



# IMPACTO DE LA **NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA**

EL CASO DE LAS VIS Y VIP EN CONDICIONES DE CLIMA FRÍO

**AUTORA: ALEJANDRA MARCELA GUERRERO PENAGOS**

**TUTOR: DR. ARQUITECTO. IGNACIO ENRIQUE GUILLÉN GUILLAMÓN**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE LA EDIFICACIÓN

TRABAJO FINAL DE MASTER - MASTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN - ESPECIALIDAD TECNOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN

# IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA

EL CASO DE LAS VIS Y VIP EN CLIMA FRIO

Autora: Alejandra Marcela Guerrero Penagos  
Tutor: Dr. Arquitecto. Ignacio Enrique Guillén Guillamón



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo de investigación significa el cierre de una gran etapa, gracias familia por su apoyo incondicional desde la distancia, gracias a todos los profesores del Máster, a la UPV por abrir sus puertas.

Quiero agradecer a mi tutor académico Dr. Ignacio Guillén Guillamón por su tiempo y paciencia en el desarrollo de este trabajo.

Y a mis grandes amigos, compañeros, por compartir este periodo académico conmigo, por ser mi familia valenciana, y por ayudarme a ser mejor siempre.

## RESUMEN

Con la entrada en vigencia de la nueva normativa de *Construcción sostenible para el ahorro de energía* en Colombia, se marca el inicio hacia la concientización de las partes que intervienen en el sector de la construcción, en búsqueda de la eficiencia energética, en la disminución del consumo y en dar pautas de progreso al país.

El enfoque de la investigación es hacia las Viviendas de Interés Social y Prioritario, ya que cuentan con unas implicaciones políticas, económicas y sociales especiales, y el análisis que se realiza es desde las estrategias planteadas en la nueva normativa, la crítica de las mismas y las recomendaciones y aportes constructivos que se pueden concluir al terminar el estudio.

Se analiza en una primera parte el estado actual de un caso de estudio, el cual es un proyecto de Vivienda de Interés Prioritario, ubicado en la ciudad de Tunja (Boyacá), emplazamiento que cuenta con clima frío todo el año. A partir de ese primer análisis, se relaciona con las recomendaciones incluidas en la normativa específicos para el clima y tipo de vivienda seleccionados; a continuación, se estudiará cómo optimizar el modelo existente en búsqueda de la eficiencia energética y de reducir la demanda que se presente actualmente.

Finalmente se podrá concluir de acuerdo a simulaciones energéticas y análisis de variables, el impacto de la nueva normativa de construcción sostenible en Colombia.

## PALABRAS CLAVE

Política Integral de Vivienda, Colombia, Rehabilitación, Tunja, Sostenibilidad, Ministerio de Vivienda, Déficit de vivienda, Política integral, Subsidio, Solución de vivienda, Confort térmico, Passivehaus, Resolución 0549 de 2015, Pisos térmicos, Clima frío, Consumo energético, Calefacción, Medidas pasivas, Porcentajes mínimos de ahorro, Eliminación de infiltraciones, Aislamiento térmico, Envoltente, SATE.

## **ABSTRACT**

The entry into force of the new regulation of *Sustainable construction for energy saving in Colombia*, marks the launching point of awareness-building about the parts involved in the construction industry, the search of energy efficiency, the drop in consumption and in establishing the guidelines to country's development.

This investigation focus on Social and Priority Housing, because social, political, and economical variables are taken into consideration, and the analysis is developed following the strategies proposed in the new regulation, and also follow the reviews and recommendations made during the study. So, at the end of this investigation, constructive contributions may be proposed.

First, an analysis of the actual state is made from a study case. This study case is a social and priority interest housing project, located in Tunja (Boyacá), city that counts with cold weather all year round. From this first analysis relations are made between the recommendations included in the specific climate regulation for this type of weather and type of house selected. Then, a study will be made to optimize the actual model so energy efficiency is achieved and present energy requirements reduced.

Ultimately, and according to the energetic simulations and multivariate analysis, it will be possible to conclude the impact of the new regulation for Colombia's construction industry sustainability.

## **KEY WORDS**

Housing integral policy, Colombia, Housing rehabilitation, Tunja, Sustainability, Housing department, Housing gap, allowance, housing solutions, thermal comfort, passivehaus, temperature zones, energy consumption, cold weather, heating, passive measures, zero infiltrations, thermal insulation, thermal envelope, ETICS.

## ACRÓNIMOS

<i>SMLMV</i>	Salario Mínimo Legal Mensual Vigente
<i>VIS</i>	Vivienda de Interés Social
<i>VIP</i>	Vivienda de Interés Prioritario
<i>MVCT</i>	Ministerio de Vivienda Ciudad y Teritorio
<i>POT</i>	Plan de Ordenamiento Territorial
<i>SFV</i>	Subsidio Familiar de Vivienda
<i>CCF</i>	Caja de Compensación Familiar
<i>FNA</i>	Fondo Nacional del Ahorro
<i>CAV</i>	Corporación de Ahorro y Vivienda
<i>CEED</i>	Censo de Edificaciones
<i>BID</i>	Banco Interamericano de Desarrollo
<i>ECOVIVIENDA</i>	Empresa Constructora de Vivienda de Tunja
<i>CAMACOL</i>	Cámara Colombiana de la Construcción
<i>NSR-10</i>	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
<i>LAIF</i>	Latin American Investment Facility
<i>KFW</i>	Banco de Desarrollo Alemán
<i>SATE</i>	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior
<i>EIFS</i>	External Insulation Finishing System
<i>ETICS</i>	External Thermal Insulation Composite System
<i>IFC</i>	International Financial Corporation
<i>IDEAM</i>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales de Colombia
<i>HR</i>	Humedad Relatiiva
<i>kWh</i>	Kilovatio hora
<i>RVP</i>	Relación ventana/pared
<i>COP</i>	Coficiente de desempeño
<i>HVAC</i>	Heating, Ventilation and Air Conditioning

## CONTENIDO

0	INTRODUCCIÓN	13
	<b>CAPITULO I GENERALIDADES</b>	<b>15</b>
1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GENERAL:	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	17
2.3	METODOLOGÍA	18
	<b>CAPITULO II ESTADO DEL ARTE</b>	<b>19</b>
3	MARCO CONTEXTUAL	20
3.1	CONCEPTUALIZACIÓN	20
3.2	MARCO HISTÓRICO	21
3.2.1	VIVIENDA SOCIAL	21
3.2.1.1	VIS en Latinoamérica	21
3.2.1.2	VIS en Colombia	23
3.2.2	ANTECEDENTES SOSTENIBILIDAD EN COLOMBIA	26
3.3	ANTECEDENTES	27
3.3.1	LEED: COLOMBIA	27
3.3.2	EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA	28
3.3.3	DÉFICIT DE VIVIENDA EN COLOMBIA	30
3.3.4	POLITICA INTEGRAL DE VIVIENDA: PROBLEMÁTICA	31
3.3.4.1	PROGRAMAS ACTUALES VIS Y VIP	32
3.3.5	GESTION DE LA VIVIENDA SOCIAL	33
3.3.5.1	A nivel nacional: Colombia	33
3.3.5.2	A nivel departamental: Boyacá	33
3.3.5.3	A nivel local: Tunja	34
3.3.6	CARACTERÍSTICAS VIS Y VIP EN COLOMBIA	36
3.3.6.1	Materiales	36

3.3.6.2	Sistemas Constructivos	38
3.3.6.3	Tipologías VIS	39
3.3.7	ESTANDAR PASSIVHAUS	40
3.3.7.1	Referentes	42
3.3.7.1.1	EcoCasa LAIF (México)	42
3.3.7.1.2	Subsidio Acondicionamiento térmico – Chile	43
<b>CAPITULO III NORMATIVA</b>		<b>45</b>
4	<b>CASO DE ESTUDIO</b>	<b>46</b>
4.1	<b>RESUMEN DE LA NORMATIVA: GUIA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE PARA EL AHORRO DE AGUA Y ENERGÍA DE EDIFICACIONES</b>	<b>46</b>
4.1.1	CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN	46
4.1.2	METODOLOGÍA PARA LA CREACIÓN DE LA GUÍA	46
4.1.2.1	Zonas Climatológicas	47
4.1.2.2	Línea base de consumo de energía	50
4.1.2.3	Estrategias y recomendaciones incluidas en la norma	51
4.1.2.4	Análisis de costos	53
4.1.2.5	Porcentajes mínimos de ahorro	53
4.1.2.6	Estrategias sugeridas de acuerdo al clima	55
4.1.3	CAPÍTULOS 2 Y 3: MEDIDAS PASIVAS Y ACTIVAS	57
4.1.4	CAPÍTULO 5: BUENAS PRÁCTICAS	58
4.2	<b>ANÁLISIS DE LA NORMATIVA</b>	<b>59</b>
<b>CAPITULO IV CASO DE ESTUDIO</b>		<b>61</b>
5	<b>APROXIMACIÓN AL LUGAR</b>	<b>62</b>
5.1	DATOS GENERALES: COLOMBIA	62
5.2	DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	63
5.2.1	DATOS GENERALES	63
5.2.2	DATOS SOBRE SITUACIÓN DE LA VIVIENDA EN EL DEPARTAMENTO	63
5.3	CIUDAD DE TUNJA	65
6	<b>CONDICIONES CLIMÁTICAS</b>	<b>66</b>
6.1	<b>ANÁLISIS DATOS CLIMÁTICOS</b>	<b>68</b>
6.1.1	WEATHER TOOL	68
6.1.2	CLIMATE CONSULTANT	70
6.1.2.1	Rango de temperatura	70
6.1.2.2	Rango de iluminación	71

6.1.2.3	Velocidad del viento	72
6.1.2.4	Sombra – soleamiento	73
6.1.2.5	Porcentaje de cobertura por nubes	74
6.1.2.6	Recomendaciones	75
<b>7</b>	<b>CASO DE ESTUDIO: PROYECTO VIP TORRES DEL PARQUE</b>	<b>76</b>
<b>7.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>	<b>77</b>
<b>7.2</b>	<b>DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA</b>	<b>80</b>
<b>7.3</b>	<b>DESCRIPCIÓN SISTEMA CONSTRUCTIVO – MATERIALES</b>	<b>82</b>
7.3.1	MUROS- ENVOLVENTE	83
7.3.2	VENTANAS	84
7.3.3	FORJADOS	84
7.3.4	CUBIERTA	85
<b>CAPITULO V</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA DEMANDA</b>	<b>86</b>
<b>8</b>	<b>DATOS DE PARTIDA</b>	<b>87</b>
<b>8.1</b>	<b>MODELO TRIDIMENSIONAL</b>	<b>87</b>
<b>8.2</b>	<b>DEFINICIÓN DE CONDICIONES DE ZONAS</b>	<b>88</b>
<b>8.2.1</b>	<b>ZONAS</b>	<b>89</b>
<b>8.3</b>	<b>PROPIEDADES DE ZONA</b>	<b>90</b>
8.3.1	CONDICIONES INTERNAS DE DISEÑO	92
8.3.2	OPERACIÓN Y OCUPACIÓN	93
8.3.2.1	Horarios:	93
8.3.3	TIPO DE SISTEMA HVAC (Heating, Ventilation & Air Conditioning)	97
8.3.4	HORAS DE OPERACIÓN	97
<b>CAPITULO VI</b>	<b>ESTADO ACTUAL</b>	<b>98</b>
<b>9</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>99</b>
<b>10</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>101</b>
<b>10.1</b>	<b>ANÁLISIS</b>	<b>102</b>

<b>CAPITULO VII CUMPLIENDO LA NORMATIVA</b>	<b>103</b>
11 CRÍTICA A LA NORMATIVA	104
<b>CAPITULO VIII OPTIMIZACIÓN DEL MODELO</b>	<b>106</b>
12 OPTIMIZACIÓN	107
12.1 CONTROL DE INFILTRACIONES	107
12.2 AISLAMIENTO DE ENVOLVENTE TÉRMICA	109
12.2.1 ANÁLISIS: AISLAMIENTO TÉRMICO	113
13 ANÁLISIS ECONÓMICO	115
13.1 CAMBIO DE CARPINTERIAS	116
13.2 SISTEMA SATE	117
13.3 COMENTARIO	117
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>118</b>
BIBLIOGRAFÍA	121
<b>ANEXOS</b>	<b>123</b>
ANEXO 1: Planos	124
ANEXO 2: Porcentaje de Huecos en fachada	129
ANEXO 3: FACTOR U – ENVOLVENTE 5CM	131
ANEXO 4: FICHA TÉCNICA SATE	131

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 3-1</i> Número de proyectos certificados .....	27
<i>Ilustración 3-2</i> DANE - Cálculo DEET(Departamento de Estudios Económicos y Técnicos) Camacol. .....	29
<i>Ilustración 3-3</i> Proyectos terminados por tipo de construcción (m2) .....	29
<i>Ilustración 3-4</i> Estructura Política integral de vivienda. ....	32
<i>Ilustración 3-5</i> Mapa P-60 del POT de Tunja. Diagnóstico Proyectos de Vivienda de Interés Social e Interés Prioritario.. .....	36
<i>Ilustración 3-6</i> (Captura de pantalla). Distribución en (%) del uso de los sistemas constructivos en Colombia para VIS y No VIS año 2013. ....	39
<i>Ilustración 3-7</i> Principios básicos del Passive House.....	41
<i>Ilustración 3-8</i> Programa EcoCasa LAIF – Vivienda Social Eficiente (México). ....	42
<i>Ilustración 3-9</i> Sistema de Aislamiento Térmico Exterior. Ministerio de Vivienda Chile. ....	44
<i>Ilustración 4-1</i> Clasificación del Clima en Colombia según la Temperatura y la Humedad Relativa. FUENTE: Resolución 549 de 2015 (Anexo 2). ....	49
<i>Ilustración 4-2</i> (Captura de pantalla) Variables que definen el clima según la clasificación climática. Principal ciudad representativa para cada tipo de clima. ....	50
<i>Ilustración 4-3</i> Línea base de consumo de energía. ....	50
<i>Ilustración 4-4</i> (Captura de pantalla) Porcentaje mínimo exigido en el primer año de entrada en vigencia de la normativa.....	54
<i>Ilustración 4-5</i> (Captura de pantalla) Porcentaje mínimo de ahorro exigido definitivo.....	55
<i>Ilustración 4-6</i> (Captura de pantalla) Medidas recomendadas clima frío. ....	56
<i>Ilustración 4-7</i> (Captura de pantalla) Objetivos de diseño para clima frío. ....	57
<i>Ilustración 4-8</i> (captura de pantalla) Orientación óptima para clima frío en Colombia. ....	58
<i>Ilustración 5-1</i> Ubicación de Colombia en el continente americano.....	62
<i>Ilustración 5-2</i> Mapa Colombia.....	62
<i>Ilustración 5-3</i> Ubicación del departamento de Boyacá en el ámbito nacional. ....	63
<i>Ilustración 5-4</i> Oferta de vivienda por rango de precios. ....	64
<i>Ilustración 5-5</i> Oferta de vivienda por estratos en Boyacá.....	64
<i>Ilustración 5-6</i> Mapa división política de Boyacá. ....	65
<i>Ilustración 5-7</i> Mapa urbano Ciudad de Tunja.....	65
<i>Ilustración 6-1</i> (Captura de Pantalla). Anexo 2 Resolución 0549 de 2015. Listado de municipio, clasificación del clima en Colombia. ....	66
<i>Ilustración 6-2</i> DIAGRAMA PSICOMÉTRICO. Clasificación climática .....	68

<i>Ilustración 6-3</i> Mejor orientación de fachada.....	69
<i>Ilustración 6-4</i> Rango de temperaturas.....	70
<i>Ilustración 6-5</i> Rango de Iluminación .....	71
<i>Ilustración 6-6</i> Velocidad del viento.....	72
<i>Ilustración 6-7</i> Horas de sombra-soleamiento (21 de diciembre - 21 de junio) .....	73
<i>Ilustración 6-8</i> Horas de sombra-soleamiento (21 de junio - 21 de diciembre) .....	73
<i>Ilustración 6-9</i> Cobertura por nubes.....	74
<i>Ilustración 6-10</i> Diagrama de Givoni. Estrategias de diseño para alcanzar el confort térmico. ....	75
<i>Ilustración 7-1</i> Proyecto de Vivienda de Interés Prioritario Torres del Parque.....	76
<i>Ilustración 7-2</i> Localización del proyecto en la ciudad de Tunja.. .....	77
<i>Ilustración 7-3</i> Plano general Proyecto VIP Torres del Parque.. .....	78
<i>Ilustración 7-4</i> Planta arquitectónica tipo. Proyecto VIP Torres del Parque. Tunja. Boyacá. Colombia. .....	80
<i>Ilustración 7-5</i> Zonas unidad de vivienda tipo. Proyecto VIP Torres del Parque.....	81
<i>Ilustración 7-6</i> Edificio Urbanización Torres del Parque Tunja, en proceso de construcción (2014).. .....	82
<i>Ilustración 7-7</i> Envoltente muros en hormigón. ....	83
<i>Ilustración 7-8</i> Antepechos en fábrica de ladrillo.....	83
<i>Ilustración 7-9</i> Ventanas habitaciones. ....	84
<i>Ilustración 7-10</i> Cocina. Acabado de piso cerámico. ....	84
<i>Ilustración 7-11</i> Salón - comedor acabado de piso laminado. ....	84
<i>Ilustración 7-12</i> Cubierta.....	85
<i>Ilustración 7-13</i> Cubierta impermeabilizada. ....	85
<i>Ilustración 8-1</i> Modelado 3D edificio multifamiliar. ....	87
<i>Ilustración 8-2</i> Unidades de vivienda seleccionadas para cálculo de demanda energética del modelo.....	88
<i>Ilustración 8-3</i> Zonas de cada unidad de vivienda para cálculo de demanda energética.. .....	89
<i>Ilustración 8-4</i> Captura de pantalla Asistente de configuración de zonas. CONFIGURACIÓN GENERAL.....	91
<i>Ilustración 8-5</i> Captura de pantalla Asistente de configuración de zonas propiedades. PROPIEDADES TÉRMICAS.. .....	92
<i>Ilustración 8-6</i> Perfil de Operación día de la semana. HORARIO ZONA DE DÍA.....	94
<i>Ilustración 8-7</i> Perfil de Operación in de semana. HORARIO DE ZONA DE DÍA.. .....	94
<i>Ilustración 8-8</i> Perfil de operación día festivo. HORARIO DE ZONA DE DÍA.....	95
<i>Ilustración 8-9</i> Perfil de operación día entre semana. HORARIO DE ZONA DE NOCHE.....	96
<i>Ilustración 8-10</i> Perfil de operación fin de semana. HORARIO DE ZONA DE NOCHE. ....	96
<i>Ilustración 8-11</i> Perfil de operación día festivo. HORARIO DE ZONA DE NOCHE.. .....	97

<i>Ilustración 9-1</i> Materiales estado actual.....	100
<i>Ilustración 10-1</i> Demanda Energética Calefacción .....	101
<i>Ilustración 11-1</i> Planta arquitectónica, vivienda tipo. Torres del Parque Tunja.....	104
<i>Ilustración 12-1</i> Sistema REDArt SATE de Rockwool.....	110
<i>Ilustración 12-2</i> Detalle Sistema SATE Rockwool.....	111
<i>Ilustración 12-4</i> Demanda Calefacción.....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Tipos de vivienda según valor en SMLMV .....	21
TABLA 3-2 Proyectos con certificación LEED a marzo de 2017. ....	28
Tabla 3-3 Variación déficit cualitativo y cuantitativo años 2005 y 2013 .....	30
Tabla 3-4 Materiales recomendados de acuerdo a la inercia térmica, para clima frío en Colombia. .....	37
Tabla 3-5 Criterios para la certificación del Estándar Passive House. ....	41
Tabla 4-1 Modelo climático según Caldas para región Andina.. ....	47
Tabla 4-2 Clasificación de climas según Richard Lang.. ....	48
Tabla 4-3 Medidas pasivas y activas para el ahorro energético incluidas en la Guía de construcción sostenible. ....	52
Tabla 6-1 Temperatura media mensual Bogotá D.C. ....	67
Tabla 6-2 Temperatura media mensual Tunja Boyacá. ....	67
Tabla 7-1 Valor Vivienda de Interés Prioritario. ....	79
Tabla 8-1 Área zonas día noche por unidad de vivienda. ....	90
Tabla 8-2 Áreas por condiciones de vivienda. ....	90
Tabla 10-1 Demanda energética Estado actual. ....	102
Tabla 11-1 Porcentaje de huecos por fachada .....	105
Tabla 12-1 Demanda de calefacción. Edificación bien sellada.....	108
Tabla 12-2 Detalle ventana vidrio doble .....	108
Tabla 12-3 Demanda energética. Control de infiltraciones + cambio de carpintería a vidrio doble. .....	109
Tabla 12-4 Demanda de calefacción Aislamiento de 5 cm. ....	112
Tabla 12-5 Demanda de calefacción Aislamiento de 10 cm. ....	112
Tabla 12-6 Demanda energética Aislamiento 15 cm.....	113
Tabla 12-7 Consolidado resultados demanda energética.. ....	113
Tabla 13-1 Valor por Vivienda proyecto VIP Torres del Parque (Tunja). ....	116
Tabla 13-2 Estrategia seleccionada. Demanda energética. ....	116
Tabla 13-3 Coste aproximado venda doble vidrio en aluminio. ....	117
Tabla 13-4 Valor sistema SATE por espesores. ....	117

## 0 INTRODUCCIÓN

La edificación y construcción además de ser indispensable para el desarrollo de la sociedad, es también uno de los principales responsables de residuos, contaminación y uso ineficiente de recursos naturales (energía, agua, etc.). En los procesos constructivos se produce una huella ecológica sobre el planeta, además de los procesos operativos llevados a cabo dentro de la edificación a lo largo del tiempo, e incluso la posterior demolición, tienen repercusiones ambientales y producen residuos contaminantes.

La sostenibilidad se ha ido adoptando progresivamente a nivel mundial y ha demostrado grandes resultados en la reducción de impactos negativos sobre el medio ambiente. Aún queda un largo camino por recorrer, pero día a día se demuestran nuevos esfuerzos por aportar ideas y estrategias para convertir desde una única vivienda, hasta impresionantes planes urbanísticos, y regiones, en proyectos amigables y autosuficientes.

