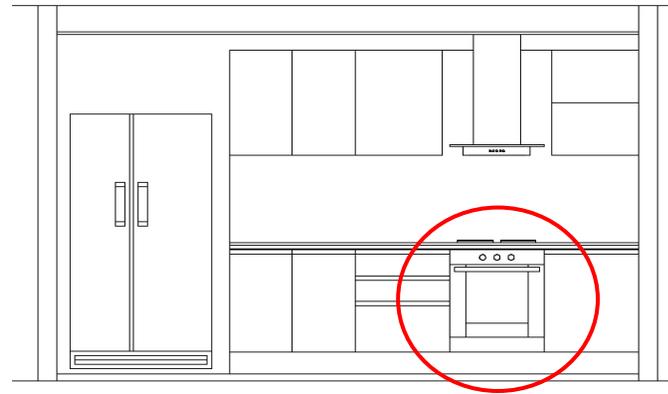
[Matriz](#)

Estrategia que complementa la implementación de la estufa a gas. En su apariencia, medidas y costo el horno a gas de empotrar es similar al horno eléctrico de empotrar, por lo que su incidencia arquitectónica y económica es la misma. Puede estar incorporado en conjunto con la estufa a gas en un solo aparato.

1



2



3



1. Horno de empotrar a gas Haceb. [1]

2. Horno de empotrar en cocina con estufa tipo cubierta. Imagen: elaboración propia

3. Estufa a gas con horno a gas integrado. [2]

[1] HOMECENTER. Hornos de empotrar". {En línea}. {21 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat10382/Hornos-de-Empotrar>).

[2] SHUTTERSTOCK. Imágenes. {En línea}. {25 junio, 2016} disponible en: (<http://www.shutterstock.com/es/>).

SE14 HORNO A GAS

Recomendaciones.

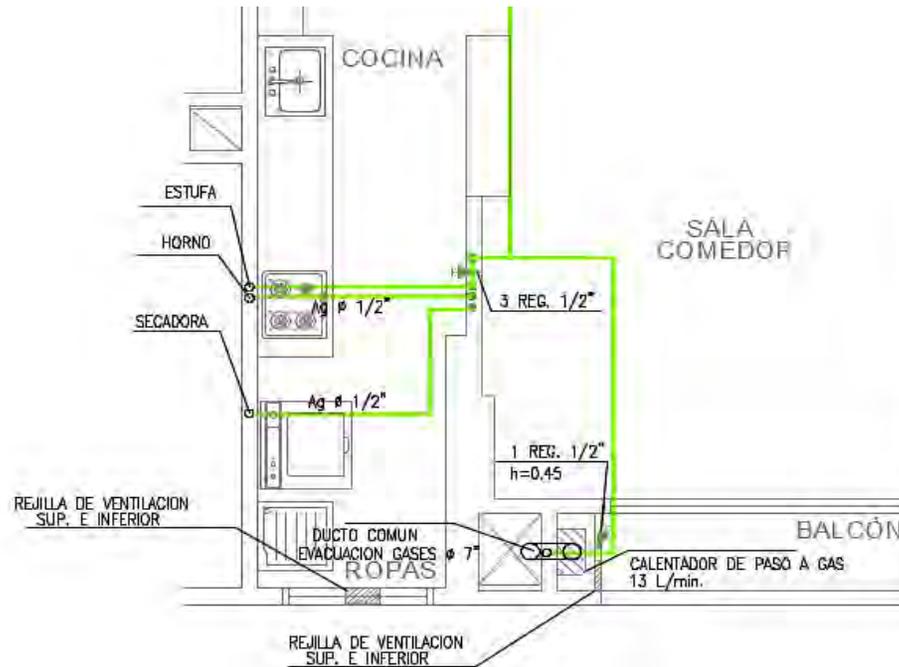
[Matriz](#)

Considerar como primera opción en cuanto a horno en la vivienda.

Implementar en conjunto con otros gasodomésticos para optimizar el uso e inversión en la red e instalaciones de gas.

Prever otras opciones de preferencia del usuario para mantener la satisfacción del cliente (horno eléctrico).

1



2



1. red de instalación de gas en vivienda con todos sus aparatos domésticos básicos a gas. Imagen: elebaración propia.

2. Solución cocina y horno a gas integrados. [1]

[1] SHUTTERSTOCK. Imágenes. {En línea}. {25 junio, 2016} disponible en: (<http://www.shutterstock.com/es/>).

SE15 SECADORA A GAS

Descripción.

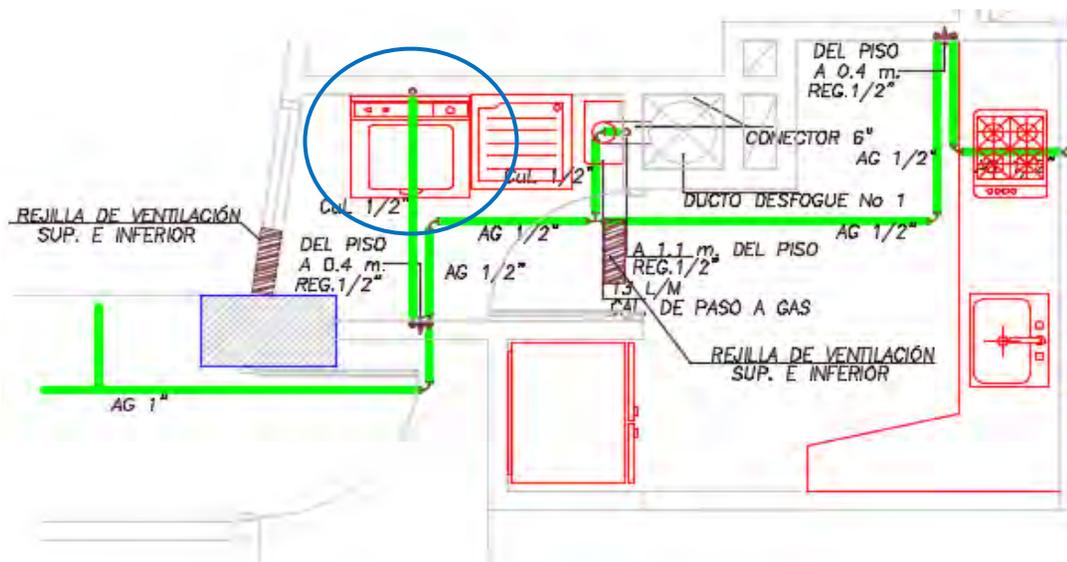
[Matriz](#)

Estrategia que busca dotar a la vivienda de las instalaciones necesarias para tener un centro de lavado comprendido generalmente por una torre de lavadora con unidad secadora a gas. Las instalaciones deben contar con el punto eléctrico para la lavadora y el punto de conexión a gas para la secadora, aprovechando la red de gas para otros aparatos domésticos.