Según el World Green Building Council (con sus siglas en inglés WorldGBC o Consejo Mundial de Construcción Sostenible) el sector de la construcción tiene el mayor potencial para reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con otros grandes sectores emisores.

Una de las propuestas más representativas a nivel mundial son los estándares o sellos de sostenibilidad, los cuales son adoptados de forma voluntaria por el diseñador y proyectista, pero que han logrado incentivar el ánimo de reducir las emisiones, de buscar la eficiencia energética, de analizar a profundidad las condiciones climáticas y ambientales del lugar de implantación del proyecto, de analizar también a profundidad las estrategias pasivas, teniendo como único objetivo la reducción de la demanda energética, de agua y de recursos en general.

Como muestra de lo anterior, en Latinoamérica se ha ido adoptando el estándar estadounidense LEED, al igual que en Colombia, llegando a contar (hasta marzo de 2017) con aproximadamente 6.2 millones de m<sup>2</sup> certificados, distribuidos en 44 ciudades del país.

Colombia de acuerdo a su ubicación geográfica y a la variada topografía, presenta unas condiciones climáticas propias, que se pueden estudiar y llegar a aprovechar de mejor forma para lograr reducir el impacto de la edificación en sí y al mismo tiempo mejorar las condiciones de confort para los habitantes de la misma. Porque finalmente, ese es uno de los aspectos relevantes a la hora de diseñar y construir, los usuarios, las personas que van a habitar y usar los edificios, juegan un gran papel y no se deben dejar a un lado en cada estancia del proyecto.

En la presente investigación se hace un análisis de una gran iniciativa por parte de los entes gubernamentales de Colombia que a mediados del año 2015 publicaron la primera ley exclusiva para construcción sostenible: el Decreto 1285 de 2015 en conjunto con la Resolución 549 del

mismo año básicamente intentan renovar el enfoque tradicional de la construcción en el país, dando ciertas pautas de buenas prácticas en el tema, y proponiendo porcentajes mínimos de ahorro energético y de agua de acuerdo al clima y al tipo de edificación.

Se hace especial énfasis primero en el clima frío característico de ciudades ubicadas a más de 2000 msnm, y segundo en un tipo de vivienda que ha jugado un papel importante en los planes de gobierno desde hace varias décadas en el país: la *Vivienda de Interés Social (VIS)*. Se hace un recorrido a través de la historia de la evolución de esas políticas de adquisición y de financiamiento de las VIS, además de formas tradicionales de construir y normativa a aplicada.

En la nueva normativa de Construcción Sostenible llama mucho la atención que para Viviendas de Interés Social (VIS) y Prioritario (VIP) hay porcentajes de ahorro indicativos, no obligatorios. Sin embargo, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, anunció que las disposiciones de la Guía serán de obligatorio cumplimiento para las viviendas financiadas con recursos públicos.

Es así como el presente trabajo busca precisamente hacer un análisis a nivel arquitectónico-constructivo y económico, donde se logre concluir y aportar si verdaderamente es viable, útil y rentable implementar estrategias de eficiencia energética en los proyectos VIS y VIP en Colombia teniendo en cuenta los incluidos en la norma y adicionando nuevas recomendaciones si fueran necesarias para lograr un porcentaje significativo que contribuya al desarrollo sostenible de la región.



## **CAPITULO I GENERALIDADES**

## 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es claro que el sector de la construcción a nivel mundial es uno de los factores donde se presenta la mayor cantidad de consumo energético, tanto en el proceso de construcción del proyecto como en su vida útil.

Es así como se han creado a nivel mundial estrategias o estándares con el fin de disminuir el impacto del sector hacia el planeta, y el entorno en el que se desarrolla, pero lamentablemente, éstas medidas sólo se han adoptado en ciertos países donde existe conciencia y compromiso con la causa, o por lo menos llevan ventaja porque vienen desarrollando nuevas estrategias desde hace varios años.

Ahora, en Colombia apenas en el año 2015, se creó una normativa y una Guía de buenas prácticas en cuanto a construcción y eficiencia energética se refiere. Es un buen comienzo, pero es importante que se adopte como parte fundamental en el diario de la profesión y de los habitantes del país.

La Vivienda de Interés Social y sus políticas, son parte fundamental en el intento de los entes gubernamentales de disminuir el déficit de vivienda, así que crean campañas de construcción masiva y ayudas para el acceso de las personas menos favorecidas a una vivienda digna.

Desde el punto de vista técnico, se ha dado un enfoque casi que exclusivo a construir estructuras sólidas, edificios que no caigan, y obviamente es imprescindible en cualquier construcción, pero se han dejado a un lado factores importantes que, si se implementaran desde el inicio, en la fase de diseño, contribuirían a reducir el consumo energético, mejorarían el bienestar térmico para sus habitantes entre otras.

Colombia es un país que, de acuerdo a su ubicación geográfica y su topografía variada, cuenta con diversidad de climas. En la zona central y sobre la cordillera de los Andes las condiciones climáticas se caracterizan por registrar bajas temperaturas, algunas temporadas de lluvia, vientos fuertes durante casi todo el año.

En ciudades ubicadas a más de 2500 metros sobre el nivel del mar, al presentar clima frío todo el año, y no estar sujetas a cambios de estaciones, se puede tomar ventaja de ello y proponer o adoptar ciertas medidas que contribuyan con la eficiencia energética, pero actualmente no se tienen en cuenta.

El bienestar y confort de los habitantes es uno de los objetivos básicos en la edificación, pero a esto se deben sumar las intenciones de buscar el bienestar con el medio ambiente, y tener en cuenta que se puede reducir el impacto nocivo y que hay numerosas estrategias para lograrlo.

Es así como se plantea realizar un análisis de acuerdo a las condiciones socio-económicas en las viviendas de Interés Social y el impacto que trae la implantación de la nueva normativa, tomando como modelo un caso de estudio de un proyecto ubicado en la ciudad de Tunja, a 2820 metros sobre el nivel del mar.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL:**

Analizar el impacto de la implementación de la nueva normativa para el ahorro energético aplicado a proyectos de Vivienda de Interés Social (VIS) y Vivienda de Interés Prioritario (VIP) adaptado en clima frío en Colombia.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Tomar un proyecto VIS o VIP existente en la ciudad de Tunja, Boyacá, Colombia y plantear una rehabilitación para adaptarlas a la nueva normativa de ahorro energético. Para ello se tiene que hacer una evaluación de la situación de confort en la actualidad, y a continuación definir cómo se van a mejorar esas condiciones.
- Este impacto se analizará desde dos puntos de vista diferentes: arquitectónico – constructivo y económico.
- En el aspecto arquitectónico- constructivo se llevará a cabo un análisis de un proyecto VIS o VIP existente, en clima frío, en este caso en la ciudad de Tunja, Boyacá (Colombia) y hacer un acercamiento a la distribución espacial, a materiales utilizados, y a la forma de construcción tradicional colombiana con la que se han venido conformando este tipo de viviendas a lo largo de los años. A partir de este primer análisis se tomará como referencia la nueva normativa y se aplicarán las estrategias sugeridas en ella para alcanzar los porcentajes mínimos de ahorro energético para proyectos VIS y VIP en Colombia.
- Otro de los aspectos fundamentales es el económico, así pues, se plantea hacer una aproximación a la forma de gestionar este tipo de viviendas en Colombia, y las condiciones de presupuesto con las que son construidas y entregadas a los usuarios. Además, se realizará un análisis del impacto económico sobre el confort de las personas en proyectos VIS y VIP.

## 2.3 METODOLOGÍA

En la primera parte del presente trabajo se hará la recopilación de información para conformar el marco contextual donde se hace un recuento histórico de las políticas de vivienda social en Colombia, además de los antecedentes en materia de construcción sostenible, la descripción de la tipología actual para VIS, y resumen de las leyes y marco normativo relacionado. Y así obtener un panorama general de la situación política y económica de este tipo de viviendas en el país.

La siguiente etapa es el análisis de la nueva normativa de construcción sostenible, manteniendo el enfoque hacia las VIS y VIP y a las condiciones de clima frío. Mediante el Decreto 549 de 2015, se adopta la “Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de Agua y Energía”, la cual contiene la metodología empleada para la creación de la misma, y cómo se llegaron a obtener los porcentajes mínimos exigidos de ahorro, al igual que las diferentes estrategias sugeridas.

Se hará la aproximación al lugar del caso de estudio seleccionado, analizando las condiciones climáticas por medio de las herramientas *Climate Consultant* (Departamento de Energía de Estados Unidos) y *Weather Tool* (Autodesk), así se obtendrán ciertas sugerencias de climatización pasivas que se tendrán en cuenta a futuro en el desarrollo del presente trabajo.

En la tercera etapa del trabajo se analizará 3 escenarios: *actual*, *aplicando normativa* y *optimización del modelo*. Estos resultados serán obtenidos mediante el software de simulación energética de Autodesk Ecotect Analysis.

El primero consiste en la evaluación energética del caso de estudio, donde se calculará la demanda actual de energía que presenta el proyecto de vivienda, de acuerdo a su ubicación y a los materiales de construcción existentes.

A partir de los datos hallados, se toman como base para los dos siguientes estados: aplicar las exigencias descritas en la normativa en lo que a estrategias pasivas se refiere, y el segundo estado es la optimización del modelo aplicando las recomendaciones obtenidas en *Climate Consultant*, así como los principios básicos del estándar Passivhaus, todo esto con el objetivo de reducir la demanda energética actual.

Una cuarta parte del presente trabajo consiste en determinar el sobrecoste que genera la aplicación de las medidas pasivas seleccionadas sobre la vivienda, haciendo el cálculo aproximado por m<sup>2</sup> de cada una y determinando el ahorro en kWh.

Finalmente se darán las observaciones y conclusiones a partir de los resultados obtenidos en cada estado.



## **CAPITULO II ESTADO DEL ARTE**

### 3 MARCO CONTEXTUAL

#### 3.1 CONCEPTUALIZACIÓN

Tal como lo enuncia la Ley 388 de 1997, la cual rige los Planes de Ordenamiento Territorial Municipal en Colombia, en el capítulo X, artículo 91, se hace una definición general de vivienda de interés social en el país así:

“Se entiende por viviendas de interés social aquellas que se desarrollen para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos. En cada Plan Nacional de Desarrollo el Gobierno Nacional establecerá el tipo y precio máximo de las soluciones destinadas a estos hogares teniendo en cuenta, entre otros aspectos, las características del déficit habitacional, las posibilidades de acceso al crédito de los hogares, las condiciones de la oferta, el monto de recursos de crédito disponibles por parte del sector financiero y la suma de fondos del Estado destinados a los programas de vivienda. En todo caso, los recursos en dinero o en especie que destinen el Gobierno Nacional, en desarrollo de obligaciones legales, para promover la vivienda de interés social se dirigirá prioritariamente a atender la población más pobre del país, de acuerdo con los indicadores de necesidades básicas insatisfechas y los resultados de los estudios de ingresos y gastos” (Congreso de la República, 2007).

En el artículo 2.1.1.1.1.2 del Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, único reglamentario del sector de vivienda ciudad y territorio en Colombia, se encuentran varias definiciones pertinentes para el presente trabajo:

**Vivienda de Interés Social (VIS).** Es aquella que reúne los elementos que aseguran su habitabilidad, estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción cuyo valor máximo es de ciento treinta y cinco salarios mínimos legales mensuales vigentes<sup>1</sup> (135 SMLMV).

**Vivienda de Interés Social Prioritaria (VIP).** Es aquella vivienda de interés social cuyo valor máximo es de setenta salarios mínimos legales mensuales vigentes (70 SMLMV).

**Subsidio Familiar de Vivienda.** Es un aporte estatal en dinero, que se otorga por una sola vez al beneficiario, sin cargo de restitución, que constituye un complemento del ahorro y/o

---

<sup>1</sup> Para el año 2017, el valor del salario mínimo legal mensual vigente (SMLMV) en Colombia es de \$737 717 pesos colombianos, equivalentes a 240,88€ mensuales.

los recursos que le permitan adquirir, construir en sitio propio, o mejorar una vivienda de interés social. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2015)

**Caja de Compensación Familiar (CCF).** En su definición vigente, “son entidades de carácter privado, sin ánimo de lucro, organizadas como corporaciones..., cumplen funciones de seguridad social y se hallan sometidas al control y vigilancia del Estado Colombiano...” (Artículo 39, Ley 21 de 1982). Su función es administrar el subsidio familiar, “prestación social pagadera en dinero, especie y servicios a los trabajadores de medianos y menores ingresos, en proporción al número de personas a su cargo...” (Congreso de la República, 1982)

**Hogar objeto del subsidio familiar de vivienda.**

Se entiende por hogar el conformado por los cónyuges, las uniones maritales, incluyendo las parejas del mismo sexo, y/o el grupo de personas unidas por vínculos de parentesco hasta tercer grado de consanguinidad, segundo de afinidad y primero civil, que compartan un mismo espacio habitacional.

**Tipos de vivienda nueva :** Según el valor en SMLMV<sup>2</sup> de la vivienda nueva en Colombia se clasifica en 6 tipos así:

VIVIENDA NUEVA	VALOR
TIPO I	Hasta 30 SMLMV
TIPO II	De 30 a 50 SMLMV
TIPO III	De 50 a 70 SMLMV
TIPO IV	De 70 a 100 SMLMV
TIPO V	De 100 a 120 SMLMV
TIPO VI	De 120 a 135 SMLMV

**Tabla 3-1** Tipos de vivienda según valor en SMLMV  
FUENTE: (Pecha Garzón, 2011)

**3.2 MARCO HISTÓRICO**

**3.2.1 VIVIENDA SOCIAL**

**3.2.1.1 VIS en Latinoamérica**

Para tener una visión general de los aspectos que caracterizaron la producción de vivienda social en América Latina, se hace la relación por décadas así:

<sup>2</sup> Salario Mínimo Legal Mensual Vigente

*1918:* - Después de la Primera Guerra Mundial los postulados de los CIAM -Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna- efectúan una primera aproximación a la necesidad de la vivienda colectiva para población de bajos ingresos (“vivienda mínima obrera”) en la carrera por la reconstrucción de las ciudades. Esto influyó profundamente en la situación latinoamericana.

*1920 y 1930:* Se crearon las primeras instituciones destinadas a financiar y construir vivienda económica, en varios países de Latinoamérica, ya que se acentuó la demanda vivienda y se establecieron los primeros asentamientos informales en las periferias urbanas de entonces.

*1940:* - En Brasil, Venezuela y luego México se realizaron los primeros conjuntos habitacionales a gran escala.

- Se crearon instituciones complementarias pro vivienda de gran importancia en la producción habitacional de cada país, como el Instituto de Crédito Territorial de Colombia.

*1950:* Se construyen las primeras edificaciones en Colombia y Cuba.

*1960 y 1970:* Se abandonó la construcción de grandes bloques multifamiliares en América Latina, lo cual se dio casi al mismo tiempo que Europa y Estados Unidos, ya que resultaron muy costosas e ineficientes para los gobiernos de todos los países en su esfuerzo por proporcionar vivienda a la población de escasos recursos.

- Se deslegitimaron las directrices habitacionales de los CIAM.

*1980:* Dominio creciente del sector inmobiliario y su dependencia del financiamiento estatal y de disponibilidad del suelo localizado.

- Primaba ahora la viabilidad económica rentable, las construcciones habitacionales económicas unifamiliares y multifamiliares decrecieron en su calidad buscando la reducción de costos.

*1990:* Se consolidó en la región la instauración de políticas neoliberales, las cuales le daban total libertad al mercado para satisfacer y manejar la demanda a través de subsidios otorgados por el Estado

*2000:* Los programas de vivienda se enfocaron hacia la renovación urbana, la reutilización de viejas edificaciones y la consolidación del suelo urbanizado en las periferias, predominantemente con proyectos de bajas alturas. (Ballén Zamora, 2009)

### 3.2.1.2 VIS en Colombia

Desde principios del siglo XX, exactamente desde el año 1918, se ha legislado en Colombia en materia de vivienda obrera o popular, o como es llamada actualmente: de *interés social*. Éste “interés” surge en el gobierno colombiano con el fin de atender las necesidades habitacionales de los hogares, ya que en aquella época se presentaban críticos problemas de salubridad y no se tenía acceso a los servicios básicos como acueducto y saneamiento.

Alberto Saldarriaga R. y Olga Lucía Ceballos R., dos arquitectos colombianos, concuerdan en sus publicaciones en que la política de vivienda en Colombia se logra dividir en cinco períodos: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para el Séptimo Foro Urbano Mundial, 2014)

#### - La concepción higienista (1918-1942):

Mediante la *Ley 46 de 1918*, se estableció en el país el interés del Estado colombiano por atender los problemas habitacionales ya que describía la obligación de los municipios de destinar una proporción de sus rentas hacia la construcción de viviendas higiénicas para la clase obrera o proletaria además de establecer que la modalidad de tenencia que se debía aplicar era el arrendamiento.

En las décadas de 1920 y 1930, el Estado empieza a intervenir conformando instituciones públicas en el ámbito de la vivienda rural con el Banco Agrícola y la urbana con el Banco Central Hipotecario (BCH) y el Instituto de Crédito Territorial, ICT (1939 -1991).

Se desarrollan los primeros barrios obreros modelo.

#### - La concepción Institucional (1942-1965):

La política inicia un período en el cual la vivienda social se asocia directamente con un concepto de vivienda económica. Así mismo se dejan de llamar obreros y campesinos a los potenciales beneficiarios.

Se intenta profundizar en la participación de los diferentes niveles territoriales en la política de vivienda. Es así como se descentraliza la coordinación y ejecución de los proyectos, delegando a departamentos y municipios otras competencias.

Otra novedad en éste período es que el sector privado podía intervenir como operador.

Se amplía en gran magnitud el esquema de la política de vivienda pues además de la adquisición de vivienda nueva se incluye la financiación para compra de terrenos, construcción de vivienda, reparación y reconstrucción.

Entre 1953 y 1957 se crea el *subsidio familiar de vivienda-SFV*, el cual se define como una donación del Estado que se abona al valor de la casa.

Se crean normas que fijan criterios sobre la localización de los barrios o proyectos, equipamientos, vías de acceso, número de habitaciones, áreas mínimas, iluminación y ventilación, materiales de construcción y precio entre otras.

Para reducir costos de la vivienda se propone como alternativa la producción en importación de materiales económicos y la prefabricación. Se considera por primera vez el concepto de *desarrollo progresivo*.

Se plantea que a intervención del estado debe dirigirse hacia la atención del déficit cuantitativo y cualitativo, haciendo énfasis que ésta segunda categoría es la más representativa de los problemas habitacionales del país.

#### **- El periodo de transición (1965-1972)**

En este periodo se produjo el empalme entre la concepción precedente de la acción estatal como financiador y constructor de vivienda a otra, donde se pretendió fortalecer la edificación como motor del desarrollo económico del país.

En 1968 se crea el Fondo Nacional del Ahorro (FNA), entidad encargada de operar la administración de las cesantías de los funcionarios del sector público colombiano y desarrollar programas habitacionales y líneas de crédito hipotecario para la población.

Uno de los sucesos más importantes que tuvo lugar durante éste período fue a finales de 1972, ya que el presidente de la época introdujo un nuevo sistema económico dirigido al sector vivienda: el UPAC (Unidad de Poder Adquisitivo Constante), el cual (como su nombre lo indica) tenía como principal objetivo mantener el poder adquisitivo de la moneda y ofrecer una solución a los colombianos que necesitaran tomar un crédito hipotecario de largo plazo para comprar vivienda<sup>3</sup>.

#### **- El periodo de las corporaciones de Ahorro y Vivienda (1971-1990)**

Entre los años 1970 y 1974 se consolidan las bases normativas de las Corporaciones de Ahorro y Vivienda (CAV), las cuales son entidades que financiarán los proyectos de vivienda tanto públicas como de inversión privada.

---

<sup>3</sup> UPAC y UVR | banrepcultural.org. (2017). Banrepcultural.org. Consultado el 30 de abril de 2017, en [http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/el\\_upac\\_y\\_la\\_uvr](http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/el_upac_y_la_uvr)

Uno de los acontecimientos más destacados de este período es que por primera vez el gobierno nacional empieza a considerar la problemática de vivienda no sólo de manera cuantitativa, sino que le da un enfoque a la calidad de las mismas. Esta nueva iniciativa se desarrolla paralelamente en toda Latinoamérica a partir de la década de los 80, cuando aparece con fuerza la lucha contra la pobreza.

En el periodo de gobierno comprendido entre 1974 y 1978, se adopta el salario mínimo legal como medida para definir los precios de los tipos de soluciones de vivienda, el monto de los créditos, los ingresos de los beneficiarios y los subsidios indirectos a algunos tipos de soluciones.

Durante éste período se expide la Ley 9 de 1989 de Reforma Urbana. Participan en el mercado principalmente dos formas de producción social de vivienda: la formal, correspondiente a las asociaciones de vivienda reconocidas como operadores de la política pública y la producción informal o ilegal.

Al finalizar éste período el Estado colombiano pierde su participación directa en la operación de las variables del mercado de la vivienda social, ya que ésta es asumida por los agentes del mercado privado.

#### **- La concepción de mercado y los subsidios a la demanda (1990-2012)**

En el año de 1991 se promulga la Constitución Política de Colombia, que se encuentra actualmente en vigencia, cuyo artículo 51 consagra el derecho de los colombianos a la vivienda digna. Para seguir enfatizando en la calidad de la vivienda, en el año de 1992 el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas aprueba la Resolución 4, relativa al concepto de vivienda adecuada. Ésta resolución es suscrita por el Estado Colombiano, y en consecuencia hace parte del bloque de constitucionalidad vigente.

Uno de los hechos más destacados en cuanto a VIS se refiere, en éste periodo, fue la implantación de la Ley 3 de 1991 donde se creó el Sistema Nacional de Vivienda de Interés Social; se tomó el subsidio como instrumento de financiamiento y se vinculó el ahorro familiar y el crédito hipotecario. A partir de ahí las ciudades colombianas crecieron siguiendo procesos de metropolización y compactación, dentro de los cuales, los asentamientos de baja calidad tenían una participación importante.

A partir de estos años y en cada nuevo periodo gubernamental, la legislación se concentra en afinar la normatividad relativa al Subsidio Familiar de Vivienda (SFV) y a la financiación.

### 3.2.2 ANTECEDENTES SOSTENIBILIDAD EN COLOMBIA

La convención de Estocolmo, en 1972, influenció directamente el inicio de la legislación en materia de sostenibilidad en Colombia, cuyos principios se acogieron en el Decreto 2811 de 1974 (Código de Recursos Naturales Renovables y de la Protección al Medio Ambiente).

Posteriormente, como producto de la nueva constitución política, en 1991 la protección medioambiental se convirtió en un derecho, y fue dotada de mecanismos de protección por parte de los ciudadanos a través de las acciones populares o de grupo. (Gordillo Bedoya, Hernandez Castro, & Ortega Morales, 2010)

En este sentido se deben mencionar, entre otras, las siguientes leyes:

- La ley 99 de 1993 conformó el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y creó el Ministerio del Medio Ambiente como su ente rector. Ésta ley se expidió en desarrollo de los nuevos preceptos constitucionales y de acuerdo con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo de Río de Janeiro en 1992.
- La ley 23 del 12 de diciembre de 1973, permitió expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente.
- La Ley 388 de 1997 o “ley de ordenamiento territorial”.
- La Ley 143 de 1994, que establece el régimen de las actividades de generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad.
- La ley 365 de 2005, que tiene por objeto establecer el marco jurídico institucional para la administración, la conservación, el uso, el aprovechamiento sostenible y la preservación en cantidad y calidad de todos los recursos hídricos existentes en el país.

De acuerdo a las mencionadas normativas como se puede evidenciar, todas estas contienen ciertos apartados con relación a la protección del medio ambiente, o ciertos artículos que mencionan la sostenibilidad, pero no existía alguna clase de legislación sobre construcción sostenible.

### 3.3 ANTECEDENTES

#### 3.3.1 LEED: COLOMBIA

A pesar de carecer de normativa de construcción eficiente en Colombia (hasta ahora), existen los estándares internacionales de certificación que, aunque son de uso voluntario, se ha incrementado su aplicación en la edificación colombiana y reflejan la intención creciente por parte de diseñadores y constructores de buscar e implementar estrategias en pro de la sostenibilidad.

El estándar con más repercusión en Colombia es Leed<sup>4</sup>, creado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council). En los últimos años, el número de proyectos sostenibles certificados en Colombia ha aumentado.

Al año 2015 el país contaba con 335 proyectos certificados y/o en proceso de certificación según Leed, situándose así en el cuarto lugar en Latinoamérica después de Brasil, México y Chile, como se puede ver en la gráfica.

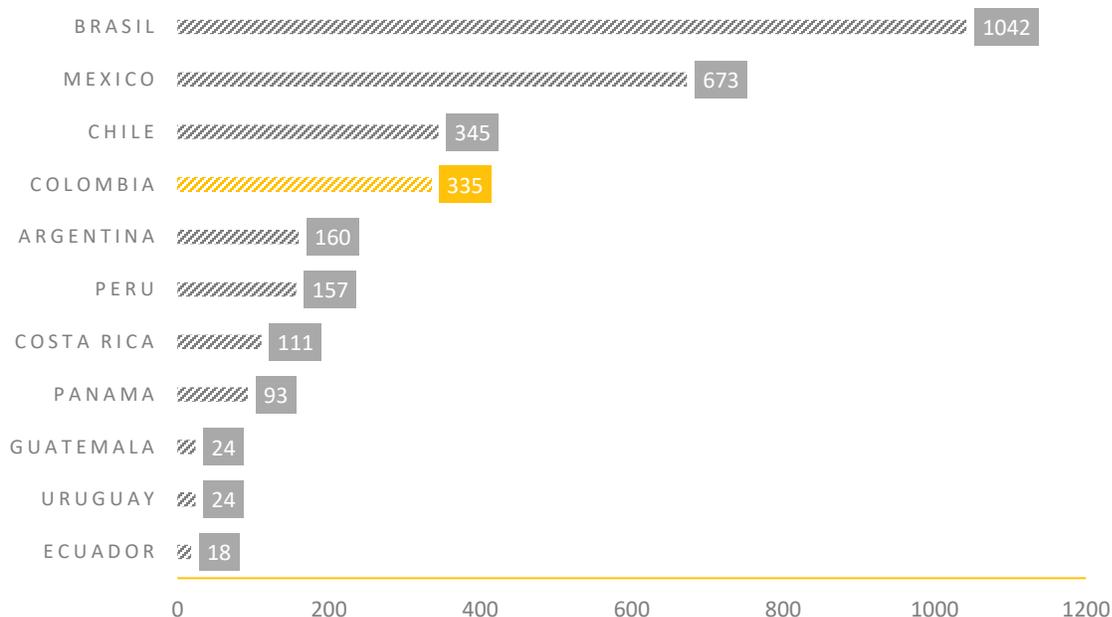


Ilustración 3-1 Número de proyectos certificados  
 FUENTE: <http://innova.camacol.co/construccion-sostenible>

<sup>4</sup> Leadership in Energy & Environmental Design

A fecha de marzo de 2017 en Colombia había 94 proyectos inmobiliarios certificados con LEED y 243 en proceso de certificación. Suman 6.2 millones de m<sup>2</sup>, distribuidos en 44 ciudades y 22 departamentos del país.

	SELLO	No. PROYECTOS	m <sup>2</sup>
	PLATINO	8	78 059
	ORO	48	848 117
	PLATA	24	337 779
	CERTIFICADO	14	108 623

**TABLA 3-2** Proyectos con certificación LEED a marzo de 2017.

FUENTE: Tomado de: Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.

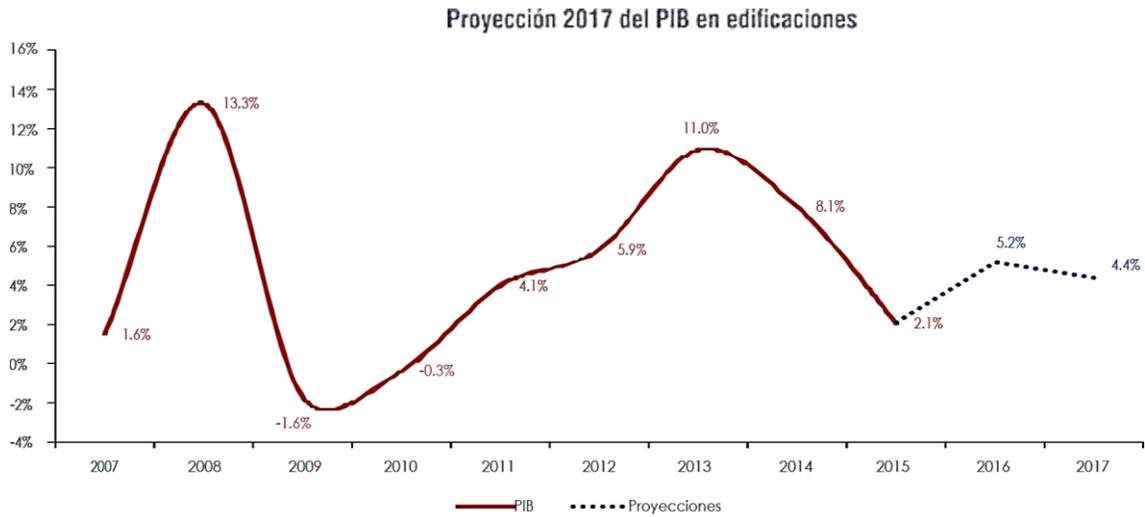
### 3.3.2 EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA

La construcción en Colombia se constituye como uno de los sectores que influye directamente en la economía y desarrollo del país. Alrededor de unos 60 millones de metros cuadrados fueron construidos en áreas urbanas en los últimos 5 años en Colombia, incluyendo obras civiles y edificaciones.

En el ámbito político, la edificación es un aspecto importante en los planes de gobierno, tanto locales como a nivel nacional. ya que siempre se resalta la necesidad de cubrir la carencia de vivienda y la mejora de la calidad de la misma en el país.

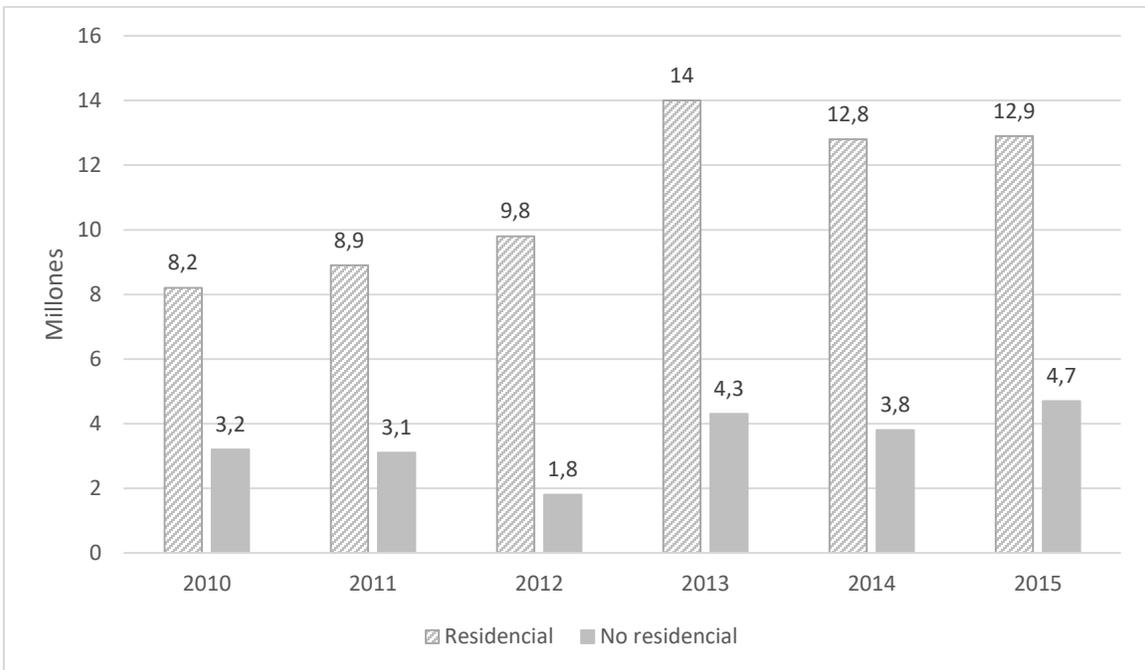
Como se puede observar en la Ilustración 2-2, la proyección que se tiene desde el año 2016 no presenta cambio significativo para el PIB real ya que aumenta en 2016 pero vuelve a disminuir en el 2017.

**IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.**



**Ilustración 3-2** DANE - Cálculo DEET (Departamento de Estudios Económicos y Técnicos) Camacol.

Fuente: DANE – DEET



**Ilustración 3-3** Proyectos terminados por tipo de construcción (m2)

Fuente: DANE – CEED (Censo de Edificaciones)

Se aprecia en la Ilustración 2-3, que la construcción en sector residencial presenta crecimiento, en la muestra desde el año 2010 hasta 2015.

### 3.3.3 DÉFICIT DE VIVIENDA EN COLOMBIA

La medición oficial más reciente del déficit de vivienda en Colombia proviene de la recolección llevada a cabo por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en el año 2005, donde existían en total 8.210.347 de hogares en el área urbana, y de los cuales 1.031.256 (12,56%) se encontraban en déficit cuantitativo y 1.185.607 (14,44%) en déficit cualitativo, para un total de 2.216.863 (27%) de hogares con alguna carencia en materia habitacional en las cabeceras regionales.

Para contrastar las cifras anteriores se toma como base la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) realizada en el año 2013.

De ésta manera, de un total de 10.200.364 de hogares encuestados pertenecientes al área urbana del país, 493.805 (4,8%) se encuentran en déficit cuantitativo y 1.303.043 (12,8%) en déficit cualitativo. Esto quiere decir que para el año 2013 el déficit habitacional era de 14,9% en total. Aunque el porcentaje global se redujo, es importante hacer notar que el aspecto cualitativo, es decir la calidad de las viviendas ha ido decreciendo y sigue siendo una problemática para el país.

	Censo 2005 <sup>1</sup>	% del total 2005	GEIH 2013 <sup>2</sup>	% del total 2013	Variación
Total hogares	8.210.347	100%	10.200.364	100%	1.990.017
Hogares en déficit	2.216.863	27,0%	1.523.848	14,9%	-693.015
Déficit cuantitativo	1.031.256	12,6%	493.805	4,8%	-537.451
Déficit cualitativo	1.185.607	14,4%	1.303.043	12,8%	117.436

**Tabla 3-3** Variación déficit cualitativo y cuantitativo años 2005 y 2013

Fuente: DANE – CEED (Censo de Edificaciones)

### 3.3.4 POLITICA INTEGRAL DE VIVIENDA: PROBLEMÁTICA

La expedición de la Ley 1537<sup>5</sup> en el año 2012, se dio como una respuesta institucional a un conjunto de hechos que sugerían la necesidad de revisar integralmente la operación del modelo para asegurar su eficacia:

El primero fueron los fallos de la Corte Constitucional<sup>6</sup> en materia de atención a la población desplazada, que se sumaron a los compromisos para atender a las víctimas del conflicto armado interno contenidas en la Ley 1448 de 2011, llamada Ley de Víctimas y Restitución de Tierras). Estos precedentes legales, al ordenar que estos dos grupos de población debían ser priorizados dentro del conjunto de potenciales beneficiarios de la política y asegurar su goce efectivo a una vivienda digna, modificaron los criterios de asignación del Subsidio Familiar de Vivienda.

Otro hecho fueron las evaluaciones críticas realizadas independientemente por el BID<sup>7</sup> (2011) y la academia a la política de vivienda y a la operación del SFV. Los estudios ofrecieron argumentos contundentes sobre la necesidad de revisar el modelo implícito de acceso a vivienda basado en el cierre financiero, según el cual los recursos para la adquisición de una vivienda provienen de la articulación de tres fuentes: el subsidio de vivienda, el crédito hipotecario y el ahorro o las fuentes propias el hogar comprador. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para el Séptimo Foro Urbano Mundial, 2014)

---

<sup>5</sup> “Por la cual se dictan normas tendientes a facilitar y promover el desarrollo urbano y el acceso a la vivienda y se dictan otras disposiciones”.

<sup>6</sup> Es la entidad judicial encargada de velar por la integridad y la supremacía de la Constitución Política de Colombia.

<sup>7</sup> Banco Interamericano de Desarrollo

### 3.3.4.1 PROGRAMAS ACTUALES VIS Y VIP

La estructura de la política integral de vivienda, que existe en la actualidad en Colombia se resume en el siguiente diagrama:



Ilustración 3-4 Estructura Política integral de vivienda.

Fuente: Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio

#### - Programa de Vivienda Gratuita

Luego de que la Ley 1537 fuera aprobada en el año 2012 por el gobierno colombiano, se introdujo la posibilidad de acceder a la vivienda de forma gratuita para hogares en situación de vulnerabilidad priorizada, es decir aquellos hogares sin capacidad de ahorro ni acceso a crédito alguno. El 75% de los hogares beneficiarios hace parte de población desplazada, víctimas de conflicto y afectados por tragedias naturales.

Con base en los lineamientos descritos en la ley 1537 en el plan de gobierno del actual presidente Juan Manuel Santos y a través del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio se está ejecutando el Programa de Vivienda Gratuita (PVG) el cual pretende construir y entregar 100.000 viviendas de interés prioritario (VIP), distribuidas en 281 proyectos y 211 municipios.

#### - Subsidio a la tasa de interés VIS y VIP

Es un programa del Gobierno Nacional para facilitar la compra de vivienda de la clase media colombiana. El programa, está dirigido a hogares con ingresos hasta de 8 salarios mínimos a los

que el Gobierno subsidiará la tasa de interés del crédito que contraten con el banco de su elección. Tanto el subsidio para la cuota inicial como el subsidio a la tasa, varían de acuerdo a los ingresos del hogar.

El subsidio a la tasa de interés del Gobierno Nacional les ayuda a los colombianos a pagar hasta el 30% de la cuota mensual de su crédito hipotecario.

Los recursos para el pago del subsidio provienen del presupuesto general de la Nación, que se depositan en el Fondo de Reservas para la Estabilización de la Cartera Hipotecaria (FRECH), administrado por el Banco de la República de Colombia.

- ***Subsidio a la tasa de interés no VIS***

A comienzos del año 2013 cuando se percibían señales de desaceleración económica el Gobierno Nacional puso en marcha éste programa dirigido a hogares de ingresos medios y con la finalidad de dar estímulo a la adquisición de vivienda nueva tipo No VIS con un precio entre 135 y 335 SMLMV.

- ***Programa de vivienda para ahorradores***

Éste programa está dirigido a hogares con ingresos menores a 2 SMLMV y sin acceso a crédito ya que se encuentran en situación de informalidad laboral. Como requisito para optar por el subsidio, entre otros, el hogar beneficiario debe aportar el 5% del valor de una Vivienda de Interés Prioritario (VIP). (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para el Séptimo Foro Urbano Mundial, 2014)

### **3.3.5 GESTIÓN DE LA VIVIENDA SOCIAL**

#### **3.3.5.1 A nivel nacional: Colombia**

Actualmente el ente gubernamental que interviene directamente en la gestión de VIS en Colombia es el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), el cual opera en las variables fundamentales del mercado de servicios habitacionales, como es el caso del crédito hipotecario y la promoción y generación de soluciones de VIP. El sector privado mantiene una intensa participación en los procesos de oferta y demanda de estos tipos de vivienda en el país.

#### **3.3.5.2 A nivel departamental: Boyacá**

En forma jerárquica, a continuación del Ministerio de Vivienda se hace la delegación a cada uno de los 32 departamentos que conforman el territorio nacional. Dentro de éste grupo se encuentra el Departamento de Boyacá, el cual dentro de su esquema administrativo y de gobierno cuenta con las Secretarías de Infraestructura y Hacienda, que son las directamente encargadas de

coordinar y definir la inversión, planeación y supervisión de la ejecución de los proyectos de VIS y VIP para cada municipio.

En el Artículo 4 de la Ley 1537 de 2012, se describen las funciones básicas en cuanto a gestión de vivienda se refiere para los gobiernos departamentales:

Los departamentos en atención a la corresponsabilidad que demanda el adelanto de proyectos y programas de vivienda prioritaria, en especial en cumplimiento de su competencia de planificar y promover el desarrollo local, de coordinar y complementar la acción municipal y servir de intermediarios entre la Nación y los municipios, deberán en el ámbito exclusivo de sus competencias y según su respectiva jurisdicción:

1. Adelantar las funciones de intermediación del departamento en las relaciones entre la Nación y los municipios.
2. Ejercer la dirección y coordinación, por parte del Gobernador, de los servicios y programas de vivienda de interés prioritario en el territorio.
3. Promover la integración, coordinación y concertación de los planes y programas de desarrollo nacional y territorial en los programas y proyectos de vivienda prioritaria.
4. Promover la integración de los distritos y municipios, o entre estos últimos, para la organización y gestión de programas de vivienda prioritaria.
5. Efectuar el acompañamiento técnico de los municipios para la formulación de los planes, programas y proyectos de vivienda prioritaria.

### **3.3.5.3 A nivel local: Tunja**

A efectos del presente Proyecto de Investigación, la ciudad objeto de estudio es Tunja, capital del Departamento de Boyacá. En el Artículo 24 del Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja<sup>8</sup>, expedido por la Alcaldía (Ayuntamiento) Municipal, se describen las funciones de ECOVIVIENDA<sup>9</sup>,

---

<sup>8</sup> POT de Tunja (Acuerdo Municipal No. 016 de 2014) “Constituye el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, programas, actuaciones, decisiones y normas coherentes y concertadas establecidas con el fin de administrar el territorio municipal, los cuales son estructurados a partir de las políticas, estrategias, programas y proyectos que garanticen el uso racional y equitativo del suelo, el desarrollo económico en armonía con la naturaleza y el acceso de toda la población a la vivienda, los servicios públicos y sociales, la recreación y los derechos ciudadanos consagrados en la Constitución Política de Colombia”

<sup>9</sup> Empresa Constructora de Vivienda de Tunja

así: “... fortalecer el desarrollo y la implementación de la política social de vivienda de interés social desde la perspectiva de la demanda y no de la oferta, reestructuración que debe tener en cuenta:

- a. Que sus acciones se dirijan a la promoción de la construcción de vivienda nueva y terminada, destinada a los grupos de población más vulnerable y de más bajos recursos.
- b. Que sus programas y proyectos funcionen sobre la base de la captación de diversos recursos económicos entre ellos los nacionales, así como los subsidios de origen municipal.
- c. Que, en todo momento, se evite la entrega o adjudicación de lotes o soluciones parciales”.

Otra de las disposiciones contenidas en el Artículo 24 son:

- El desarrollo de programas y proyectos de oferta de vivienda de interés social estará dirigido a la población con ingresos inferiores a cuatro salarios mínimos legales vigentes con énfasis en aquella población que obtenga ingresos menores a dos salarios.

Otra de las disposiciones contenidas en el POT de Tunja, en materia de VIS y VIP, se encuentra en el Artículo 51 del Acuerdo Municipal No. 016, donde se describen los usos tipológicos así:

**Consideraciones normativas:** Para viviendas (VIP o VIS) se establecen las siguientes condiciones de área mínima de lote/ terreno:

- Para vivienda unifamiliar VIS o VIP de 35 m<sup>2</sup> de área; frentes anterior y posterior de 3.50 m y aislamiento posterior de 2.00 m.
- Para vivienda bifamiliar VIS o VIP de 70 m<sup>2</sup>, frentes anterior y posterior de 7.00 m y aislamiento posterior de 2.00 m.
- Para vivienda multifamiliar VIS o VIP de 120 m<sup>2</sup>.