1



2



1. Torre de lavado con secadora a gas. [1]

2. Punto de conexión gas para secadora con red de otros gasodomésticos en la vivienda. Imagen: elaboración propia

[1] TIENDA MABE. Centro de Lavado con secadora a gas de 17Kg Blanco Mabe MCL1740GSBB0. {En línea}. {10 mayo de 2016} disponible en: (<http://www.tiendamabe.com.co/centro-lavado-secadora-gas-17kg-blanco-mabe/p>).

SE15 SECADORA A GAS

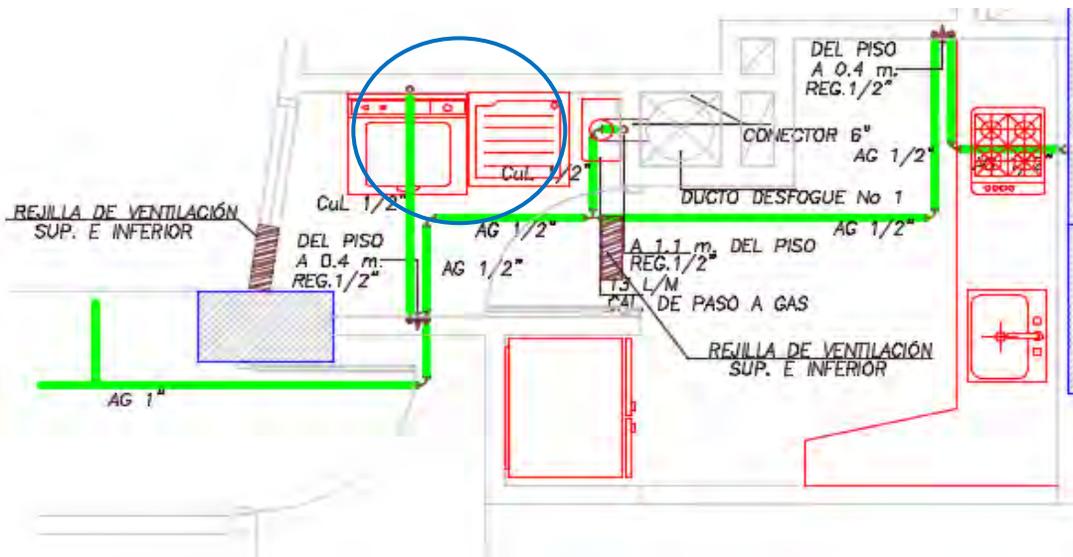
Recomendaciones.

[Matriz](#)

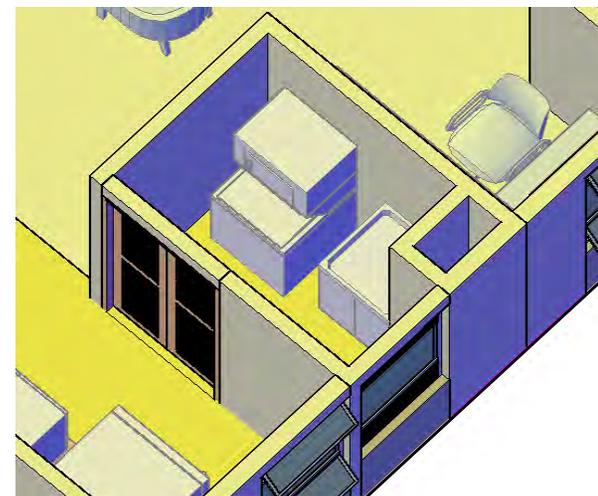
Implementar si existen instalaciones de gas para otros aparatos domésticos dentro de la vivienda.

Proveer el espacio adecuado para el centro de lavado con las instalaciones y ventilaciones necesarias, separado del resto de la vivienda para evitar pérdidas de calor.

1



2



1. Punto para secadora a gas y red a gas en unidad de vivienda.

2. Espacio en vivienda para centro de lavado.

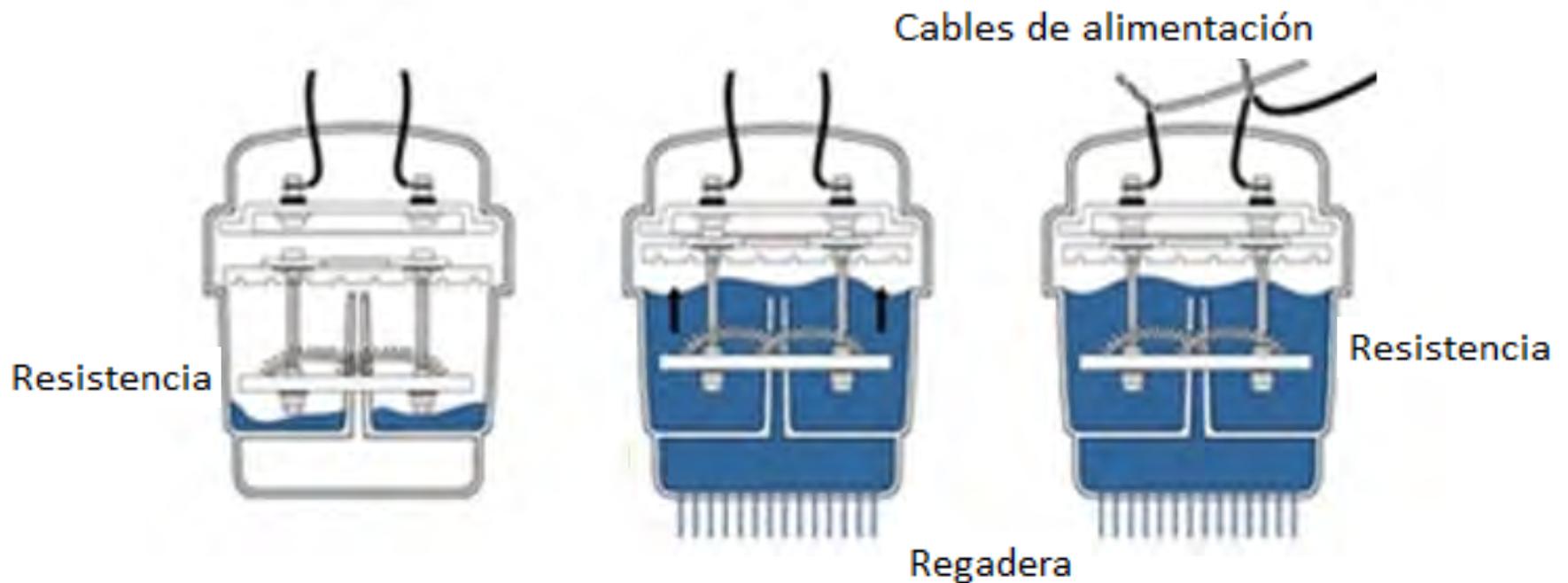
Imágenes: Elaboração propia.