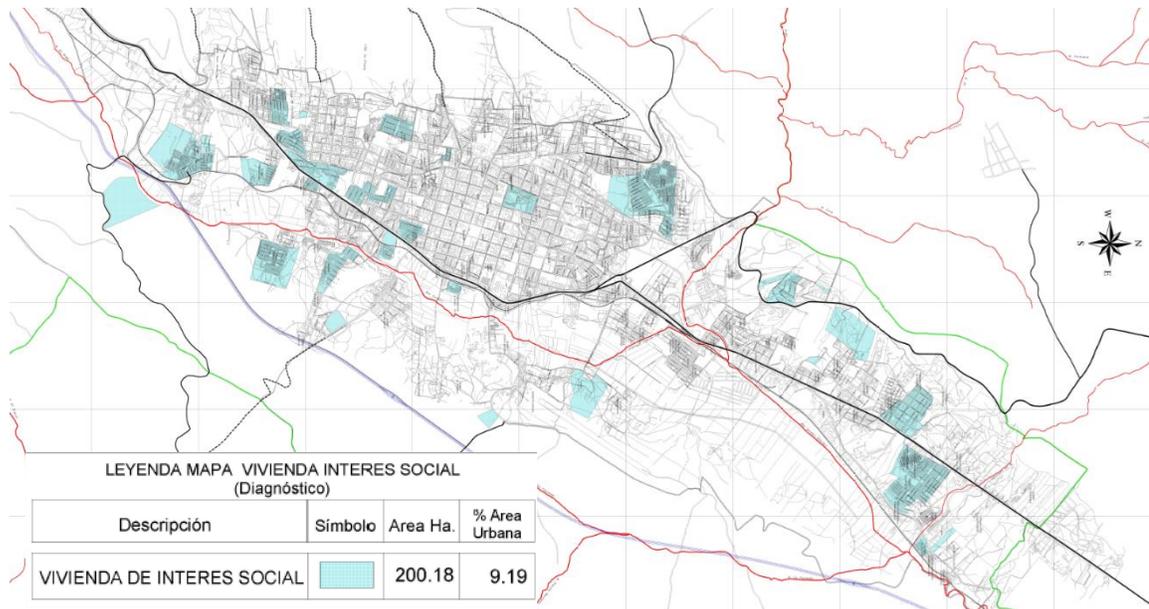


Ilustración 3-5 Mapa P-60 del POT de Tunja. Diagnóstico Proyectos de Vivienda de Interés Social e Interés Prioritario.

FUENTE: Alcaldía Mayor de Tunja.

De acuerdo al diagnóstico incluido en el Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja, el 9,19% del área urbana de la ciudad corresponde a proyectos VIS/VIP, aproximadamente unas 200,18 Hectáreas.

### 3.3.6 CARACTERÍSTICAS VIS Y VIP EN COLOMBIA

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio publicó la “Serie de Guías de Asistencia Técnica para Vivienda de Interés Social” en el año 2014, las cuales son la herramienta metodológica para la formulación, ejecución y puesta en marcha de proyectos de vivienda de interés social del país, en la actualidad.

#### 3.3.6.1 Materiales

En la Guía 2 de Asistencia Técnica se exponen las recomendaciones para la adecuada selección de los materiales de construcción de vivienda de interés social que se ven reflejados en la

sostenibilidad de la vivienda de acuerdo a los factores climáticos, la inercia térmica y una respuesta arquitectónica óptima.

Se nombran dos tipos de vivienda de acuerdo a sus procesos constructivos:

- *Tradicional*: Es aquella vivienda que está construida con materiales propios de la región y cuyo proceso constructivo ha sido transmitido de generación en generación.

- *Convencional*: Es aquella vivienda construida con sistemas constructivos artesanales mejorados que utiliza materiales modernos o industrializados. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011)

Clima frío en Colombia

Actividades de construcción	TRADICIONAL	CONVENCIONAL
MUROS	Adobe	Unidades de Mampostería
	Tapia Pisada <sup>10</sup>	Pañetes <sup>11</sup>
CUBIERTA	Estructura en Madera	Teja de fibrocemento
	Teja de barro <sup>12</sup>	Teja de barro
PISOS	Madera	Alfombra
		Madera
		Vinilo
VENTANAS	Madera con basculantes verticales	Aluminio
		Vidrio
		Ángulo

**Tabla 3-4** Materiales recomendados de acuerdo a la inercia térmica, para clima frío en Colombia.

FUENTE: Guía 2 de Asistencia Técnica para Vivienda de Interés Social

<sup>10</sup> Tapial.

<sup>11</sup> Enfoscados.

<sup>12</sup> Teja cerámica.

### 3.3.6.2 Sistemas Constructivos

De acuerdo con los datos obtenidos en por el DANE<sup>13</sup> y Camacol<sup>14</sup>, a nivel nacional el sistema constructivo más empleado (2013) para VIS y No VIS es la mampostería confinada, especialmente en las ciudades de Bogotá, Medellín y Bucaramanga, donde representa un 71,52 %, seguida por el sistema industrializado y la mampostería estructural, respectivamente.

El DANE caracteriza a partir de la NSR- 10<sup>15</sup> estos sistemas de la siguiente manera:

- **Mampostería confinada:** en este sistema se construyen muros con ladrillos o bloques, donde el refuerzo se coloca perimetralmente mediante vigas y pilares de concreto reforzado, las cuales son fundidas (vaciadas) posteriormente a la construcción del muro para que éste quede confinado adecuadamente.
- **Mampostería estructural:** es un sistema estructural clasificado por la Norma Sismo-Resistente dentro del sistema de “muros de carga”. Se diferencia del sistema de pórticos por el tipo de elementos verticales utilizados, los cuales son elementos componentes también del muro y se caracterizan por su poco espesor y grandes dimensiones (alto y ancho).
- **Sistema industrializado (vaciado de hormigón por cimbra):** entre las más difundidas se encuentra la construcción de vivienda, cuyo sistema estructural está conformado únicamente por placas y muros en hormigón armado.
- **Otros sistemas:** sistema basado en materiales como guadua, bareque, tierra estabilizada, entre otros.<sup>16</sup> (Construdata, 2013)

---

<sup>13</sup> Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

<sup>14</sup> Cámara Colombiana de la Construcción.

<sup>15</sup> Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente-2010 (vigente).

<sup>16</sup> Tomado de: [http://www.construdata.com/Bc/Otros/Archivos/como\\_se\\_construye\\_en\\_colombia.asp](http://www.construdata.com/Bc/Otros/Archivos/como_se_construye_en_colombia.asp)



Ilustración 3-6 (Captura de pantalla). Distribución en (%) del uso de los sistemas constructivos en Colombia para VIS y No VIS año 2013.

FUENTE: [http://www.construdata.com/Bc/Otros/Archivos/como\\_se\\_construye\\_en\\_colombia.asp](http://www.construdata.com/Bc/Otros/Archivos/como_se_construye_en_colombia.asp)

El caso de estudio referido en un capítulo posterior, es una edificación cuyo sistema constructivo es el industrializado. Las cifras presentadas en la Ilustración 2-6 corresponden al año 2013, y a lo largo de los últimos años, con los programas de construcción masiva de VIS y VIP del gobierno, éste sistema ha ido en crecimiento.

### 3.3.6.3 Tipologías VIS

Es pertinente mencionar el concepto de *Solución de Vivienda*, ya que, en bibliografías, normativa y demás literatura colombiana, se menciona repetidas veces y está directamente relacionado con la temática de VIS y VIP. La definición que se encuentra consignada en el Artículo 27 de la Ley 1469 de 2011<sup>17</sup> es:

*“...conjunto de operaciones que permite a un hogar disponer de habitación en condiciones sanitarias satisfactorias de espacio, servicios públicos y calidad de estructura, o iniciar el proceso para obtenerlas en el futuro...”*

<sup>17</sup> “Por la cual se adoptan medidas para promover la oferta de suelo urbanizable y otras disposiciones para promover el acceso a la vivienda”

En éste mismo Artículo se nombran algunas de las acciones que conducen a obtener soluciones de vivienda en Colombia:

- Construcción o adquisición de vivienda.
- Construcción o adquisición de unidades básicas de vivienda (espacio uso múltiple, cocina, baño y lavadero) para el desarrollo progresivo.
- Adquisición de lotes (parcelas) destinados a programas de autoconstrucción de vivienda de Interés social y VIP.
- Mejoramiento, habilitación y subdivisión de vivienda;
- Habilitación legal de los títulos de inmuebles destinados a la vivienda.

El programa de necesidades para la **vivienda mínima** en Colombia es:

- Área social: comedor y salón.
- Cocina
- Baño.
- Lavadero: zona de lavandería.
- Una o más habitaciones.

### 3.3.7 ESTANDAR PASSIVHAUS

Uno de los estándares reconocidos a nivel mundial y que tuvo su origen en Alemania, es el de *Passivhaus* o Passive House, cuyo objetivo es la implementación de medidas pasivas a edificaciones, y toma especial cuidado a los climas fríos, ya que de acuerdo a sus principios logra reducir significativamente la demanda para calefacción.

Se asocia a continuación el concepto de Vivienda Pasiva con el presente trabajo de investigación ya que el enfoque es precisamente el estudio de las condiciones de diseño y construcción en clima frío en Colombia, a partir del análisis del estado actual de cierto tipo de vivienda, con especial atención a las condiciones de la envolvente del edificio y el confort térmico. A continuación, se explican describen<sup>5</sup> de los criterios tenidos en cuenta por la iPHA (International Passive House Association), la Asociación Internacional de Passive House, para la certificación de edificaciones, y que serán tenidos en cuenta en la propuesta de mejoramiento final del trabajo.

## IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

CERTIFICACIÓN	
CRITERIO	DESCRIPCIÓN
<b>Demanda de Calefacción Espacial</b>	No mayor a 15kWh-año o 10W/m <sup>2</sup> de espacio habitable útil.
<b>Demanda de Refrigeración Espacial</b>	Es la misma que la demanda permitida para Calefacción, pero de acuerdo con las condiciones climáticas del lugar se debe tener un adicional para la deshumidificación.
<b>Demanda de Energía Primaria</b>	No mayor a 120 kWh/m <sup>2</sup> -año de espacio habitable útil. de teniendo en cuenta todos los usos domésticos (calefacción, refrigeración, agua caliente y electricidad)
<b>Hermeticidad</b>	Máximo de 0.6 renovaciones de aire por hora.
<b>Confort Térmico</b>	Temperatura media del aire: valor mínimo de confort en invierno de 20°C y en verano un valor máximo de 25°C.

Tabla 3-5 Criterios para la certificación del Estándar Passive House.

FUENTE: [<https://www.passipedia.org>]

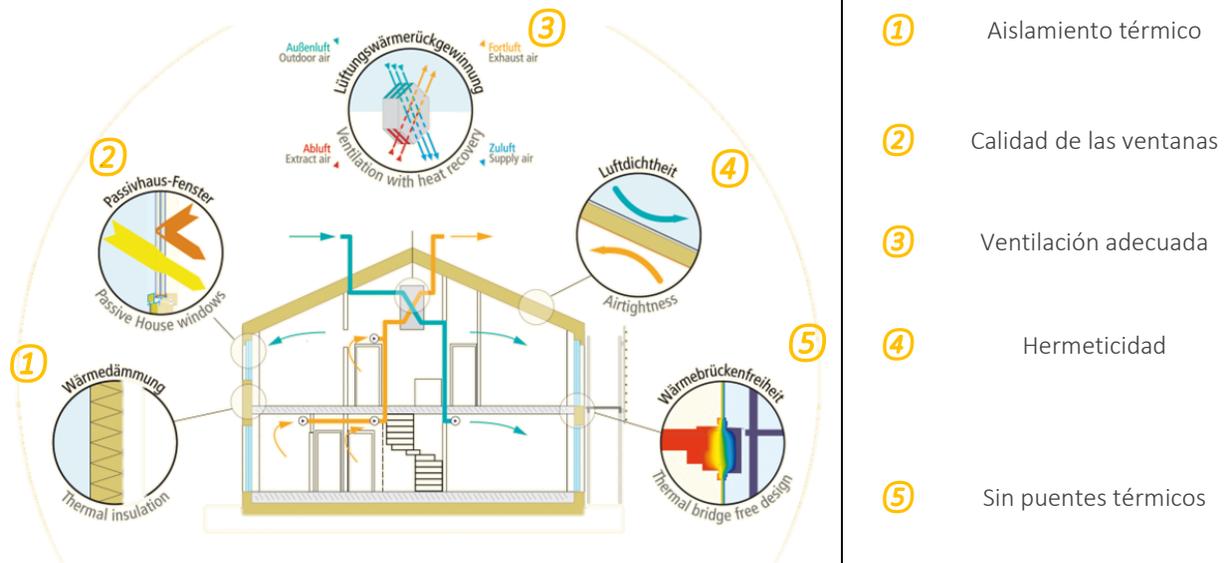


Ilustración 3-7 Principios básicos del Passive House.

FUENTE: [<https://www.passipedia.org>]

### 3.3.7.1 Referentes

A continuación, se expone un proyecto como referente que, aunque actualmente no se ha ejecutado, tiene una propuesta interesante, ya que sigue los lineamientos de Passive House, y el gobierno en asociación con entidades internacionales, realizan un esfuerzo por subsidiar las mejoras, y reducir el impacto que generan las viviendas sociales.

#### 3.3.7.1.1 EcoCasa LAIF (México)

Es un programa de desarrollo de vivienda social sustentable, pionero en América Latina, y que adopta como guía el Estándar Passivhaus o *Vivienda Pasiva*.

Esta es una iniciativa impulsada por el gobierno mexicano donde se plantea la construcción hasta 800 unidades de vivienda, teniendo en cuenta el confort y la eficiencia energética, ya que se prevé que cada una de ellas logre reducir aproximadamente un 80% de CO<sub>2</sub> en comparación a la vivienda tradicional.

La Sociedad Hipotecaria Federal de México (SHF) en cooperación con la Latin America Investment Facility (LAIF) de la Unión Europea y el Banco de Desarrollo Alemán (KfW), contemplan la entrega de subsidios destinados a cubrir hasta el 70% del sobrecosto por la implementación de medidas de alta eficiencia y la asistencia técnica a usuarios y desarrolladores.



**Ilustración 3-8** Programa EcoCasa LAIF – Vivienda Social Eficiente (México).

FUENTE: Sociedad Hipotecaria Federal de México [<http://www.ecocasa.gob.mx/Paginas/Inicio.aspx>]

Ésta iniciativa fue expuesta en el marco de la 21ª Conferencia Internacional de Vivienda Pasiva, que tuvo lugar en Viena, en el mes de abril de 2017<sup>18</sup>.

#### 3.3.7.1.2 Subsidio Acondicionamiento térmico – Chile

El programa de subsidios propuesto por el gobierno chileno en el año 2015, constituye una estrategia para el mejoramiento de viviendas en zonas donde se alcanzan muy bajas temperaturas, desde la región central hacia la zona antártica chilena, sur del continente americano.

El programa se basa en el Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE), conocido por sus siglas en inglés como *EIFS (External Insulation Finishing System)* así:

---

<sup>18</sup> Sociedad Hipotecaria Federal de México [<http://www.ecocasa.gob.mx/Paginas/Inicio.aspx>]

## PROYECTOS DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE VIVIENDAS SISTEMAS DE AISLACIÓN TÉRMICA EXTERIOR - EIFS (Exterior Insulation and Finish System)

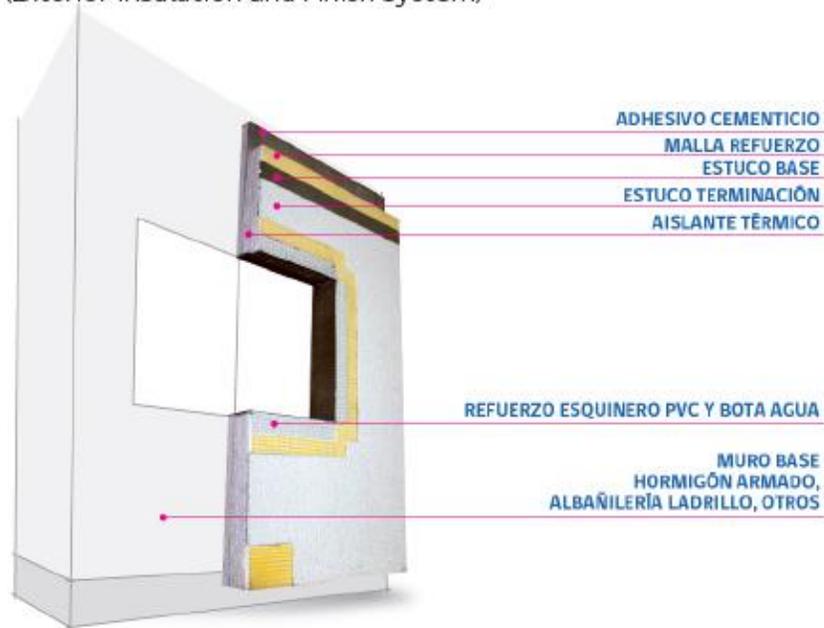


Ilustración 3-9 Sistema de Aislamiento Térmico Exterior. Ministerio de Vivienda Chile.

FUENTE: Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile-MINVU.  
([http://www.minvu.cl/opensite\\_det\\_20150729141233.aspx](http://www.minvu.cl/opensite_det_20150729141233.aspx))

Además del revestimiento, dentro del proyecto de mejoramiento se encuentra el cambio de ventanas y cubierta. Con el acondicionamiento de las viviendas sociales se pretende reducir la demanda de calefacción en un 30%.



## **CAPITULO III NORMATIVA**

## 4 CASO DE ESTUDIO

### 4.1 RESUMEN DE LA NORMATIVA: GUIA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE PARA EL AHORRO DE AGUA Y ENERGÍA DE EDIFICACIONES

#### 4.1.1 CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN

Entre el año 2010 y 2011 comienza el proyecto de la creación del *Código de Construcción Sostenible para Colombia*, en un proceso de Cooperación entre el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), el IFC<sup>19</sup> y la embajada de Suiza a través de la Secretaría de Estado para Asuntos Exteriores de Suiza (SECO).

Así pues, se expidió el Decreto 1285<sup>20</sup> de 2015 y conjuntamente la Resolución 0549 de 2015 con la cual se adopta la “Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de Agua y Energía”, donde se publica un reglamento que tiene como objetivo final, introducir estándares de construcción sostenible para promover la eficiencia energética y el uso racional del agua en las nuevas edificaciones que se construyan en el territorio nacional a partir de su entrada en vigencia.

Para lograr este objetivo fundamental, en la nueva normativa se establecen porcentajes mínimos obligatorios de ahorro de energía y agua en las edificaciones. Para el desarrollo del presente trabajo se enfocará exclusivamente hacia el ahorro energético y puntualmente en las viviendas de interés social y prioritario VIS y VIP.

#### 4.1.2 METODOLOGÍA PARA LA CREACIÓN DE LA GUÍA

A continuación, se expone la metodología llevada a cabo para la creación y redacción de la *Guía de Construcción Sostenible*, adoptada por la mesa directiva del proyecto. Ésta metodología está basada en un análisis costo-beneficio de diferentes medidas o estrategias de ahorro energético, de acuerdo al lugar, condiciones climatológicas y tipo de edificación.

---

<sup>19</sup> *International Financial Corporation* /Corporación Financiera Internacional del Banco mundial

<sup>20</sup> “Por el cual se modifica el Decreto 1077 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones”

#### 4.1.2.1 Zonas Climatológicas

Colombia cuenta con una diversidad climática, la cual está determinada en gran medida por la ubicación geográfica y por las características fisiográficas del territorio nacional.

El IDEAM<sup>21</sup> clasifica el clima colombiano por medio de *pisos térmicos*, donde la altura sobre el nivel del mar es el factor principal que caracteriza cada clima. Ésta clasificación dirigida a la región Andina Tropical, se llama *Modelo Caldas*.

En éste modelo hay cinco pisos térmicos: Glacial, Páramo, Frío, Templado y Cálido.

MODELO CLIMATOLÓGICO DE CALDAS			
PISO TÉRMICO		RANGO DE ALTURA (m)	TEMPERATURA (°C)
Cálido		0 a 1000	$T \geq 24$
Templado		1001 a 2000	$24 > T \geq 17.5$
Frío		2001 a 3000	$17.5 > T \geq 12$
Páramo	Bajo	3200 a 3700	$12 \geq T \geq 7$
	Alto	3700 a 4200 (aprox.)	$7 < T$

**Tabla 4-1** Modelo climático según Caldas para región Andina.

FUENTE: IDEAM.

Ya que en el modelo de Caldas no se hace diferenciación en cuanto a la humedad, para efectos de la nueva normativa también se analiza la clasificación climática basada en el modelo de Richard Lang<sup>22</sup>, del cual se obtienen 6 categorías principales: desierto, árido, semiárido, semihúmedo, húmedo y super-húmedo.

<sup>21</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

<sup>22</sup> Ésta es obtenida de la precipitación anual y la temperatura media.

El factor de Lang es el cociente entre la precipitación anual y la temperatura media.

FACTOR DE LANG	CLASE DE CLIMA
0 a 20.0	Desértico
20.1 a 40.0	Árido
40.1 a 60.0	Semiárido
60.1 a 100.0	Semihúmedo
100.1 a 160.0	Húmedo
Mayor que 160	Superhúmedo.

**Tabla 4-2** Clasificación de climas según Richard Lang.

FUENTE: IDEAM.

Así pues, tomando como base los modelos anteriores, en el Artículo 6 de la Resolución 549 de 2015<sup>23</sup>, se hace referencia a la información contenida en el Anexo No. 2 de la misma. Allí se encuentra el *Mapa de Clasificación del Clima de Colombia según la Temperatura y la Humedad Relativa*, además de un listado de todos los municipios del país, relacionados con la zona climática a la que pertenece.

<sup>23</sup> “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”

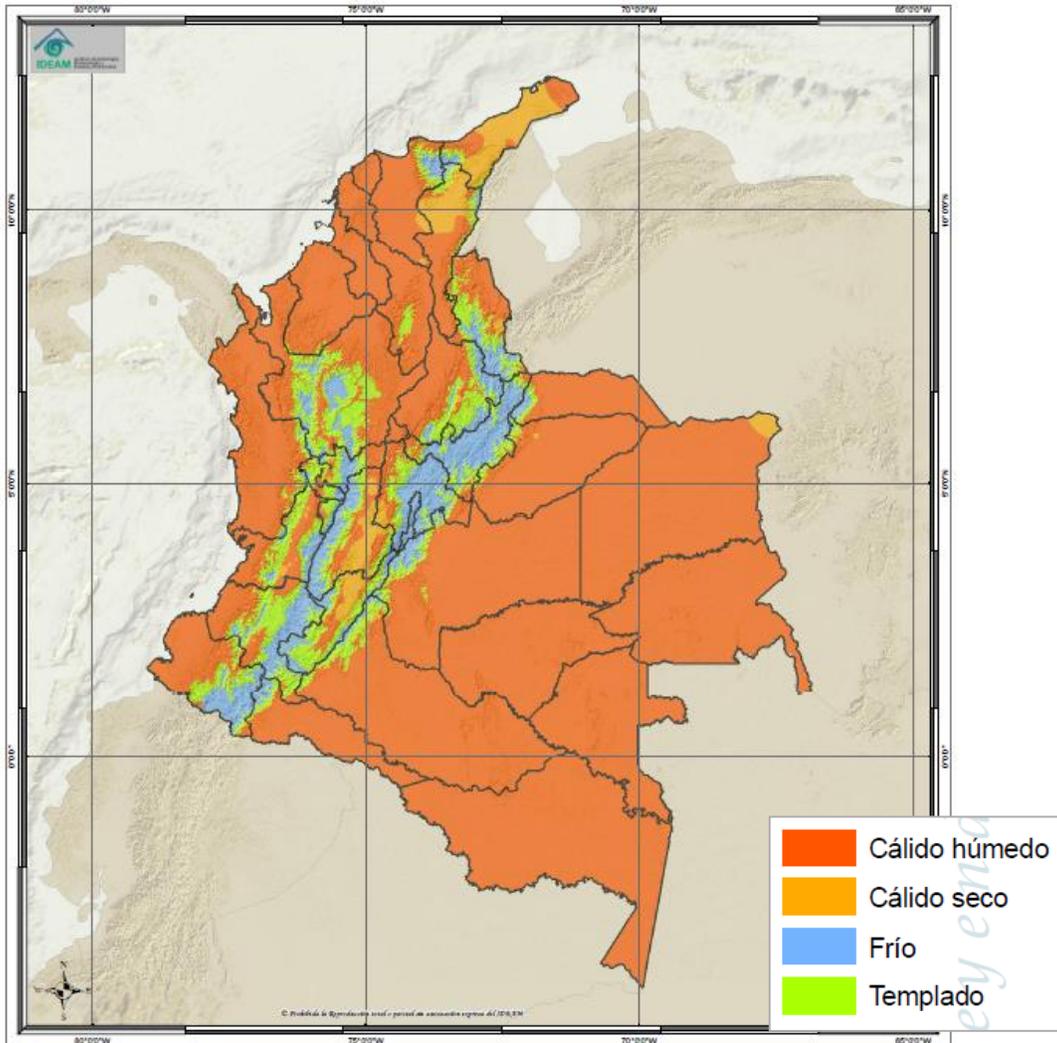


Ilustración 4-1 Clasificación del Clima en Colombia según la Temperatura y la Humedad Relativa.

FUENTE: Resolución 549 de 2015 (Anexo 2).

## IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

Para establecer los porcentajes de ahorro de agua y energía en la Guía se toman los siguientes rangos de altura y temperaturas, para la clasificación climática, y una ciudad representativa por cada una.

Tipo de clima	Temperatura (°C)	Altitud (msnm)	Ciudad representativa
Frío	12 - 18	2000m - 2999m	Bogotá (2625m)
Templado	18 - 24	1000m - 1999m	Medellín (1495m)
Cálido seco	> 24; HR < 75%	< 1000m	Cali (997m)
Cálido húmedo	> 24; HR > 75%		Barranquilla (18m)

**Ilustración 4-2** (Captura de pantalla) Variables que definen el clima según la clasificación climática. Principal ciudad representativa para cada tipo de clima.

FUENTE: Resolución 549 de 2015 (Anexo 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía)

### 4.1.2.2 Línea base de consumo de energía

La línea base de consumo energía es la relación del tipo de edificio y la zona climática, y está expresada en kWh/m<sup>2</sup>– año, para cada clima.

kWh/m <sup>2</sup> -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

**Ilustración 4-3** Línea base de consumo de energía.

FUENTE: Resolución 549 de 2015 (Anexo 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía)

#### 4.1.2.3 Estrategias y recomendaciones incluidas en la norma

Con los datos reunidos para determinar la línea base de consumo de energía, se realizaron diversas simulaciones energéticas, teniendo en cuenta, además: Clima y tipos de edificaciones construidas, dando como resultado 6 tipos que representan el mayor consumo:

- Edificaciones de vivienda (VIP, VIS y no VIS)
- Centros comerciales
- Edificaciones de Oficinas
- Hoteles
- Hospitales
- Educativos

Con base en los tipos de edificación se incluyeron en la Guía 36 medidas para eficiencia y ahorro, 30 pertenecientes al aspecto energético y 6 al de agua.

Ya que en el presente trabajo sólo se analizará el aspecto energético las estrategias en la guía se encuentran organizadas en dos categorías:

- **Medidas activas.** son aquellas que comprenden el uso de sistemas mecánicos y/o eléctricos para crear condiciones de confort al interior de las edificaciones, tales como calderas y sistema de aire acondicionado, ventilación mecánica, iluminación eléctrica, entre otras.
- **Medidas pasivas.** son aquellas que se incorporan en el diseño arquitectónico de las edificaciones y propenden por el aprovechamiento de las condiciones ambientales del entorno, maximizando las fuentes de control térmico, ventilación y reducción energética para crear condiciones de confort para sus ocupantes, pero no involucran sistemas mecánicos ni eléctricos. Las estrategias pasivas consideran como clima, localización, paisaje, orientación, forma, protección solar, selección de materiales, masa térmica, aislamiento, diseño interior y la ubicación de las aperturas para el manejo del acceso solar, luz natural y ventilación.

IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

MEDIDAS PASIVAS	MEDIDAS ACTIVAS	
Relación Ventana / Pared	ILUMINACION	Iluminación natural
Sombreamiento - Horizontal		Densidad de potencia de luz [LPD - W/m <sup>2</sup> ]
Sombreamiento - Vertical		Controles [sensores de ocupantes, Zonificación]
Sombra - Combinada		Controles iluminación exterior
Valor U del Vidrio	HVAC- Heating, Ventilation & Air Conditioning (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado)	Economizadores de aire (W/m <sup>2</sup> ):
Coefficiente de ganancia de calor del Vidrio		Coefficiente de desempeño (COP)
Valores del conjunto de acristalamiento		Variadores de frecuencia (VSD) para torres de Enfriamiento
Valor U muro		Sensores de Monóxido de Carbono (CO) para ventilación de estacionamiento vehicular
Valor U cubierta		Sensores de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) para suministro aire Fresco
Reflectividad Pared		Variadores de frecuencia (VSD) para Bombas
Reflectividad techo		Recuperación de calor de aire de retorno
		Ventilador VFD-UMA
Estanqueidad	POTENCIA ELÉCTRICA	Agua Caliente Solar
		Eficiencias de Ascensores & Escaleras Mecánicas
		Sub-medición de electricidad
Ventilación Natural		Corrección de factor de potencia
		Puntos cargue carros eléctricos

**Tabla 4-3** Medidas pasivas y activas para el ahorro energético incluidas en la Guía de construcción sostenible.

FUENTE: Resolución 549 de 2015 (Anexo 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía)

#### 4.1.2.4 Análisis de costos

En la Guía se describe cómo fueron seleccionaron las estrategias para cada clima y tipo de edificación de acuerdo a un análisis costo-beneficio y las siguientes variables: potencial de ahorro de energía, costo de implementación, el periodo de retorno de la inversión (en años), la disponibilidad en el mercado y la facilidad de inclusión.

Las medidas recomendadas son aquellas que cumplen los siguientes criterios: el potencial de ahorro de energía de al menos 5%, que no costaran más del 5% del total del costo de la edificación y que los costos fueran recuperados en menos de 5 años. *La única excepción es en la vivienda social (VIP y VIS) donde el presupuesto es limitado por lo cual el costo máximo permitido de construcción es 3%.*

#### 4.1.2.5 Porcentajes mínimos de ahorro

En el Artículo 3 de la Resolución 549 de 2015 se especifica que la forma de aplicación de la presente normativa será gradualmente así:

## IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

Energía	Porcentaje mínimo de ahorro - Primer año de la entrada en vigencia			
	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Con respecto a la línea base				
Hoteles	15	15	15	15
Hospitales	15	15	15	15
Oficinas	15	15	15	15
Centros comerciales	15	15	15	15
Educativos	15	15	15	15
Vivienda no VIS	10	10	10	10
Vivienda VIS	10	10	10	10
Vivienda VIP	10	10	10	10

**Ilustración 4-4** (Captura de pantalla) Porcentaje mínimo exigido en el primer año de entrada en vigencia de la normativa.

FUENTE: Resolución 549 de 2015 (Anexo 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía)

- Durante el primer año de vigencia de la Resolución, es decir a partir de 11 de Julio de 2015, la implementación y aplicación de la normativa será optativa por parte de diseñadores y constructores.
- Un año después de la entrada en vigencia, es decir a partir del 11 de julio de 2016 los porcentajes de ahorro serán los establecidos en la **Ilustración 4-4**, de obligatorio cumplimiento para las ciudades capitales, con más de 1.2 millones de habitantes: Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.

- Finalmente, a partir del 11 de julio de 2017 y en adelante se aplicarán los porcentajes contenidos en la **Ilustración 4-5** y se exigirá para el resto del territorio nacional colombiano.

Energía	Porcentaje mínimo de ahorro			
	Frío	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

**Ilustración 4-5** (Captura de pantalla) Porcentaje mínimo de ahorro exigido definitivo.

FUENTE: Resolución 549 de 2015 (Anexo 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía)

#### 4.1.2.6 Estrategias sugeridas de acuerdo al clima

Para efectos de éste trabajo de investigación, se tomará como referencia **Ilustración 4-5**, con los porcentajes de ahorro que permanecerán vigentes, además de las medidas o recomendaciones para obtenerlos en clima frío.

En la Guía se hace una anotación que dice: “*las medidas señaladas por tipo de edificación deberán aplicarse en su totalidad para el cumplimiento del porcentaje de ahorro requerido*”. Cabe aclarar que es obligatorio para todos los tipos de edificación excepto para VIVIENDAS TIPO VIS Y VIP, ya que para estas es **opcional** la aplicación de las medidas.

*[Nota: El objetivo de ésta investigación es analizar el comportamiento de la envolvente de la vivienda, por esta razón solo se tomará en cuenta la definición de la estrategia pasiva primera de las tres recomendaciones que da la norma para VIS y VIP en clima frío]*

## IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

FRÍO	Hotel	Oficina	Centro comercial	Hospital	Educativo	Vivienda no VIS	Vivienda VIS/VIP
Relación ventana pared	x	x		x	x	x	x
Protección solar	x		x	x	x	x	
Ventilación natural	x	x	x	x	x	x	
Luz día y control de luz día	x	x	x	x	x		
Iluminación de energía eficiente	x	x	x	x	x		x
Economizadores de aire	x	x			x		
Coefficiente de Desempeño (COP)	x	x	x	x	x		
Variadores de velocidad - torres de enfriamiento	x	x	x	x			
Sensores de monóxido de carbono para parqueaderos (CO)	x	x	x				
Variadores de velocidad - bombas	x	x	x	x			
Control de iluminación exterior		x			x		
Controles: sensores de ocupación	x	x			x		
Sub-medidores de electricidad		x	x				
Corrección de Factor de Potencia	x	x	x	x	x	x	x
Agua caliente solar	x			x		x	

Ilustración 4-6 (Captura de pantalla) Medidas recomendadas clima frío.

FUENTE: Resolución 549 de 2015 (Anexo 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía)

*Relación Ventana/Pared:* Esta es la relación del área de ventanas u otras áreas de vidrios con el área bruta de pared exterior llamada Relación Ventana/Pared (RVP). Las ventanas generalmente transmiten calor hacia dentro del edificio a una tasa mayor que las paredes. Por tanto, un edificio con RVP mayor ganará más calor que un edificio con un RVP menor.

En la guía se hace mención que el RVP recomendado para todo tipo de edificaciones sea menor del 40%.

Las siguientes dos recomendaciones son *Iluminación de Energía Eficiente* y *Corrección de Factor de Potencia*, que pertenecen al grupo de las medidas activas y **NO** serán incluidas en las simulaciones y análisis pertinentes al caso de estudio.

#### 4.1.3 CAPÍTULOS 2 Y 3: MEDIDAS PASIVAS Y ACTIVAS

Estos dos capítulos de la Guía de Construcción Sostenible, reúnen las descripciones, definiciones y especificaciones técnicas pertinentes de cada una de las medidas o estrategias para el ahorro de energía., tanto pasivas como activas.

Se hace una descripción de los objetivos del diseño por clima (medidas pasivas), así:

Tipo de clima	Objetivos
FRIO	<ul style="list-style-type: none"><li>• Maximizar los efectos de calentamiento de la radiación solar, ej. orientación solar para calentamiento;</li><li>• Reducir el impacto del viento imperante; y</li><li>• Reducir los volúmenes de orientación este-oeste para aumentar la radiación solar.</li></ul>

**Ilustración 4-7** (Captura de pantalla) Objetivos de diseño para clima frío.

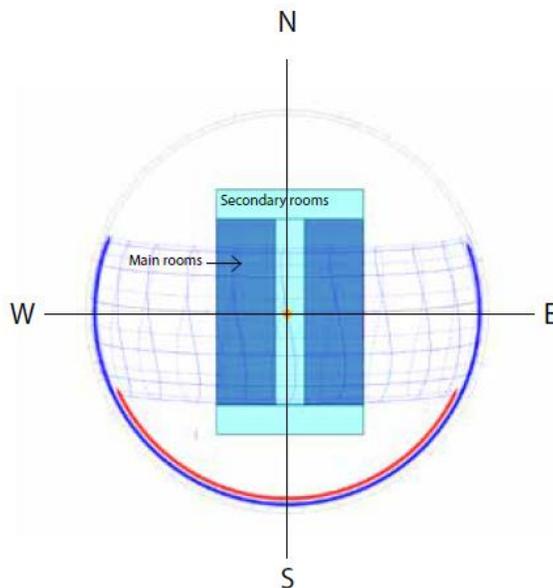
FUENTE: Resolución 549 de 2015 (Anexo 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía)

#### 4.1.4 CAPÍTULO 5: BUENAS PRÁCTICAS

En el último capítulo de la Guía se hace una breve descripción de buenas prácticas para el diseño arquitectónico y para la ejecución de los proyectos de forma sostenible.

Algunas de las pautas mencionadas al final de la Guía son: el análisis de la rosa de los vientos antes de iniciar el diseño en pro de optimizar la ventilación natural de los espacios; ventilación cruzada; separación de residuos, entre otras.

**Orientación.** Una de las pautas más importantes a tener en cuenta es la orientación del proyecto. En Colombia las elevaciones **este/oeste** tienen un efecto significativo en el diseño ya que toman la mayor parte de la radiación solar con el techo. Para clima frío la orientación ideal es alargar la edificación mirando al este/oeste y reducir las fachadas norte/sur.



**Ilustración 4-8** (captura de pantalla) Orientación óptima para clima frío en Colombia.

*FUENTE: Resolución 549 de 2015 (Anexo 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía)*

## 4.2 ANÁLISIS DE LA NORMATIVA

Es interesante analizar cómo integrar ciertas estrategias para la eficiencia energética en el proceso de diseño y construcción de edificaciones para diferente uso. En el caso de Colombia, de acuerdo a la ubicación geográfica la principal característica del clima es la ausencia de estaciones, y que a lo largo del año se logran mantener unas condiciones más o menos estables, y con una variación mínima.

Teniendo en cuenta este criterio se redacta la *Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones*, primera normativa de ahorro energético para Colombia, se toma como referencia una ciudad por cada zona climatológica, y a partir de allí se deben cumplir ciertos porcentajes mínimos.

En el Parágrafo 1 del Artículo 5 de la Resolución 0549 de 2015, dice que en el Anexo 1<sup>24</sup> de la misma: “...se dispone de una lista de medidas **indicativas para lograr los porcentajes de ahorro.**” Es así como la normativa permite cierta libertad en la forma de justificación del cumplimiento de ahorro en cada edificación. Pero así mismo para la verificación del cálculo de los porcentajes los entes gubernamentales tomarán como referencia la *Línea Base de Consumo*, valores indicados en la **Ilustración 4-3**.

El enfoque del presente trabajo investigativo presta mayor atención a los proyectos de VIS y VIP, ya que en la nueva normativa no se le presta el necesario. Muy clara se hace la anotación al respecto, mencionando que la presente normativa será de obligatorio cumplimiento para toda clase de edificación de nueva construcción **excepto para PROYECTOS VIS y VIP**, (donde es opcional).

Otro aspecto de la presente investigación es analizar la VIS y VIP, desde el punto de vista de ahorro energético, implementando medidas pasivas, y analizando la envolvente de la unidad de vivienda del proyecto ubicado en clima frío, en la ciudad de Tunja.

Es importante resaltar que, dentro de la cultura propia de municipios y ciudades localizadas en clima frío en Colombia, no se suele utilizar ningún tipo de equipo de climatización, en este caso para calefacción para las viviendas o edificaciones. Los habitantes compensan las bajas temperaturas con vestimenta abrigada y adecuada<sup>25</sup>.

En síntesis, la Resolución 0549 consta de 8 pasos para su cumplimiento que, llevados al caso de las VIS y VIP se describe de la siguiente forma:

- 1) **Determinar el tipo de edificación:** Vivienda de Interés Social y Prioritario.

---

<sup>24</sup> El anexo 1 es la “Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones”.

<sup>25</sup> En zonas urbanas.

- 2) **Determinar si el edificio debe cumplir con las exigencias:** Es indicativo para VIS y VIP (No obligatorio).
- 3) **Establecer si la ciudad donde se encuentra la edificación debe cumplir con la norma:** En los dos primeros años de vigencia de la normativa no se aplica a todas las ciudades o municipios, solo los que tienen menos de 1.2 millones de habitantes; pero a partir del tercer año es obligatorio en todo el territorio nacional.
- 4) **Definir la línea base:** En la **Ilustración 4-3** Se define el consumo básico para este tipo de viviendas por m<sup>2</sup>.
- 5) **Identificar el porcentaje de ahorro:** En la **Ilustración 4-5** se relacionan los porcentajes mínimos.
- 6) **Establecer las medidas para el cumplimiento:** De acuerdo a la **Ilustración 4-6**.
- 7) **Certificación:** En el proceso de licenciamiento de la nueva construcción se debe adjuntar en cuanto medidas pasivas, los planos de proyecto firmados con la justificación del cumplimiento del porcentaje de ahorro.
- 8) **Construcción:** Finalmente incorporar cada una de las medidas exigidas y aprobadas en la licencia de construcción.



## **CAPITULO IV CASO DE ESTUDIO**

## 5 APROXIMACIÓN AL LUGAR

### 5.1 DATOS GENERALES: COLOMBIA

Colombia se ubica en el extremo noroccidental de América del Sur, con una superficie de 1.141.748 Km<sup>2</sup>, tiene costas en los Océanos Pacífico y Atlántico. Se encuentra atravesada de Sur a Norte por la Cordillera de los Andes que, cerca de la frontera meridional se dividen en tres ramales: cordilleras Occidental, Central y Oriental.



**Ilustración 5-1** Ubicación de Colombia en el continente americano.

FUENTE:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Colombia>

<b>Subdivisiones</b>	32 departamentos
<b>Superficie</b>	1.141748 km <sup>2</sup>
<b>Latitud</b>	Norte 4°35'56''57
<b>Longitud</b>	Oeste de Greenwich 74°04'51''30
<b>Situación</b>	América del Sur
<b>Límites</b>	
<i>Norte</i>	Mar de las Antillas
<i>Este</i>	Venezuela y Brasil
<i>Oeste</i>	Océano Pacífico
<i>Nor-oeste</i>	Panamá
<i>Sur</i>	Perú y Ecuador
<b>Población</b>	48.529.859 hab. (febrero 2016)
<b>Capital</b>	Bogotá, Distrito Capital (7 963 379 hab.) ( <i>Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación, España, 2017</i> )



**Ilustración 5-2** Mapa Colombia

FUENTE:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Colombia>

## 5.2 DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

### 5.2.1 DATOS GENERALES

Boyacá es uno de los treinta y dos departamentos que, junto con Bogotá, Distrito Capital, forman la República de Colombia. Está ubicado en el centro-este del país, en la región andina.

Subdivisiones	123 municipios
Superficie	23.189 km <sup>2</sup>
Capital	Tunja
Población	1.278.167 hab.
Situación	América del Sur



**Ilustración 5-3** Ubicación del departamento de Boyacá en el ámbito nacional.

FUENTE: <https://es.wikipedia.org/wiki/Colombia>

### 5.2.2 DATOS SOBRE SITUACIÓN DE LA VIVIENDA EN EL DEPARTAMENTO

#### Déficit de vivienda

Déficit cuantitativo	22.907 hogares
Déficit cualitativo	18.027 hogares

El área promedio de las viviendas construidas en el departamento de Boyacá es: 65.4 m<sup>2</sup> para unidades de vivienda colectiva y 85.8 m<sup>2</sup> para viviendas unifamiliar. (Camacol, 2016)

IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

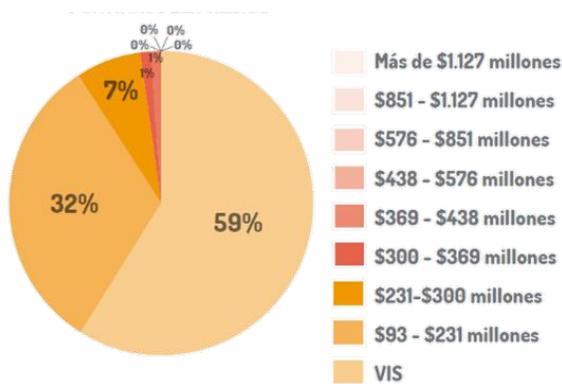


Ilustración 5-4 Oferta de vivienda por rango de precios.