SE16 DUCHA ELÉCTRICA

Descripción.

[Matriz](#)

Dispositivo para calentamiento de agua instantáneo o de flujo mediante una resistencia eléctrica. No requiere red de tubería de agua caliente. Existen duchas multitemperaturas que se adecuan a la necesidad de confort del usuario y que también pueden servir como respaldo a sistemas centralizados para calentamiento de agua.



1. Componentes y funcionamiento de ducha eléctrica. [1]

[1] INTERELECTRICAS. Manual de instalación. {En línea}. {03 abril de 2016} disponible en: (<http://www.interelectricas.com.co/pdf/duchas%20bocherini.pdf>)

SE16 DUCHA ELÉCTRICA

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Especificar en climas frío y templado para vivienda tipo 3

En clima frío instalar adicionalmente las redes para agua caliente y proveer punto de gas para calentador de paso en caso de que el usuario lo requiera.

Implementar duchas multitemperaturas como respaldo para el calentador solar o sistemas centralizados de calefacción de agua



Ducha eléctrica multitemperaturas, compatible con calentador solar. [1]

[1] LORENZETTI. Duchas eléctricas. Advanced turbo multitemperaturas {En línea}. {16 enero de 2016} disponible en: (http://www.lorenzetti.com.br/es/Detalhes_Produto.aspx?id=855).

SE17 CALENTADOR DE PASO A GAS

Descripción.

[Matriz](#)

Soluciones individuales de calentamiento de agua instantáneo o de flujo. Existen en el mercado dos tipos de acuerdo al desfogue de humos de combustión , el calentador de tiro forzado y el de tiro natural .El primero posee un ventilador que extrae los humos directamente hacia el exterior por lo que debe quedar ubicado sobre una fachada. El segundo, requiere de un ducto por el que se extraen los humos hacia la parte superior de la edificación por tiro natural. Se puede extraer el humo de calentadores de distintas unidades de vivienda por el mismo ducto.

1



2



3



4



1. Calentador de tiro forzado. [1]

2. Calentadores de tiro forzado sobre fachada. Fotografía propia.

3. Calentador de tiro natural. [1]

4. Calentador de tiro natural con ducto de desfogue al interior de vivienda. Fotografía propia

[1] HACEB. Calentadores. {En línea}. {01 abril de 2016} disponible en: (<http://www.haceb.com/Productos/rvdsfcetid/calentadores-6/rvdsfpvn/1?rvdsfpfr=%26284%3d406%7c>).

SE17 CALENTADOR DE PASO A GAS

Recomendaciones.

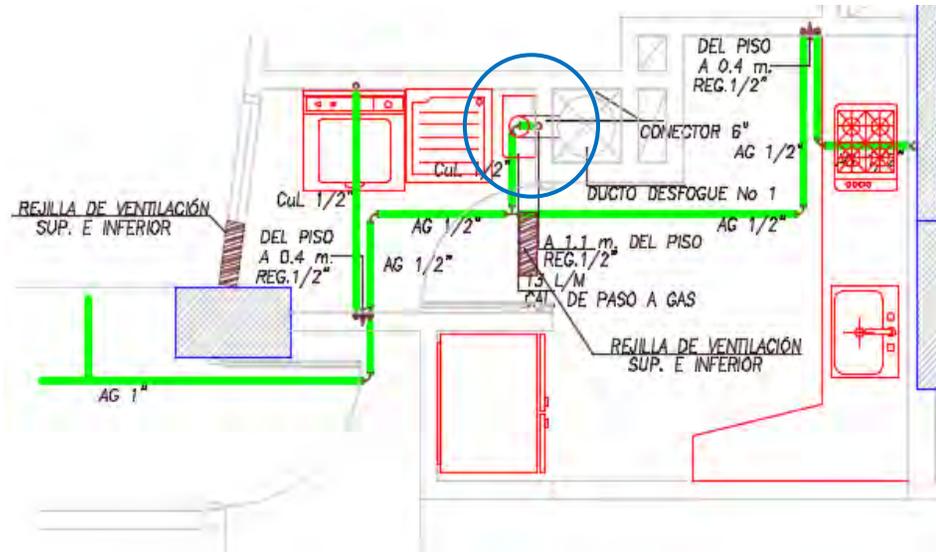
[Matriz](#)

Especificar como solución 1 para ACS

Minimizar el impacto visual del aparato y su ducto de desfogue. Localizar el calentador en un área de servicios independiente visual y espacialmente (ropas). Prever en este espacio aislado las ventilaciones necesarias (superior e inferior) para evitar pérdidas de calor en el resto de la unidad de vivienda.

Incorporar y entregar el aparato en proyectos de vivienda tipo 4 en adelante. En proyectos de vivienda tipo 3, dónde no se entregue el aparato dejar la red y punto instalados.

1.



2.



1. y 2. Calentador de paso a gas de tiro natural localizado en espacio independiente, con las ventilaciones necesarias.

Imágenes: propias

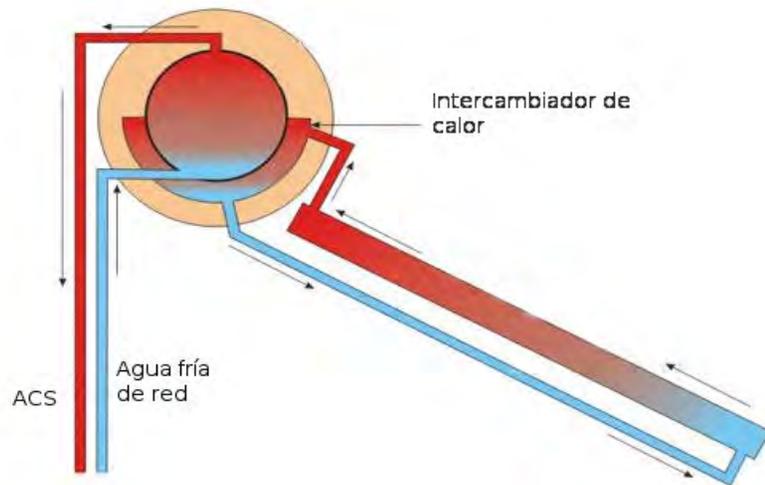
SE18 CALENTADOR SOLAR COMPACTO POR TERMOSIFÓN

Descripción.

[Matriz](#)

El sistema consta de dos partes, los colectores (tubos por donde circula el agua) y el tanque de almacenamiento. El agua fría desciende a la parte inferior de los colectores donde se calienta gracias a la energía solar térmica; el agua caliente, menos densa asciende hasta el tanque de almacenamiento por el fenómeno de termosifón. El sistema representa soluciones de agua caliente individuales para cada unidad de vivienda, por lo que en edificios multifamiliares ocupan un alto porcentaje del área de la cubierta donde generalmente se instalan.

1.



2



1. Funcionamiento calentador solar. [1]

2. Calentadores de agua solares en cubiertas de edificaciones. [2]

[1] NERGIZA. Sistema solar por termosifón. ¿Qué es y cómo funciona? [En línea]. {27 febrero de 2016} disponible en: (<http://nergiza.com/sistema-solar-por-termsifon-que-es-y-como-funciona/>).

[2] Calentadores solares. [En línea]. {03 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.selectrifica.com/revista/articulo/n0a2an>).

SE18 CALENTADOR SOLAR COMPACTO (TERMOSIFÓN)

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Implementar en soluciones unifamiliares de vivienda o en agrupaciones de vivienda unifamiliar.

En otro tipo de proyectos destinar el área de cubierta para estrategias con mejor desempeño como los techos vegetales o la energía solar fotovoltaica.



Calentador solar compacto en residencia campestre unifamiliar.[1]

[1] BONSOLAR. Calentadores solares. Trabajos realizados {En línea}. {16 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.bonsolar.com.co/galeria.html>).

SE19 PANELES SOLARES CON TANQUE CENTRAL

Descripción.

[Matriz](#)

Tipo de producción de agua caliente que consta de cuatro componentes: el de captación, compuesto por placas con tubos por donde circula el agua y se calienta; el de acumulación que consiste en un tanque térmicamente aislado a donde llega el agua caliente desde los tubos; el de utilización, conformado por la red de agua caliente de cada vivienda y el sistema de apoyo que es un respaldo cuando la energía solar es insuficiente o nula. El sistema de apoyo se basa en energías convencionales como el gas o la electricidad.

1.



2.



1. Placas solares con tubos para calentamiento de agua en cubierta de edificio de vivienda en Medellín.
2. Tanque acumulador de agua caliente y bomba de calor como respaldo en cubierta de clínica en Medellín.

Fotografías: propias

SE19 PANELES SOLARES CON TANQUE CENTRAL

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Destinar preferiblemente el área ocupada en cubierta para vegetación o energía solar fotovoltaica.
Implementar en proyectos en clima templado donde no se requiere respaldo o usar como respaldo ducha eléctrica.
Implementar en proyectos tipo 5 y 6 para soportar los altos costos.
Crear un piso técnico para los tanques de acumulación utilizando los paneles a manera de cubierta.
Diseñar el sistema para que no ocupe toda el área de la cubierta para brindar espacio a terrazas útiles.

1.



2.



1. Piso técnico para tanques de acumulación con paneles colectores como cubierta. Fotografía: propia

2. Paneles solares para agua caliente en área parcial de la cubierta o terraza. [1]

[1] SOLARSOM. Agua caliente sanitaria. {En línea}. {01 mayo de 2016} disponible en: (<http://www.solarsom.es/etiquetas/modulo/>).

SE20 CALEFACTOR DE AMBIENTE A GAS

Descripción.

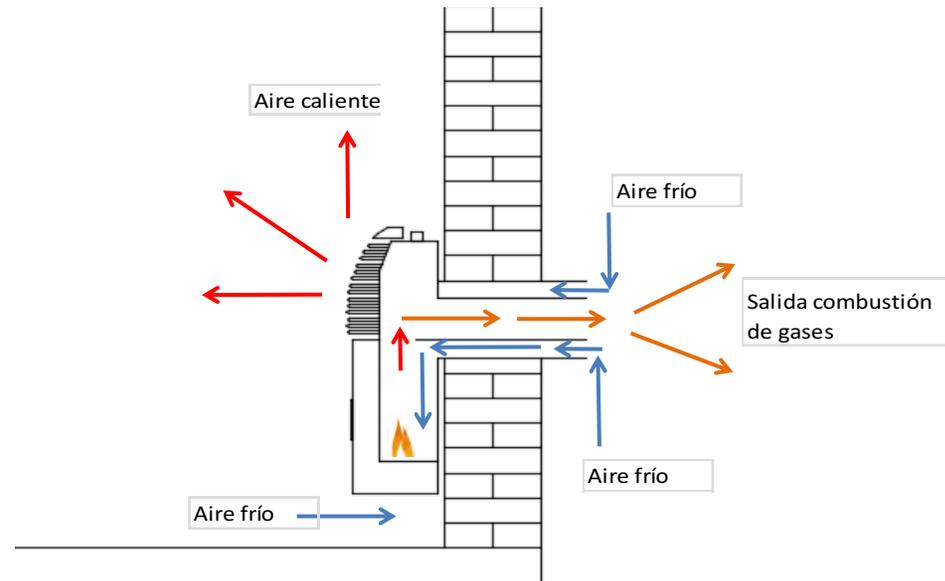
[Matriz](#)

Equipo para calefacción de ambientes a gas, por tiro balanceado o por convección. El calefactor por tiro balanceado requiere de una doble conexión con el exterior para tomar oxígeno y para expulsar los productos de combustión. El equipo por convección toma el aire del ambiente y devuelve a éste el producto de la combustión del gas, razón por la que no se debe instalar en espacios generalmente cerrados como los dormitorios [1].

1



2



1. Calefactores de ambiente a gas de tiro balanceado. [2]

2. Esquema de funcionamiento calefactor a gas de tiro balanceado. Imagen: elaboración propia.

[1] ESKABE. Preguntas frecuentes. {En línea}. {08 enero de 2016} disponible en: (<http://www.eskabe.com.ar/preguntas.asp>).
Calefactores de tiro balanceado. {En línea}. {03 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.longvie.com/catalogo.php?idcat=14>).

[2] LONGVIE.

SE20 CALEFACTOR DE AMBIENTE A GAS

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Prever en el diseño la localización estratégica y puntos de gas para el sistema.
Implementar si existen instalaciones de gas para otros aparatos domésticos dentro de la vivienda.
Establecer una alianza y asesoría con la empresa prestadora del servicio de gas domiciliario.
Ofrecer como alternativa al usuario final, con costo de los aparatos a su cargo.

1



1. Instalación para calefactores de ambiente a gas derivada de la red de gas de la unidad de vivienda. [1]

[1] Gas Natural Expo construcción 2015.