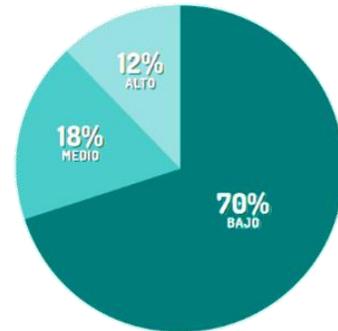


Ilustración 5-5 Oferta de vivienda por estratos en Boyacá.

FUENTE: (Camacol, 2016)

En las ilustraciones anteriores se representa la distribución de la oferta de vivienda en el departamento de Boyacá, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: como se expresa en la **Ilustración 5-4**, referente al rango de precios, el comportamiento de la oferta de vivienda se concentra en su mayoría, con un 59%, en la Vivienda de Interés Social; en la **Ilustración 5-5**, el 70% de la oferta se concentra en estratos bajos y hogares de bajos ingresos.

### 5.3 CIUDAD DE TUNJA

Tunja es la Capital del Departamento de Boyacá, se encuentra ubicada en la zona central sobre la cordillera Oriental de los Andes a 130 km al noreste de la ciudad de Bogotá.

	Tunja
Subdivisiones	167 barrios
Superficie total	121,49 km <sup>2</sup>
Población	191.878 hab. (2016)
Área urbana	19,76 km <sup>2</sup>
Altitud	2820 msnm
Temperatura Media	13 °C



Ilustración 5-6 Mapa división política de Boyacá.

FUENTE: (Camacol, 2016)

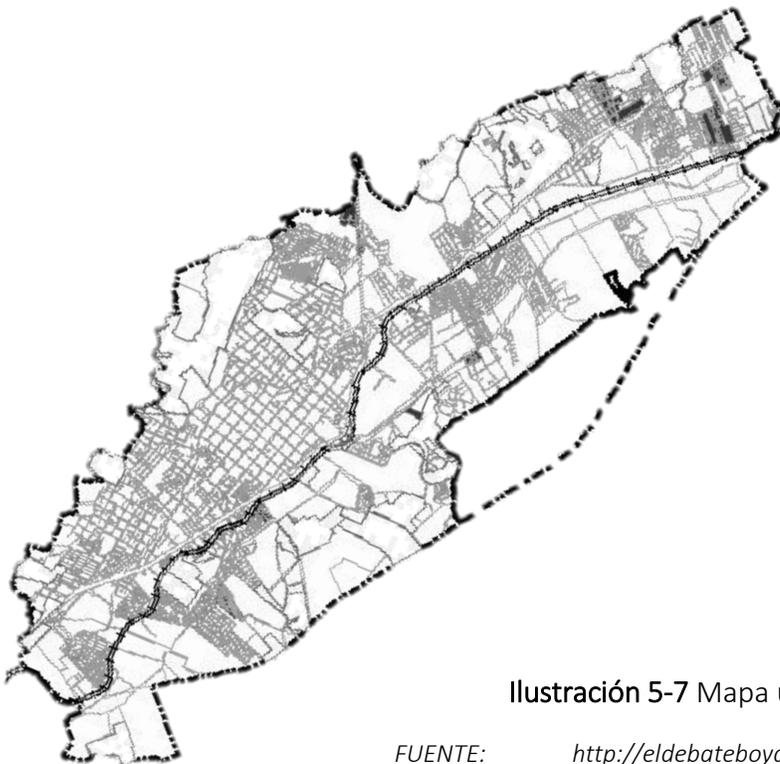


Ilustración 5-7 Mapa urbano Ciudad de Tunja

FUENTE: <http://eldebateboyacense.bogspot.ca/2014/02/aportes-la-revision-excepcional-del-pot.html>

## 6 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Para efectos de la aplicación de la nueva normativa de Construcción sostenible, y según el anexo 2 de la misma, donde se hace relación de la condición climática de cada municipio y ciudad de Colombia, Tunja, al igual que Bogotá se encuentran catalogadas dentro del clima FRÍO (**Ilustración 6-1**). Esto quiere decir que se toman como referencia los datos climáticos de la ciudad de Bogotá, para llevar a cabo las diferentes simulaciones y análisis mediante las herramientas *Weather Tool*, *Climate Consultant* y *Autodesk Ecotect Analysis*.

[Nota: Se toman para las simulaciones en el caso de estudio los datos climáticos para Bogotá, ya que para la ciudad de Tunja, no se encuentran en formato compatible para las distintas herramientas de simulación y software]

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN TOTAL			ALTITUD	CLIMA
		2012	2015	2020		
Bogotá, D.C.	Bogotá, D.C.	7,571,345	7,878,783	8,380,801	2,640	Frio
Antioquia	Medellín	3,395,011	2,784,522	2,569,807	1,405	Templado
Valle del Cauca	Cali	2,294,653	2,369,821	2,496,442	926	Cálido seco
Atlántico	Barranquilla	1,200,513	1,218,475	1,239,518	24	Cálido húmedo
Bolívar	Cartagena	967,103	1,001,755	1,057,445	1	Cálido húmedo
Norte de Santander	Cúcuta	630,971	650,011	680,568	297	Cálido seco
Atlántico	Soledad	566,784	615,492	701,047	5	Cálido húmedo
Tolima	Ibagué	537,467	553,524	579,807	1,168	Templado
Santander	Bucaramanga	526,056	527,913	528,480	950	Cálido seco
Cundinamarca	Soacha	477,918	511,262	567,546	2,554	Frio
Risaralda	Pereira	462,209	469,612	481,080	1,411	Templado
Magdalena	Santa Marta	461,900	483,865	524,202	18	Cálido seco
Meta	Villavicencio	452,522	484,471	538,523	450	Cálido húmedo
Antioquia	Bello	430,034	455,865	500,125	1,414	Templado
Cesar	Valledupar	423,278	453,215	503,453	148	Cálido seco
Nariño	Pasto	423,217	439,993	464,967	2,543	Frio
Córdoba	Montería	422,198	441,301	471,664	11	Cálido seco
Caldas	Manizales	391,640	396,075	402,578	2,146	Frio
Valle del Cauca	Buenaventura	377,105	399,764	441,109	7	Cálido húmedo
Huila	Neiva	335,490	342,117	350,388	442	Cálido seco
Boyacá	Tunja	177,971	188,380	206,827	2804	Frio

Ilustración 6-1 (Captura de Pantalla). Anexo 2 Resolución 0549 de 2015. Listado de municipio, clasificación del clima en Colombia.

FUENTE: Resolución 549 de 2015 (Anexo 2: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía)

BOGOTÁ												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Tmax	21.0	22.2	22.2	21.5	22.2	19.6	19.3	19.3	20.4	21.2	20.9	20.7
T media	12.9	13.5	13.4	13.6	13.8	13.3	12.7	12.8	13.1	13.0	13.2	12.1
T minima	3.9	3.8	4.9	1.4	5.4	4.9	6.3	4.7	4.4	4.0	6.0	3.2

Tabla 6-1 Temperatura media mensual Bogotá D.C.

FUENTE: IDEAM

TUNJA												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Tmax	19.0	19.4	19.2	18.4	17.3	16.3	16.0	16.4	17.2	17.8	18.1	18.2
T media	12.9	13.3	13.6	13.6	13.2	12.4	11.9	12.1	12.5	13.0	13.2	12.8
T minima	7.1	7.9	8.9	9.6	9.0	9.0	8.3	8.2	8.1	8.7	8.9	7.7

Tabla 6-2 Temperatura media mensual Tunja Boyacá.

FUENTE: IDEAM

En las **Tablas 6-1** y **6-2**, se presentan las temperaturas máximas y mínimas mensuales, además de la media registradas para las ciudades de Bogotá y Tunja respectivamente. Así se puede apreciar que el mes más frío en Bogotá es diciembre y el más caluroso es mayo. Para Tunja el mes más frío es julio y los más calurosos son marzo y abril.

Las temperaturas totales medias de Bogotá son de 13.1°C y de Tunja es 12.8 °C, los cuales para el caso de estudio se aproximan, y se adecúan al objetivo del presente trabajo, y a las simulaciones pertinentes.

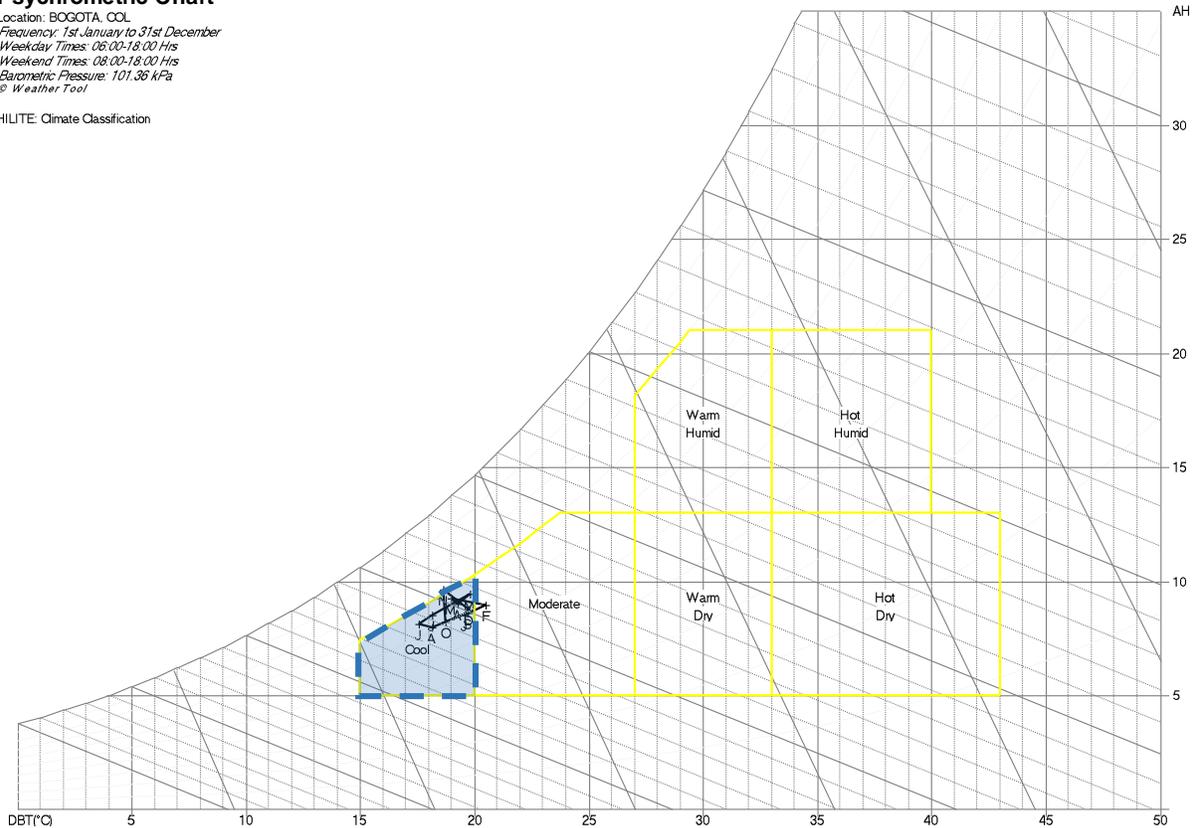
## 6.1 ANÁLISIS DATOS CLIMÁTICOS

### 6.1.1 WEATHER TOOL

#### Psychrometric Chart

Location: BOGOTÁ, COL  
 Frequency: 1st January to 31st December  
 Weekday Times: 06:00-18:00 Hrs  
 Weekend Times: 08:00-18:00 Hrs  
 Barometric Pressure: 101.36 kPa  
 © Weather Tool

HILITE: Climate Classification



**Ilustración 6-2** DIAGRAMA PSICOMÉTRICO. *Clasificación climática*

*FUENTE: Herramienta Weather Tool ( Autodesk)*

En el diagrama psicrométrico generado por la herramienta Weather Tool (**Ilustración 6-2**), se reafirma la clasificación del emplazamiento como clima frío, de acuerdo a los registros anuales de las temperaturas.

Se puede evidenciar que la mejor orientación (basada en el promedio diario de la radiación incidente sobre fachada) es la Este (**65°Este**). Como se indica en el **Ilustración 6-3**, para la ciudad de Bogotá la mejor orientación es Este ( ), para mejorar así las condiciones de confort térmico por ganancia solar.

IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

Optimum Orientation

Location: BOGOTA, COL.  
 Orientation based on average daily incident radiation on a vertical surface.  
 Underheated Stress: 316.4  
 Overheated Stress: 0.0  
 Compromise: 62.5°  
 © Weather Tool

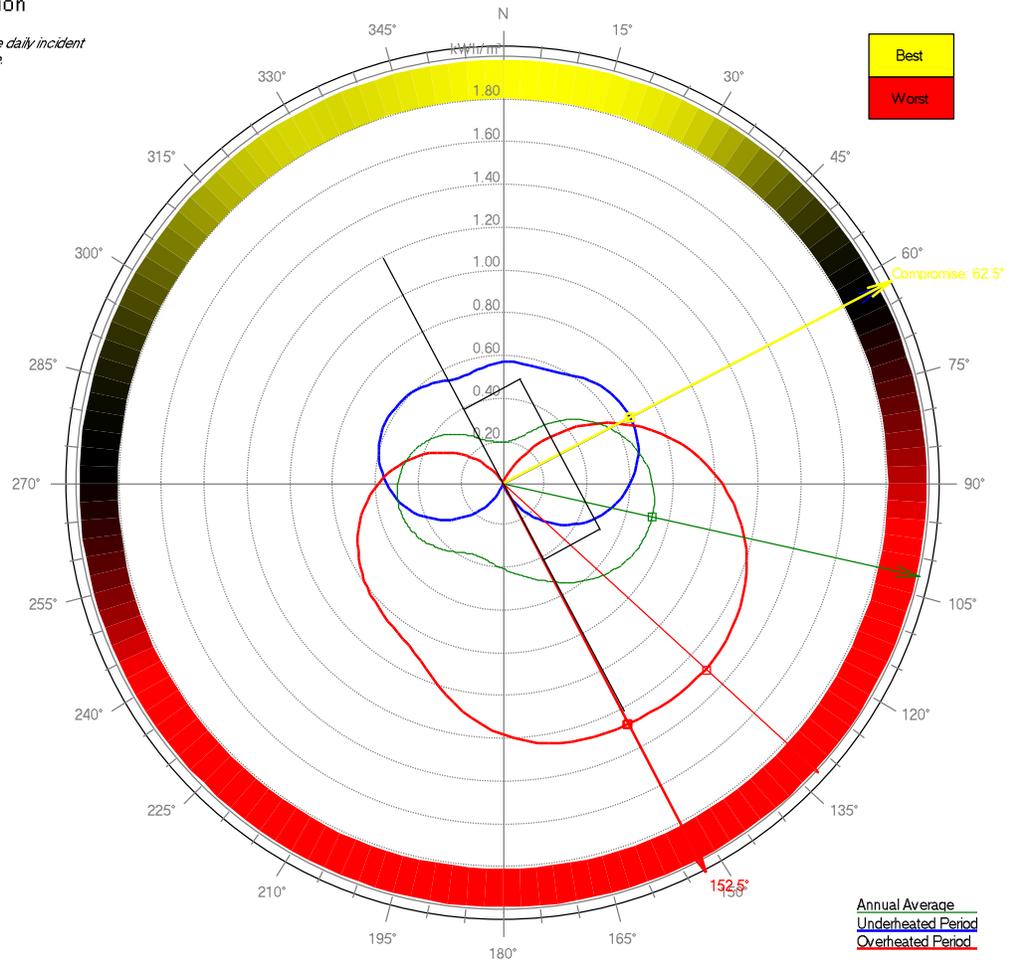


Ilustración 6-3 Mejor orientación de fachada.

FUENTE: Herramienta Weather Tool ( Autodesk)

## 6.1.2 CLIMATE CONSULTANT

### 6.1.2.1 Rango de temperatura

Como se aprecia en la **Ilustración 6-4**, la temperatura media anual para la ciudad de Bogotá está entre 10°C y 15°C, es decir cuenta con clima frío todo el año.

Se evidencia que las áreas de las barras de color verde para cada mes indican las temperaturas anuales de diseño, las cuales se utilizan para calcular la pérdida y el aumento de calor del edificio, y que posteriormente serán usadas para dimensionar los equipos de calefacción y refrigeración necesarios.

El rango de temperatura de diseño se define como el porcentaje de horas que se utilizan para establecer las temperaturas altas y bajas de diseño en el exterior. Estas son las temperaturas al exterior que se usan para calcular el tamaño de los equipos de calefacción y refrigeración de un edificio.

Se aprecia que todos los registros medios por mes y el anual se encuentran por fuera de la franja gris que representa la de zona de confort.



Ilustración 6-4 Rango de temperaturas

FUENTE: Herramienta Climate Consultant (DOE- Departamento de Energía de Estados Unidos)

### 6.1.2.2 Rango de iluminación

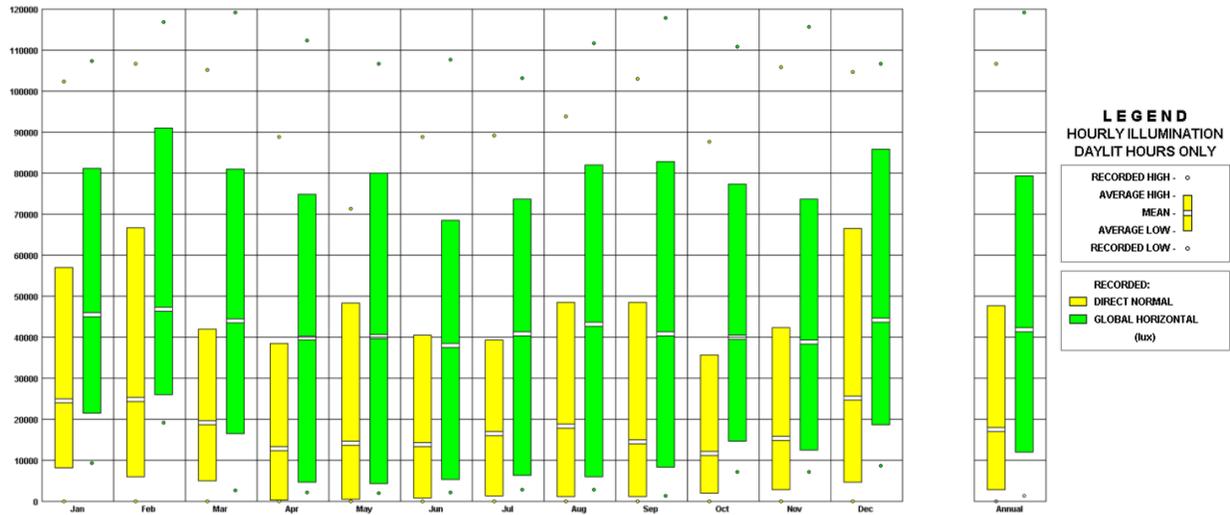


Ilustración 6-5 Rango de Iluminación

FUENTE: Herramienta Climate Consultant (DOE- Departamento de Energía de Estados Unidos)

En la **Ilustración 6-5** el rango de iluminación se pueden apreciar diferentes variables así: *Iluminación Normal Directa Visible* representada mediante las barras de color amarillo, muestra para cada mes los valores diarios altos y bajos, los promedios altos y bajos y la iluminación media diaria (centro de la barra amarilla). Además, las mismas variables se encuentran representadas en las barras de color verde para la *Iluminación Horizontal Global*.

Así se puede apreciar finalmente que los promedios de Iluminación anuales para la ciudad de Bogotá se encuentran para la directa entre 10000 y 20000 lux, y para la horizontal está entre 40000 y 50000 lux.

### 6.1.2.3 Velocidad del viento

En la Ilustración 6-6 se aprecia que la velocidad del viento para el emplazamiento es en promedio anual de 2 metros por segundo (m/s).

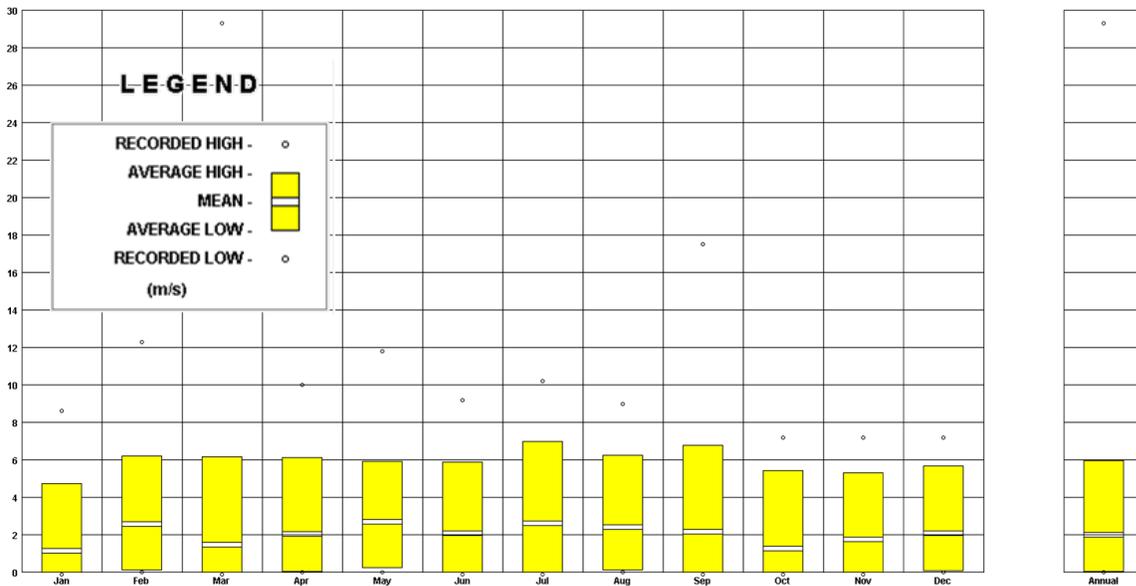
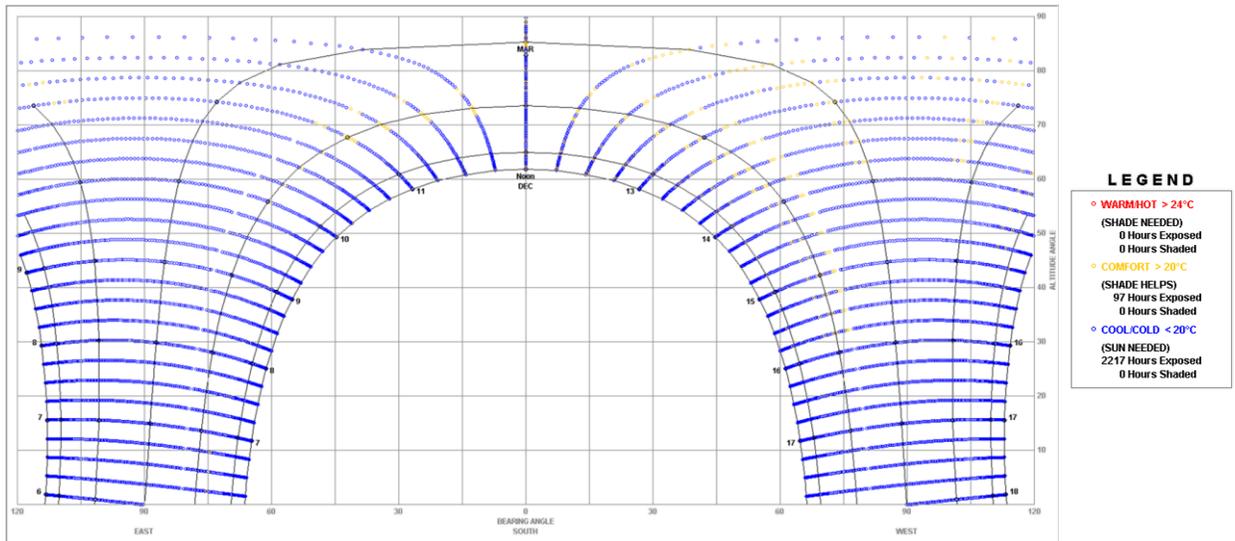


Ilustración 6-6 Velocidad del viento.