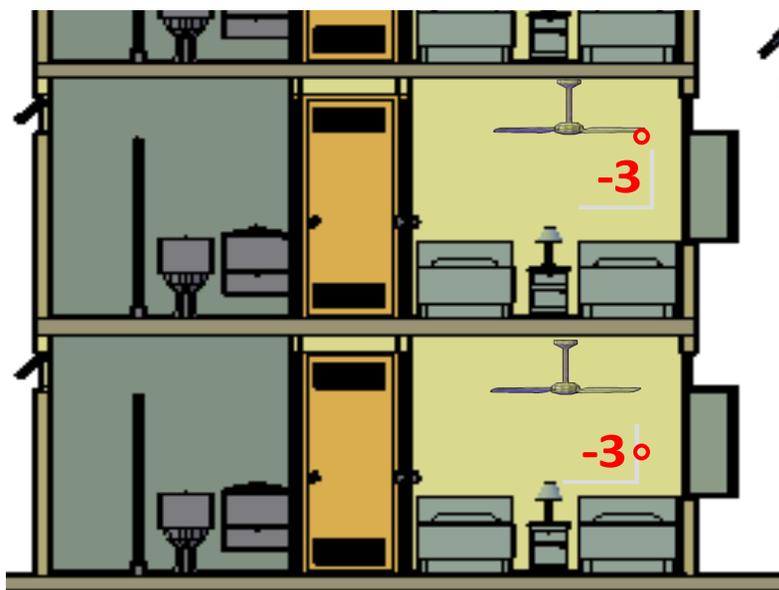
SE21 VENTILACIÓN NATURAL FORZADA (VENTILADOR DE TECHO)

Descripción.

[Matriz](#)

Sistema de ventilación en el que el aire se mueve por acción de la rotación de las aspas de un ventilador, de techo preferiblemente. Este movimiento de aire produce un efecto en el confort térmico equiparable a la reducción de 2 a 3 grados centígrados en la temperatura ambiente. La obtención del efecto deseado depende de la temperatura del aire ambiente. Su incidencia arquitectónica es de menor impacto con respecto a los aparatos de ventilación mecánica.

1



2



1. Efecto en temperatura interior con ventiladores de techo Imagen: elaboración propia.

2. Ventilador de techo con lámpara integrado a la decoración del espacio. [1]

[1] SHUTTERSTOCK. Imágenes. {En línea}. {19 junio, 2016} disponible en: (<http://www.shutterstock.com/es/>).

SE21 VENTILACIÓN NATURAL FORZADA (VENTILADOR DE TECHO)

Recomendaciones.

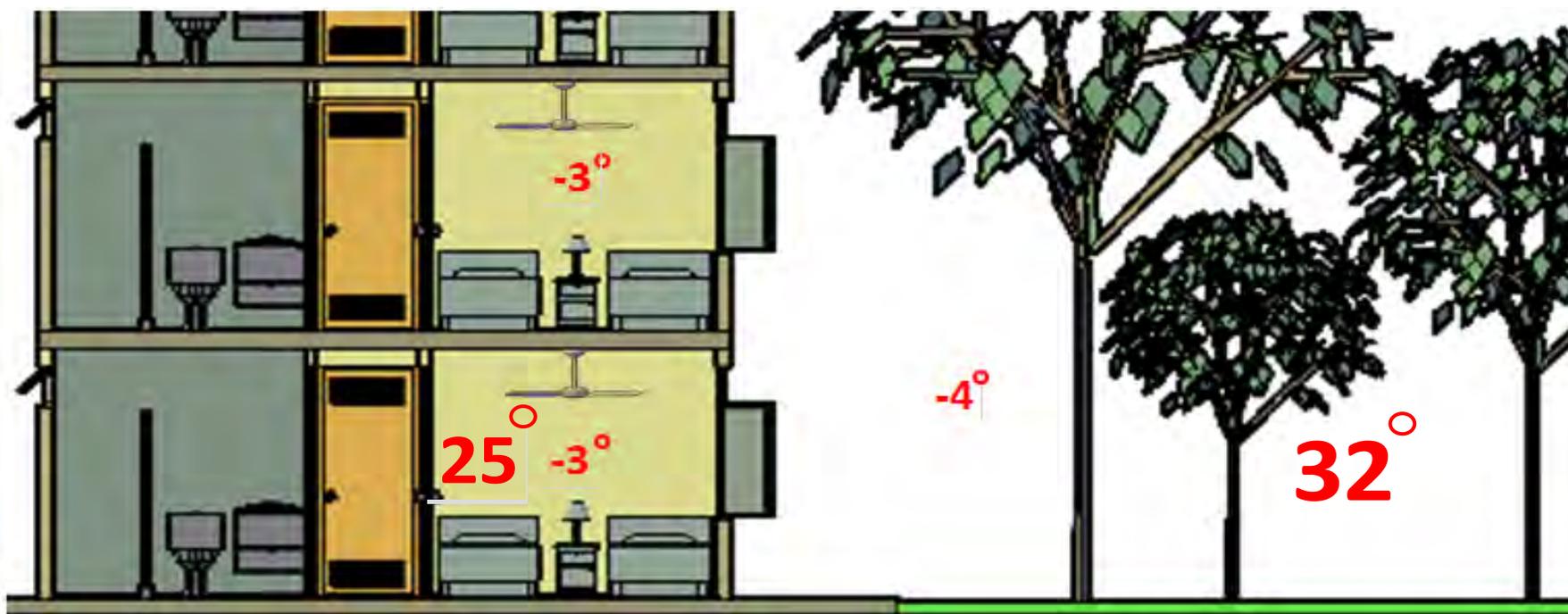
[Matriz](#)

Implementar en clima cálido y templado.

Soportar con la estrategia de zonas verdes.

Entregar la unidad de vivienda con la dotación del aparato (ventilador de techo)

Combinar con las estrategias de ventilación natural.



Ventilación natural forzada con apoyo de estrategia de zonas verdes. Reducción de temperatura en 7 grados centígrados aproximadamente, alcanzándose una temperatura de confort (25 grados en clima cálido).

Imagen: elaboración propia.

SER1 GENERACIÓN DE ENERGÍA POR PANELES FOTOVOLTAICOS

Descripción.

[Matriz](#)

Sistema de generación en sitio mediante paneles integrados por células fotovoltaicas que producen electricidad por efecto fotoeléctrico dada la luz que incide sobre ellos a través de la radiación solar. El factor de radiación solar del sitio es determinante de la capacidad de generación del panel, dependiendo de su potencia. El sistema requiere de reguladores, inversores que convierten la energía de corriente continua a corriente alterna y baterías en los casos no interconectados a la red. La interconexión a la red debe estar reglamentada en la localidad donde se pretenda implantar.



1.

Cálculo de paneles fotovoltaicos requeridos para una vivienda tipo 3 -4.

Ciudad	Latitud, longitud. NASA	Radiación solar directa promedio anual. NASA	Demanda de energía diaria .	Potencia panel W	Producción diaria panel W	Paneles requeridos para cubrir la demanda
Bogotá	4.657494, -74.123997	3,98	5852	150	597	10
Bogotá	4.657494, -74.123997	3,98	5852	215	855,7	7
Bogotá	4.657494, -74.123997	3,98	5852	250	995	6
Barranquilla	10.986738, -74.805501	4,95	9372	150	742,5	13
Barranquilla	10.986738, -74.805501	4,95	9372	215	1064,25	9



1. Cálculos de paneles fotovoltaicos requeridos en una vivienda tipo 3-4 según la ciudad y la demanda de energía eléctrica. Con base en [1, 2]

[1] NASA. NASA. Surface meteorology and Solar Energy - Location. {En línea}. {19 enero de 2016} disponible en: (<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi>).

[2] SANA. Sistemas de energía

renovable. ¿Cuánta energía nos da cada panel solar? {En línea}. {03 3ner0 de 2016} disponible en: (<http://www.sana-int.com/ecology/calculando.php>).

SER1 GENERACIÓN DE ENERGÍA POR PANELES FOTOVOLTAICOS

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Establecer la reglamentación necesaria para la interconexión del sistema a la red (entes gubernamentales y administrativos)

Plantear en sistema interconectado que tenga la red como soporte (una vez se cuente con la reglamentación necesaria).

Establecer alianzas con la empresa operadora de red y distribuidora del servicio eléctrico.

Instalar los paneles en el área de la edificación con mayor exposición a la radiación solar.

Favorecer la instalación de paneles fotovoltaicos mediante la flexibilización de normas urbanas volumétricas

Desarrollar parques fotovoltaicos urbanos para satisfacer la demanda de energía en planes parciales.

1.



2.



1. Incidencia de paneles fotovoltaicos en volumetría de la edificación. Conjunto residencial Sol i Vert en Valencia España [1]

2. Parque fotovoltaico en Buenos Aires. [2]

[1] DE GARRIDO, Luis. Sol-i-Vert-eco-housing-complex. {En línea}. {01 junio de 2015} disponible en: (<http://luisdegarrido.com/es/proyectos-realizados/2005-sol-i-vert-eco-housing-complex/>).

[2] ENERGÍA ESTRATÉGICA. El sol acompañó durante la inauguración del primer parque fotovoltaico de Buenos Aires. {En línea}. {23 junio de 2015} disponible en: (<http://www.energiaestrategica.com/el-sol-acompano-durante-la-inauguracion-del-primer-parque-fotovoltaico-de-buenos-aires/>).

SER2 GENERACIÓN DE ENERGÍA MINI - EÓLICA

Descripción.

[Matriz](#)

Generación de electricidad a pequeña escala por acción del viento con aerogeneradores que tiene bajas potencias (100kW es el tope en España), implantada generalmente en sectores urbanos [1]. Los aerogeneradores de mayor adaptación urbana y arquitectónica son los de eje vertical, adecuados para entornos donde se cuenta con constantes cambios de dirección del viento. La velocidad media del viento en la localidad es determinante de la capacidad de producción de energía del dispositivo (velocidad promedio de producción 5,5m/s). Algunos dispositivos requieren para su funcionamiento velocidades de arranque a partir de 3 m/s. El sistema requiere de reguladores, inversores que convierten la energía de corriente continua a corriente alterna y baterías en los casos no interconectados a la red. La interconexión a la red debe estar reglamentada en la localidad donde se pretenda implantar.

1.



2.

Datos velocidad media anual principales ciudades de Colombia				
Ciudad	Latitud, longitud.	Velocidad promedio anual NASA (10 m sobre superficie)m/s	Velocidad promedio anual NASA(50 m sobre superficie)m/s	Promedio velocidades anuales(30m sobre superficie) m/s
Bogotá	4.657494, -74.123997	1,7	2,15	1,925
Santa Marta	11.238483, -74.189564	5,62	6,57	6,095
Barranquilla/soledad	10.986738, -74.805501	4,41	5,58	4,995
Cartagena	10.390431, -75.481338	4,51	5,71	5,11
Medellín	6.204168, -75.569243	1,51	1,92	1,715
Cali	3.392200, -76.531494	1,67	2,11	1,89
Bucaramanga	7.122199, -73.110792	1,69	2,14	1,915

3.

Especificaciones de aerogeneradores de eje vertical Ecotech				
Potencia W	Altura	Diámetro	Velocidad de arranque	Producción de energía anual a 5,5 m/s en kWh
1000	2,7	1,8	3m/s	1250
4000	4,6	3	3,5m/s	6000

1. Aerogenerador de eje vertical. [1]

2. Cuadro de velocidad media anual del viento en las principales ciudades de Colombia. Con base en [2]

3. Especificaciones de aerogeneradores de eje vertical Ecotech [3, 4]

[1] FUNDACIÓN DE LA ENERGÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID, FENERCOM. Guía sobre tecnología minieólica. {En línea}. {03 junio de 2016} disponible en: (<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-minieolica-fenercom-2012.pdf>).

[2] NASA. NASA. Surface meteorology and Solar Energy - Location. {En línea}. {19 enero de 2016} disponible en: (<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi>). (<https://ecotechgeccai.wordpress.com/eddygt-de-1kw/>).

[3] ECOTECH. Generador eólicas eddyGT de 1Kw. {En línea}. {01 junio de 2016} disponible en: (<https://ecotechgeccai.wordpress.com/uge-4k/>).

[4] ECOTECH. Generador eólico UGE-4K. {En línea}. {01 junio de 2016} disponible en:

SER2 GENERACIÓN DE ENERGÍA MINI-EÓLICA

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Establecer la reglamentación necesaria para la interconexión del sistema a la red (entes gubernamentales y administrativos)

Plantear en sistema interconectado que tenga la red como soporte (una vez se cuente con la reglamentación necesaria).

Establecer alianzas con la empresa operadora de red y distribuidora del servicio eléctrico.

Integrar los dispositivos a la estética de la edificación o a las áreas libres del proyecto de urbanismo.

Implementar aerogeneradores de eje vertical, que no requieren una orientación determinada con respecto a la dirección de los vientos.

Implementar en localidades con velocidad media anual del viento superior a 5m/s.

Implementar solo para suplir demanda de energía de zonas comunes.

1.



2.