FUENTE: Herramienta Climate Consultant (DOE- Departamento de Energía de Estados Unidos)

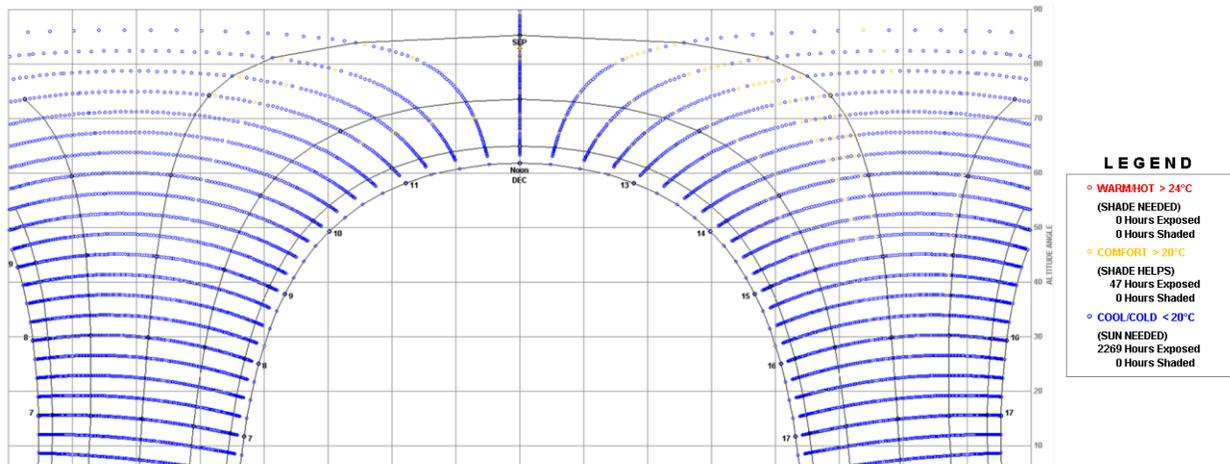
### 6.1.2.4 Sombra – soleamiento



**Ilustración 6-7** Horas de sombra-soleamiento (21 de diciembre - 21 de junio)

FUENTE: Herramienta Climate Consultant (DOE- Departamento de Energía de Estados Unidos)

De acuerdo a la **Ilustración 6-7** se representan las horas de sombra y soleamiento comprendidas entre el 21 de diciembre y el 21 de junio, se obtiene que de acuerdo a las bajas temperaturas no son necesarias horas de sombra; además tan solo 97 horas se encuentran dentro de la zona de confort y finalmente un total de 2217 horas donde es necesario calentar.

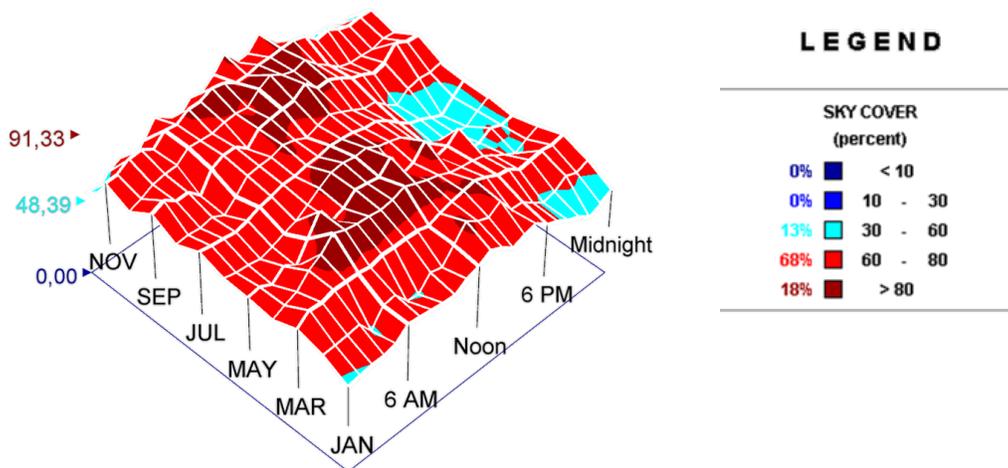


**Ilustración 6-8** Horas de sombra-soleamiento (21 de junio - 21 de diciembre)

FUENTE: Herramienta Climate Consultant (DOE- Departamento de Energía de Estados Unidos)

De acuerdo a la **Ilustración 6-8** se representan las horas de sombra y soleamiento comprendidas entre el 21 de junio y el 21 de diciembre, se obtiene que de acuerdo a las bajas temperaturas no son necesarias horas de sombra; además tan solo 47 horas se encuentran dentro de la zona de confort y finalmente un total de 2269 horas donde es necesario calentar.

### 6.1.2.5 Porcentaje de cobertura por nubes



**Ilustración 6-9** Cobertura por nubes

FUENTE: Herramienta Climate Consultant (DOE- Departamento de Energía de Estados Unidos)

De acuerdo a la **Ilustración 6-9** se evidencia que tan solo el 13% del año, entre los meses de abril y agosto, además del mes de enero, en horas de la noche, el porcentaje de cobertura por nubes está entre un 30 y 60%. El 68% del año el cielo se encuentra cubierto entre un 60% y un 80%; y el 18% restante del año cuenta con un porcentaje de cobertura de más del 80%.

### 6.1.2.6 Recomendaciones

De acuerdo al análisis del diagrama Psicométrico, *Climate Consultant* evalúa las condiciones de confort actual en el emplazamiento y sugiere ciertas estrategias de climatización para optimizar el modelo. Teniendo en cuenta que la temperatura máxima y mínima de confort descritas en la *Guía de Construcción*

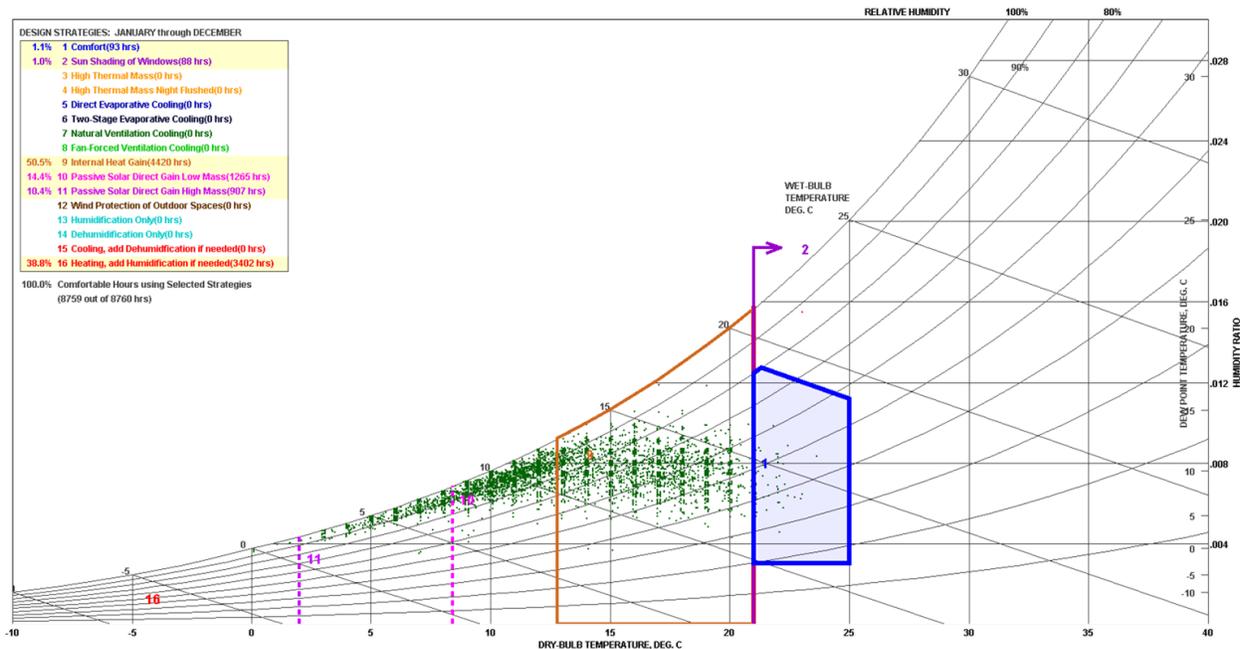


Ilustración 6-10 Diagrama de Givoni. Estrategias de diseño para alcanzar el confort térmico.

FUENTE: Herramienta *Climate Consultant* (DOE- Departamento de Energía de Estados Unidos)

De acuerdo al diagrama de Givoni, para lograr el 100% de horas de confort es necesario:

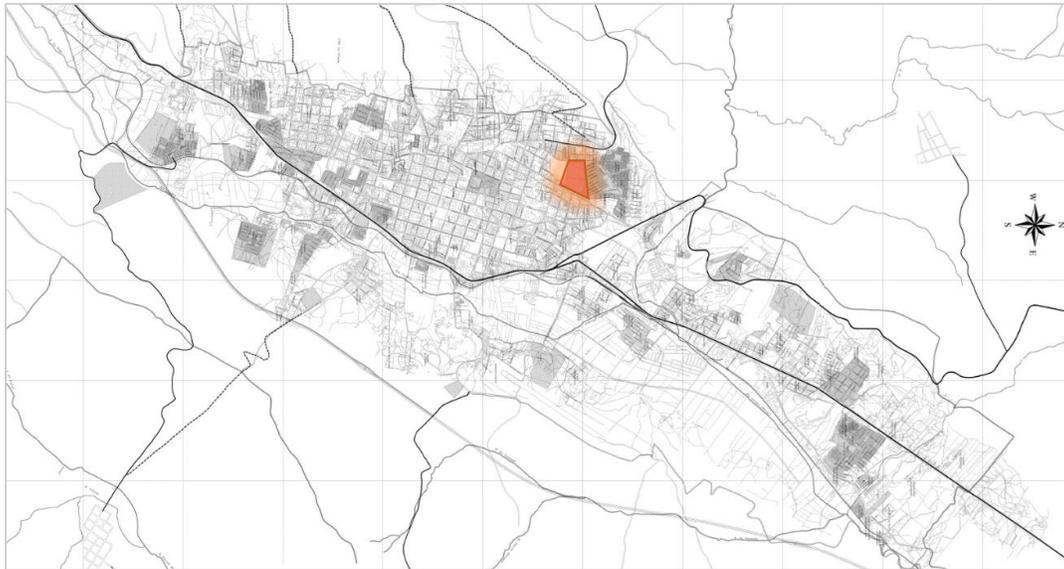
- 1) Optimizar las ganancias internas implementando ciertas estrategias ya que representa en el diagrama el **50.5%** de las horas necesarias para entrar a la zona de confort.
- 2) A continuación, se encuentra con un **38.8%** la necesidad de implementar algún sistema activo de calefacción y cubrir estas horas.
- 3) Finalmente se debe aumentar la ganancia solar directa, la cual es relacionada con la masa térmica del edificio (baja y alta).

## 7 CASO DE ESTUDIO: PROYECTO VIP TORRES DEL PARQUE



**Ilustración 7-1** Proyecto de Vivienda de Interés Prioritario Torres del Parque.  
*FUENTE: GeoTec- Banco de proyectos. FONADE.*

El proyecto seleccionado para el estudio en el presente trabajo de investigación, se encuentra ubicado hacia el costado oeste de la zona urbana de la ciudad de Tunja (Boyacá).



**Ilustración 7-2** Localización del proyecto en la ciudad de Tunja.  
*FUENTE: Mapa P60. Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja. Alcaldía Municipal Tunja.*

## 7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El proyecto VIP Torres del parque, se desarrolla en un terreno de 57 041 M<sup>2</sup>, de los cuales se dispuso 14 260M<sup>2</sup> para el desarrollo de vivienda y 42.781 m<sup>2</sup> para el desarrollo de un parque ambiental.



Ilustración 7-3 Plano general Proyecto VIP Torres del Parque.

FUENTE: ECOVIVIENDA (Tunja).

Las licencias de construcción de vivienda y urbanismo, los cuales son permisos concedidos por el gobierno municipal, fueron otorgadas en el año 2010, año en el cual se iniciaron los procesos constructivos.

Además de la vivienda, el proyecto cuenta con un plan urbanístico importante, ya que incluye algunas zonas comerciales, zonas de aparcamiento, parques infantiles, pistas deportivas, senderos peatonales y calles.

Teniendo en cuenta la conceptualización del numeral 3.1 del presente trabajo, el proyecto es categorizado como VIP ya que el valor total de cada unidad de vivienda es de 70 SMLMV.

IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

VALOR DE LA VIVIENDA (AÑO)	Salario Mínimo Legal Mensual Vigente (Pesos Colombianos/Euros )	PESOS COLOMBIANOS	EUROS
2010	\$ 515 000 = 149.35 €	\$36 050 000	14 335,65 €
2016/2017	\$ 737 717 = 213.94 €	\$ 51 640 190	16 339,25€

**Tabla 7-1** Valor Vivienda de Interés Prioritario.  
 FUENTE: Elaboración propia. Datos ECOVIVIENDA TUNJA.

En el desarrollo del proyecto intervienen directamente 3 agentes principales:

- **El gobierno Nacional:** Se otorgaron subsidios por parte de la nación desde 5% hasta 40% del valor total de la vivienda, distribuidos de acuerdo al cumplimiento de los requisitos por parte de los usuarios, las condiciones socio económicas de cada uno, entre otros factores.
- **El gobierno municipal:** Los recursos destinados a la construcción y conformación de obras de urbanismo estuvieron a cargo del municipio de Tunja. Por medio de la Empresa Constructora de Vivienda ECOVIVIENDA. Además de supervisar constantemente los procesos técnicos y constructivos de las soluciones de vivienda.
- **El constructor:** A partir de la política de vivienda actual en Colombia, el constructor del proyecto fue seleccionado por proceso de licitación pública, el cual sería el encargado de la construcción en su totalidad de las viviendas del proyecto.

## 7.2 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA

El Proyecto de Vivienda de Interés Prioritario, se encuentra conformado por 460 unidades de vivienda, distribuidos en 46 edificios multifamiliares, de 10 unidades de vivienda cada uno, desarrollados bajo una misma tipología, apartamentos de 63,50 M2, en torres con Bajo + 4 plantas.



**Ilustración 7-4** Planta arquitectónica tipo. Proyecto VIP Torres del Parque. Tunja. Boyacá. Colombia.  
*FUENTE: Elaboración propia.*



**Ilustración 7-5** Zonas unidad de vivienda tipo. Proyecto VIP Torres del Parque.  
*FUENTE: Elaboración propia.*

De acuerdo al plano en la **Ilustración 7-5**, las unidades de vivienda tipo constan de:

#### **ZONA DÍA**

- Salón
- Comedor
- Cocina
- Zona de lavandería
- Baño

#### **ZONA DE NOCHE**

- Habitación principal con baño.
- Dos habitaciones secundarias.

Las puertas interiores son en madera y las puertas principales de cada vivienda son metálicas.

### 7.3 DESCRIPCIÓN SISTEMA CONSTRUCTIVO – MATERIALES

El sistema constructivo adoptado para el proyecto VIP es el industrializado, muros en hormigón reforzado (también conocido como Contech).



**Ilustración 7-6** Edificio Urbanización Torres del Parque Tunja, en proceso de construcción (2014).

*FUENTE: GeoTec- Banco de proyectos. FONADE.*

### 7.3.1 MUROS- ENVOLVENTE

De acuerdo al sistema constructivo los muros son en hormigón reforzado con malla electrosoldada. Además, los antepechos de todas las ventanas de la vivienda están contruidos en fábrica de ladrillo.



**Ilustración 7-7** Envoltura muros en hormigón.



**Ilustración 7-8** Antepechos en fábrica de ladrillo.

*FUENTE: GeoTec- Banco de proyectos. FONADE.*

### 7.3.2 VENTANAS

Todos los huecos de fachada son ventanas correderas en carpintería en aluminio y cristal sencillo de 4mm de espesor.



Ilustración 7-9 Ventanas habitaciones.

FUENTE: GeoTec- Banco de proyectos. FONADE.

### 7.3.3 FORJADOS

Los forjados son bidireccionales, con 10 cm de espesor, reforzadas con malla electrosoldada. Las áreas de habitaciones, salón y comedor cuentan con piso laminado. La cocina y baños tienen acabado de piso en cerámica.



Ilustración 7-10 Cocina. Acabado de piso cerámico.



Ilustración 7-11 Salón - comedor acabado de piso laminado.

FUENTE: GeoTec- Banco de proyectos. FONADE.

### 7.3.4 CUBIERTA



Ilustración 7-12 Cubierta.



Ilustración 7-13 Cubierta impermeabilizada.

FUENTE: GeoTec- Banco de proyectos. FONADE.

La cubierta se concibe de forma similar a los forjados, ya que son una placa de 10 cm de espesor, reforzadas con malla electrosoldada. Adicionalmente cuenta con manto asfáltico como impermeabilizante, y una inclinación de 10%.



## **CAPITULO V PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA DEMANDA**

## 8 DATOS DE PARTIDA

El software con el cual se realizará el análisis de las condiciones de las unidades de vivienda, con el fin de determinar la demanda energética, es *Ecotect Analysis*.

El primer paso es construir el modelo tridimensional directamente en el software y a partir de este se procede a la asignación de materiales y es necesario definir las propiedades correspondientes a cada zona y al edificio en general.

*NOTA:* Es importante resaltar que el presente análisis se centra en el comportamiento de la envolvente del edificio, y de cada una de las viviendas en las medidas pasivas capaces de reducir la demanda energética, y optimizar el modelo.