1. Aerogeneradores con diseño en zonas libres del proyecto. Edificio Ciem en Zaragoza. [1]

2. Santa Marta, ciudad con velocidad media anual del viento superior a 6m/s. Fotografía propia

[1] CONSTRUCCIÓN 21 ESPAÑA. Edificio CIEM de Zaragoza. {En línea}. {15 marzo de 2016} disponible en: (<http://www.construction21.org/espana/case-studies/es/edificio-ciem-de-zaragoza.html>)

SU1 Bombillas LED

Descripción.

[Matriz](#)

Lámparas de diodos emisores de luz LED. Son bombillas de bajo consumo de energía (0,01 kWh) y larga duración (16000 h). Su consumo de energía en promedio es del 50% con respecto a una bombilla fluorescente compacta (0,02kWh). Existen en el mercado en variadas temperaturas de color (luz cálida o luz fría), tipos y rosca, que se pueden adecuar a las preferencias del usuario.

1



2



3



1. Led foco con rosca E-27. [1]

2. Led vela con rosca E-14. [2]

3. Led foco con rosca GU5.3. [3]

[1] PHILIPS. Led foco {En línea}. {20 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.philips.com.co/c-p/8718291686743/led-foco>).

[2] PHILIPS. Led vela {En línea}. {20 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.philips.com.co/c-p/8718696457900/led-vela-led-con-bateria-de-litio>).

[3] PHILIPS. Led foco {En línea}. {20 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.philips.com.co/c-p/8718696457900/led-vela-led-con-bateria-de-litio>).

SU1 Bombillas LED

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Instruir sobre su uso en el manual del propietario.

Ofrecer, como adición y valor agregado de la vivienda al usuario, un diseño de iluminación personalizado con luces Led.

1.



2.



1. y 2. Iluminación interior personalizada con luces Led. [1]

[1] SHUTTERSTOCK. Imágenes. {En línea}. {19 junio, 2016} disponible en: (<http://www.shutterstock.com/es/>).

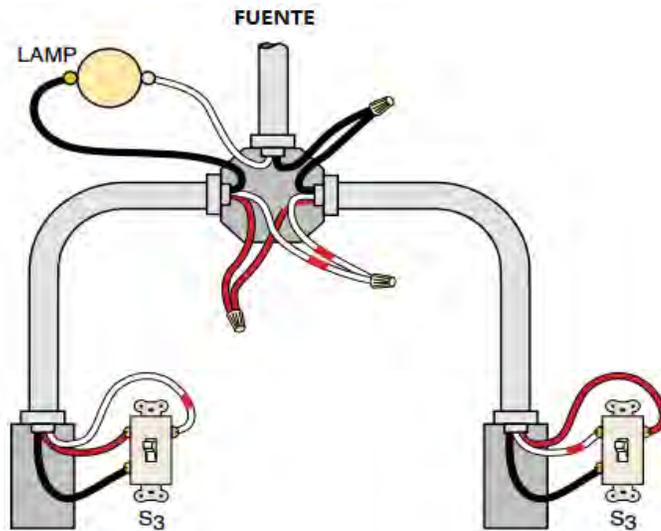
SU2 CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO DE LUCES (INTERRUPTORES CONMUTABLES)

Descripción.

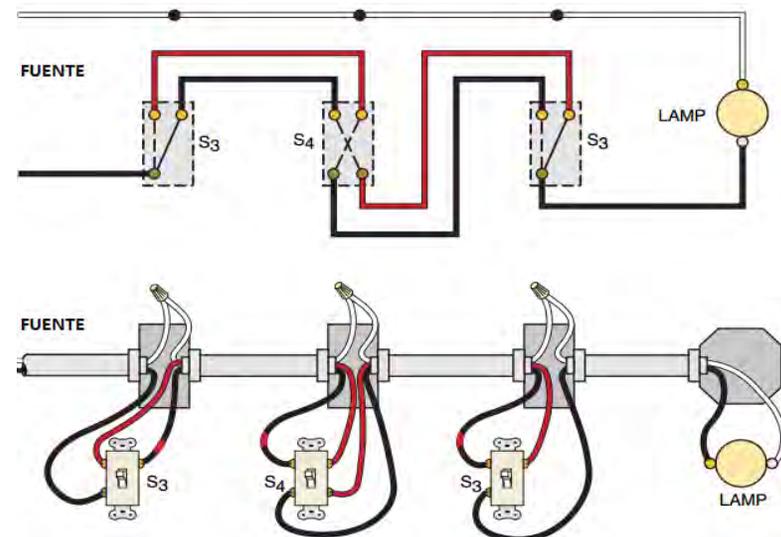
[Matriz](#)

Estrategia que brinda al usuario opciones eficientes y confortables de control de encendido y apagado de luces, mediante la inclusión de interruptores conmutables, también llamados interruptores de tres y cuatro vías o conmutables, que permiten, respectivamente, el control de luces desde dos o más puntos al interior de la vivienda.

1.



2.



1. Interruptor de tres vías, permite el control de iluminación desde dos puntos distintos en la vivienda. [1]

2. Interruptor de cuatro vías, permite el control de iluminación desde tres o más puntos distintos en la vivienda. [1]

[1] FARADAYOS. Conexiones básicas de los interruptores eléctricos. {En línea}. {15 febrero de 2016} disponible en: (<http://faradayos.blogspot.com.co/2013/12/conexion-interruptores-simple-tres-cuatro-vias.html>).

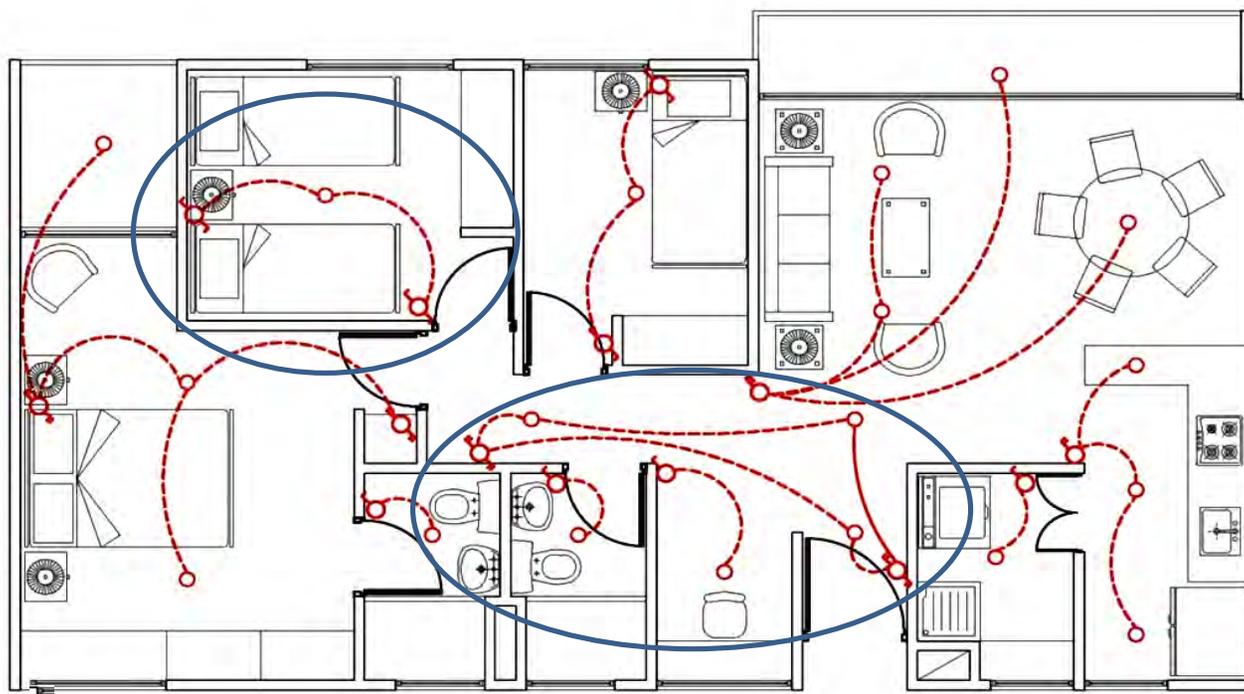
SU2 CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO DE LUCES (INTERRUPTORES CONMUTABLES)

Recomendaciones.

[Matriz](#)

Optimizar el planteamiento eléctrico y de control de iluminación de la unidad de vivienda incluyendo interruptores conmutables básicos para circulaciones internas y alcobas.

Establecer con el usuario, con cargo a éste, planteamientos de control de iluminación más complejos, conforme con sus preferencias.



Proyecto de iluminación de vivienda con interruptores conmutables en circulaciones y alcobas.

Imagen: elaboración propia.

SU3 DOMÓTICA

Descripción.

[Matriz](#)

La domótica es aquella que provee funciones de automatización y control de equipos y sistemas eléctricos y electrónicos como los sistemas de confort térmico, iluminación, sonido, televisión, comunicaciones y seguridad, entre otros de forma centralizada y/o remota. Las aplicaciones de la domótica son el confort, la gestión de la energía, la seguridad de la vivienda y las comunicaciones.

1



2



www.shutterstock.com · 445395010

1. Control central de los aparatos y sistemas de la vivienda. [1]

2. Control remoto de los aparatos y sistemas de la vivienda. [2]

[1] IBP Instalaciones eficientes. Instalaciones domóticas. {En línea}. {01 febrero de 2016} disponible en: (<http://www.ibpinstalacioneseficientes.com/instalaciones-domoticas/>) .

[2] SHUTTERSTOCK. Imágenes. {En línea}. {19 junio, 2016} disponible en: (<http://www.shutterstock.com/es/>).

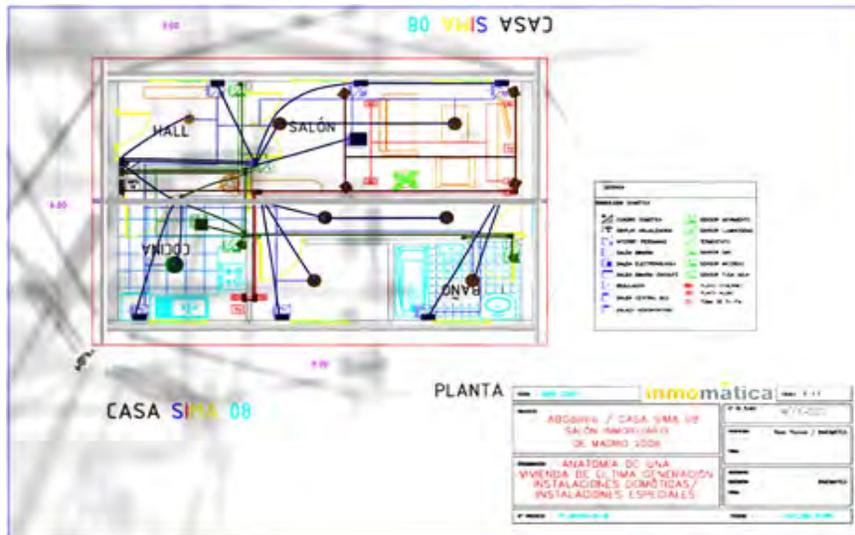
SU3 DOMÓTICA

Recomendaciones.

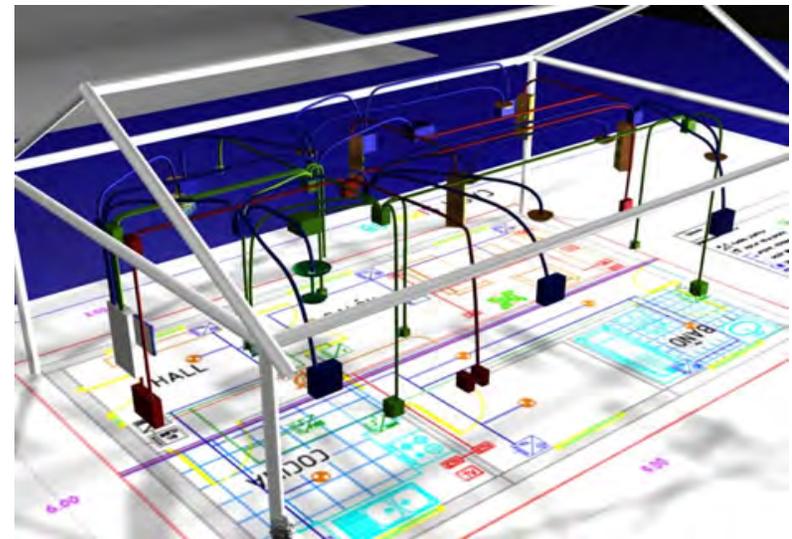
[Matriz](#)

Ofrecer como adición y valor agregado de la vivienda al usuario (mayor confort para el usuario).
Establecer con el usuario el grado de complejidad del sistema domótico para la vivienda.
Prever las instalaciones y ducterías necesarias en la etapa de preventas (sobre planos).

1.



2.



Proyecto CASA SIMA08, hogar digital sostenible, Grupo Inmomática. [1]

[1] CASA DOMO. Casa sima 08. {En línea}. {20 febrero de 2016} disponible en: (<https://www.casadomo.com/articulos/casa-sima08>).