### 8.1 MODELO TRIDIMENSIONAL

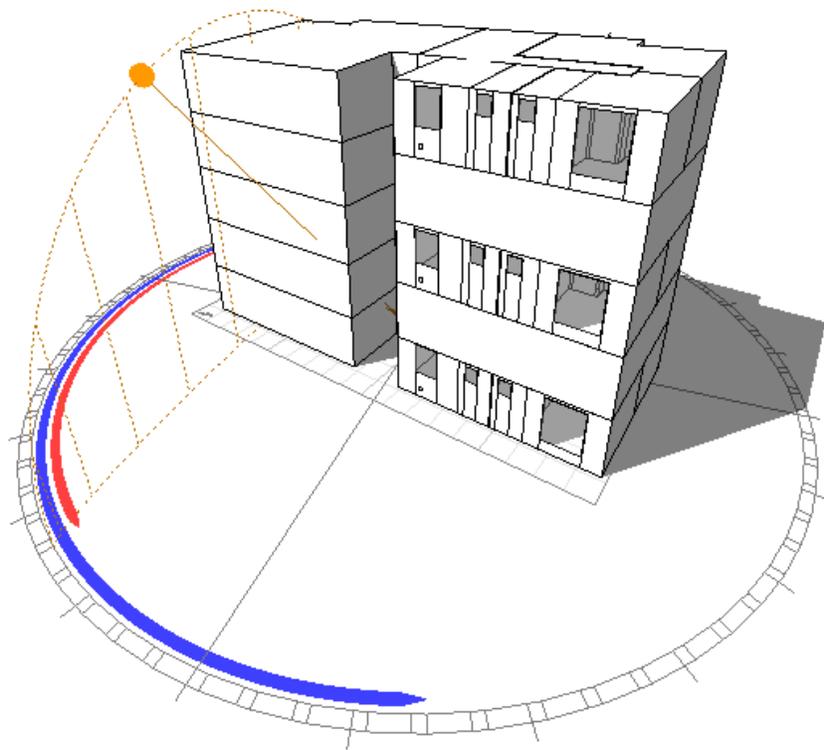
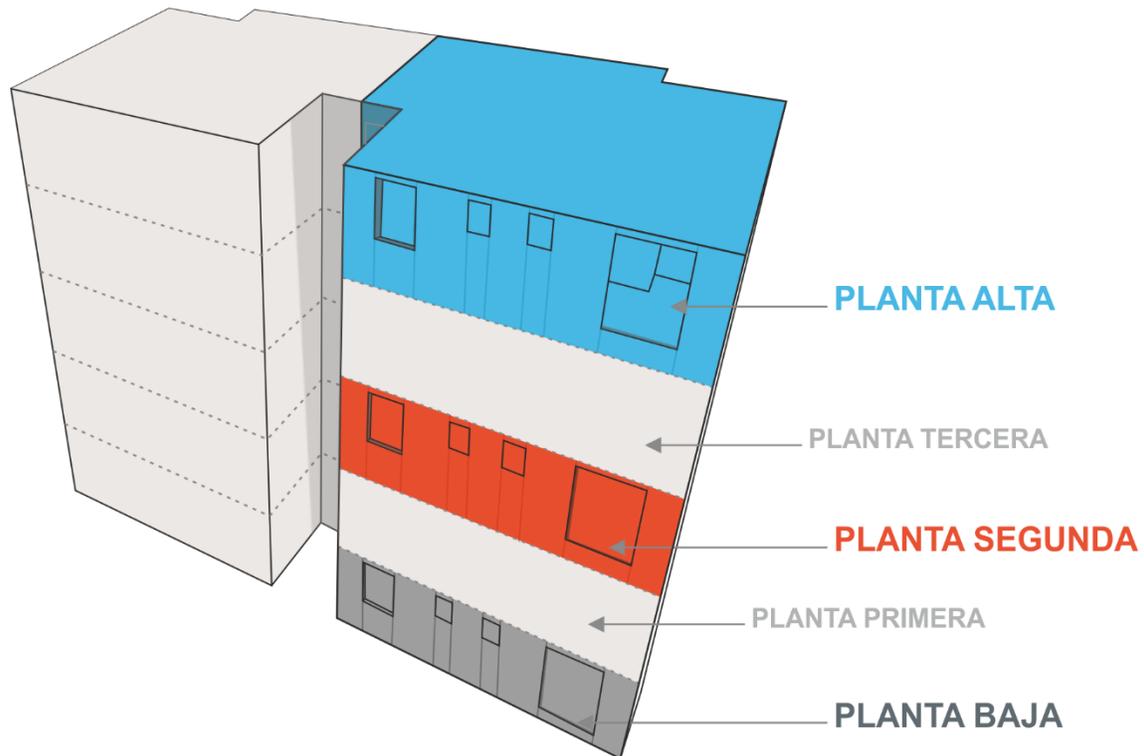


Ilustración 8-1 Modelado 3D edificio multifamiliar.  
FUENTE: *Ecotect Analysis (Autodesk)*

## 8.2 DEFINICIÓN DE CONDICIONES DE ZONAS



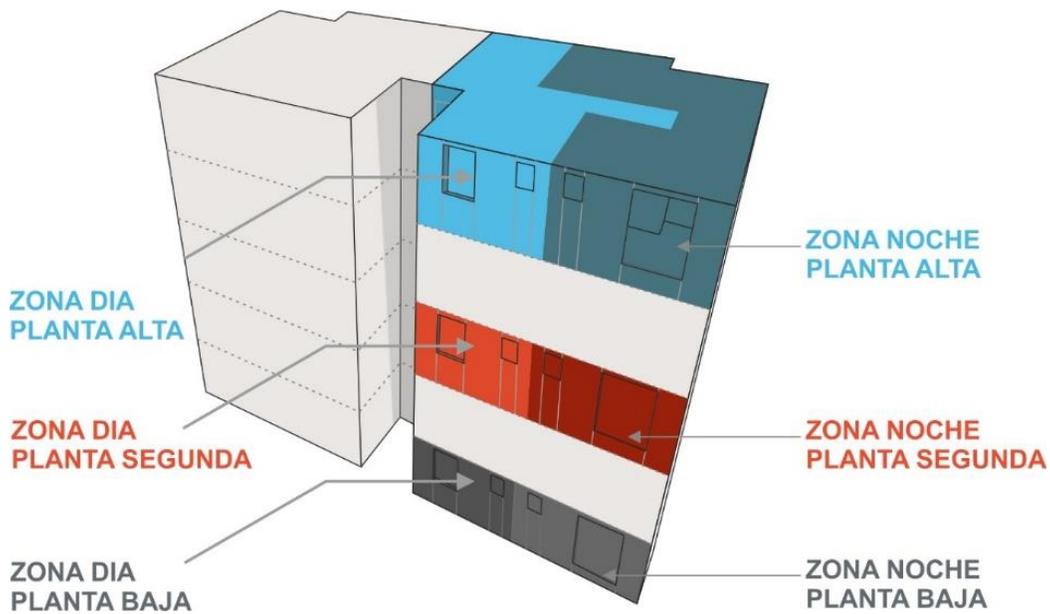
**Ilustración 8-2** Unidades de vivienda seleccionadas para cálculo de demanda energética del modelo.  
FUENTE: Elaboración propia.

Para determinar la demanda energética de un edificio completo, con 10 unidades de vivienda se toman 3 de ellas como referencia:

- *Planta baja (2 unidades de vivienda)*: Esta unidad de vivienda está en contacto con el terreno.
- *Planta segunda (6 unidades de vivienda)*: las 3 plantas intermedias cuentan con las mismas características, ya que son adyacentes a forjados internos. Para el análisis se toma como un sistema adiabático, es decir que no hay intercambio de calor entre las plantas adyacentes.
- *Planta Alta (2 unidades de vivienda)*: Y la tercera situación es la que está en contacto con la cubierta.

### 8.2.1 ZONAS

Así como lo muestra la **Ilustración 7-5**, la planta tipo cuenta con dos zonas: día y noche, las cuales se modelaron en el software Ecotect como zonas térmicas, para loas 3 unidades de viviendas con distintas condiciones.



**Ilustración 8-3** Zonas de cada unidad de vivienda para cálculo de demanda energética.  
*FUENTE: Elaboración propia.*

Las áreas objetivo de análisis son las siguientes:

	ZONA DIA	ZONA NOCHE	TOTAL
AREA (M2)	29,95	32,35	62,30

Tabla 8-1 Área zonas día noche por unidad de vivienda.

FUENTE: Elaboración propia.

	UN DE VIVIENDA	AREA (M2)
Planta Alta	2	124,6
Plantas intermedias (2,3,4)	6	373,8
Planta Baja	2	124,6
<b>AREA TOTAL EDIFICIO (M2)</b>		<b>622,97</b>

Tabla 8-2 Áreas por condiciones de vivienda.

FUENTE: Elaboración propia.

### 8.3 PROPIEDADES DE ZONA

Antes de proceder con las simulaciones es necesario determinar la información básica, definir las condiciones de confort térmico y la calidad del aire interior de la vivienda o las zonas térmicas.

Básicamente se tienen dos configuraciones diferentes, una para las zonas día y una para las zonas noche.

## IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

ZONA DIA\_PLANTA ALTA

General Settings | Thermal Properties | Information

SHADOW AND REFLECTION SETTINGS

**Display Shadows**  
Highlighting the shadows of individual zones.

Shadow Color      Reflection Color

Highlight shadows/reflections from this zone

INTERNAL DESIGN CONDITIONS

These values are used to define zone conditions in thermal comfort and lighting calculations.

Clothing (clo): 1.00      Humidity (%): 60.0      Air Speed: 0.50 m/s

Lighting Level: 300 lux

OCCUPANCY AND OPERATION

**Occupancy**  
Values for number of people and their average biological heat output.

No. of People and Activity: 4      Sedentary - 70 W

DIA

**Internal Gains**  
Values for both lighting and small power loads per unit floor area.

Sensible Gain: 5      Latent Gain: 2.5 W/m<sup>2</sup>

DIA

**Infiltration Rate**  
Values for the exchange of air between zone and outside environment.

Air Change Rate: 2.00      Wind Sensitivity: 0.25 Air changes / hr

DIA

Undo Changes      Help...      OK      Cancel

Ilustración 8-4 Captura de pantalla Asistente de configuración de zonas. CONFIGURACIÓN GENERAL.  
FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

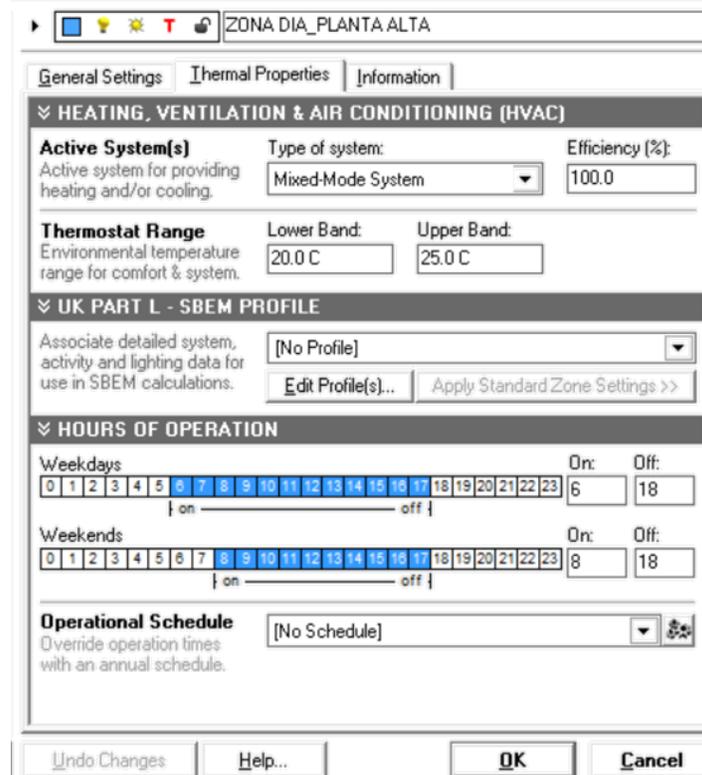


Ilustración 8-5 Captura de pantalla Asistente de configuración de zonas propiedades. PROPIEDADES TÉRMICAS.

FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

### 8.3.1 CONDICIONES INTERNAS DE DISEÑO

Para todas las simulaciones se toma como índice de arropamiento de los ocupantes **1.0**, el cual indica que se encuentran totalmente vestidos, pero sin ningún traje especial.

Las condiciones de confort además se establece una humedad relativa de **60%** ya que en la *Guía de Construcción Sostenible* se describe para la zona de confort dentro del rango de 20% y 75%.

### 8.3.2 OPERACIÓN Y OCUPACIÓN

Para las dos zonas se establece el número de personas que se encuentran en ellas en las horas de operación. Se adopta **4 ocupantes** para cada zona.

La primera diferencia es la actividad que realizan los ocupantes de las zonas: para la de DÍA, se toma como actividad *Sedentary (70W)* y para la de NOCHE *Sleeping (40W)*.

La **tasa de infiltraciones** se refiere al nivel de estanqueidad de la vivienda, y a las renovaciones de aire por hora que se tienen. Para el caso inicial el índice es **Leaky 2.0**, es decir que está muy sujeto a infiltraciones.

#### 8.3.2.1 Horarios:

Para determinar las cargas térmicas, es necesario crear los horarios de uso, en este caso se define uno para cada zona, y representa un porcentaje de ocupación por hora al día.

Cada uno consta de 3 perfiles de funcionamiento: uno para los días de la semana, otro para los fines de semana y el último está designado a días festivos, el cual se incluye ya que Colombia es uno de los países que cuenta con mayor número de días feriados .<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Cuenta con un total de 17 días festivos al año, en promedio. (<http://www.vanguardia.com>).

- HORARIO DIA

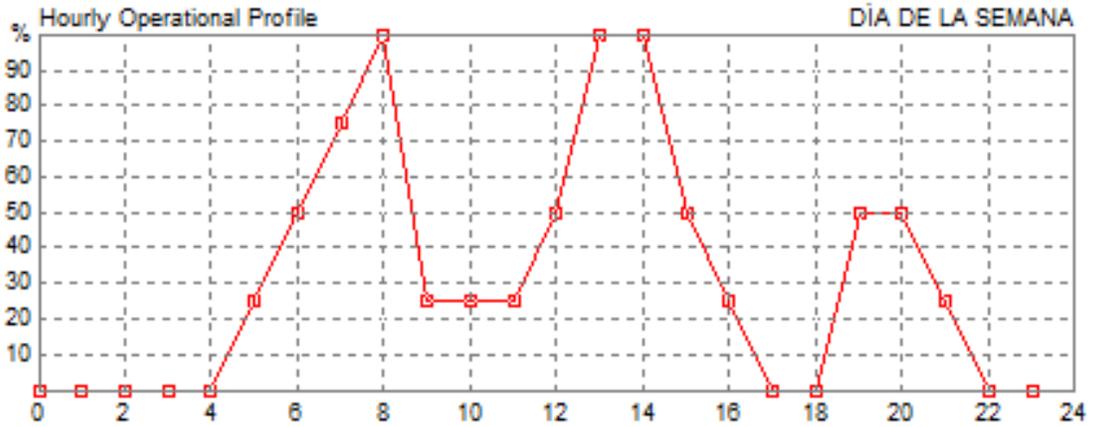


Ilustración 8-6 Perfil de Operación día de la semana. HORARIO ZONA DE DÍA.

FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

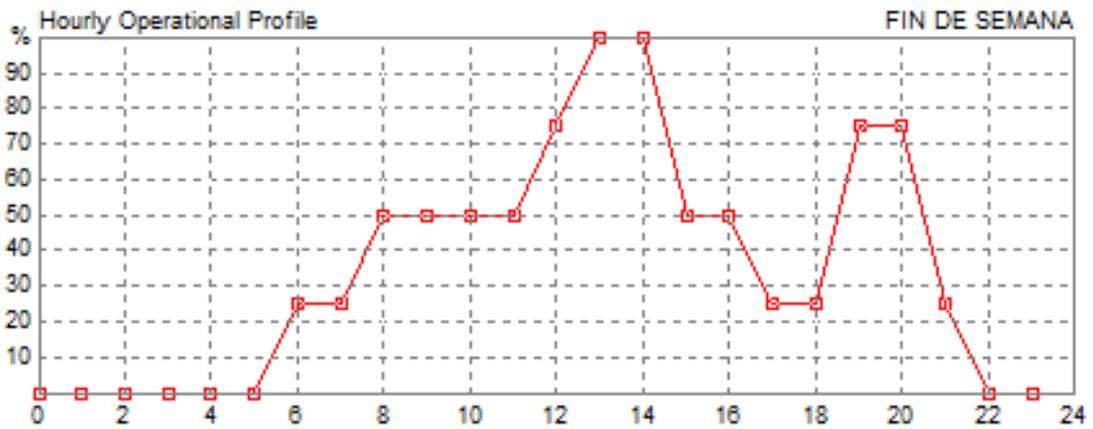


Ilustración 8-7 Perfil de Operación in de semana. HORARIO DE ZONA DE DÍA.

FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

## IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

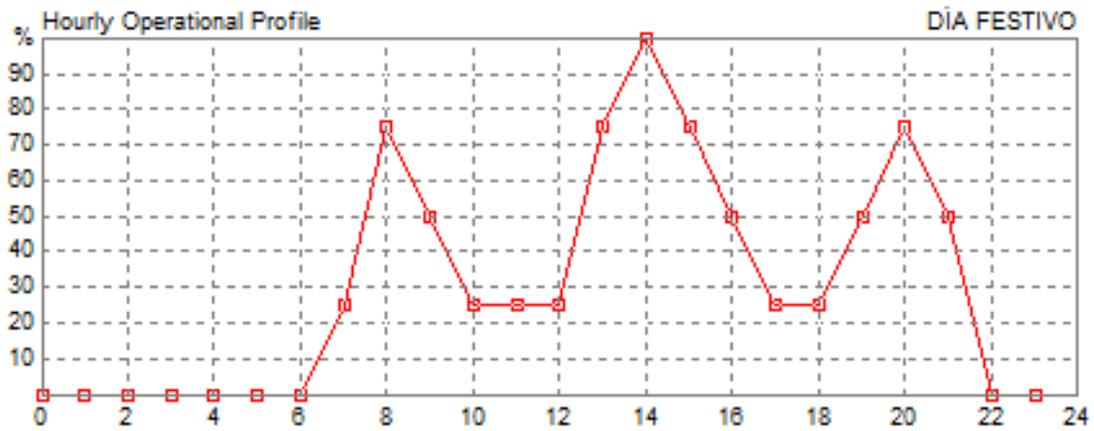


Ilustración 8-8 Perfil de operación día festivo. HORARIO DE ZONA DE DÍA.

FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

- HORARIO NOCHE

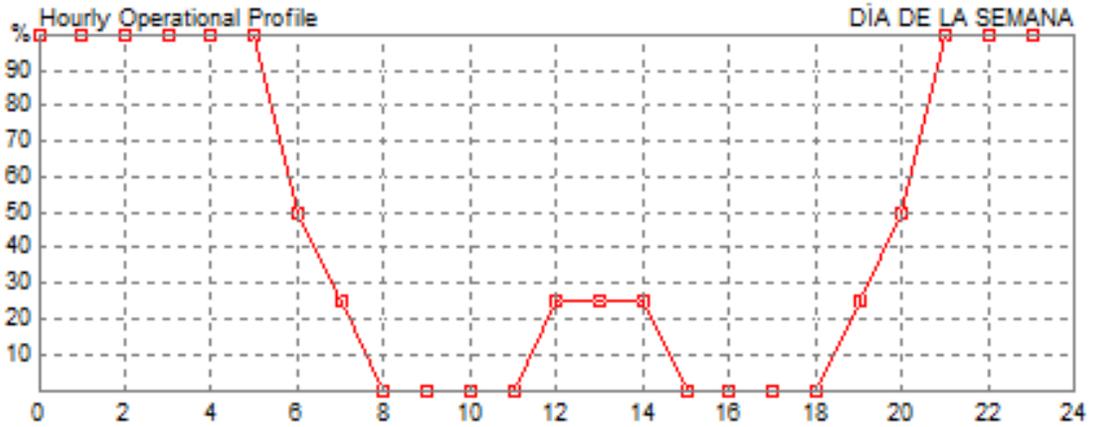


Ilustración 8-9 Perfil de operación día entre semana. HORARIO DE ZONA DE NOCHE.

FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

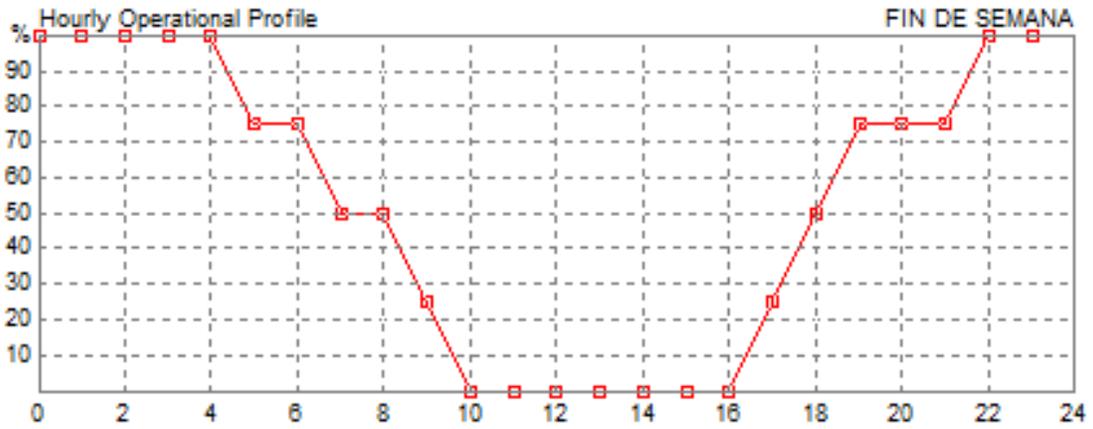


Ilustración 8-10 Perfil de operación fin de semana. HORARIO DE ZONA DE NOCHE.

FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

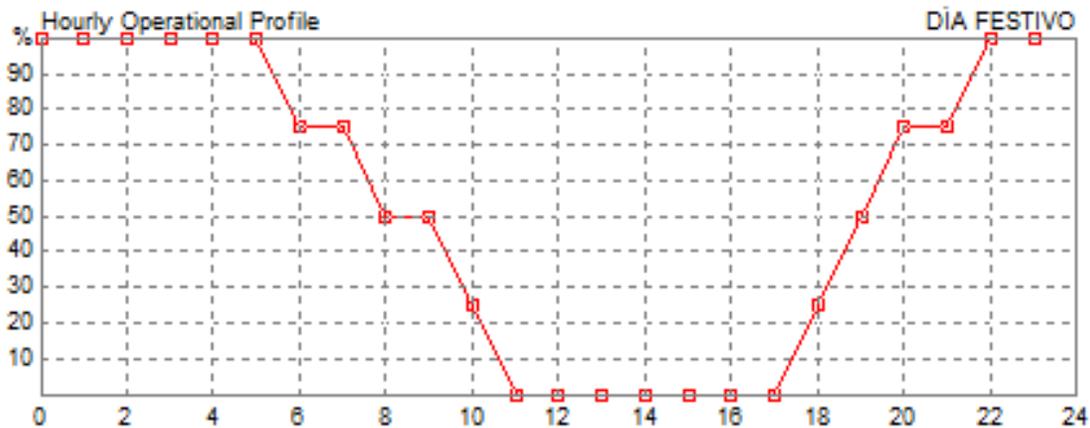


Ilustración 8-11 Perfil de operación día festivo. HORARIO DE ZONA DE NOCHE.

FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

### 8.3.3 TIPO DE SISTEMA HVAC (Heating, Ventilation & Air Conditioning)

Para determinar la demanda de energía para calefacción y/o refrigeración se toma para las simulaciones el Sistema de Modo-mixto (*Mixed-Mode System*), el cual como su nombre lo indica es la combinación de ventilación natural con un sistema de aire acondicionado, donde el HVAC se apaga cuando las condiciones externas están dentro de la zona de confort.

El rango de confort descrito en la *Guía de Construcción sostenible* es de 20 °C a 25°C (el mismo del Estándar Passive House).

### 8.3.4 HORAS DE OPERACIÓN

Finalmente se determinan las horas de operación así:

- Zona de día:
  - o *Día de la semana*: 6:00 a.m a 18:00 p.m
  - o *Fin de semana*: 8:00 a.m a 18:00 p.m
- Zona de noche:
  - o *Día de la semana*: 18:00 p.m a 6:00 a.m
  - o *Fin de semana*: 18:00 p.m a 8:00 a.m



## **CAPITULO VI ESTADO ACTUAL**

## 9 MATERIALES

Luego de realizar la configuración de los datos de partida descritos en el apartado 8.2 se procede a caracterizar los materiales presentes en la envolvente del edificio en la actualidad, de esta forma el software *Ecotect* nos brinda la opción de conocer el valor de transmitancia térmica (valor-U) de cada sección.

	DETALLE	MATERIALES	VALOR U (W/m2.K)
Envolvente		<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Enfoscado. E=0.005 m</li> <li>2 Hormigón Armado. E=0.08 m</li> <li>3 Enfoscado. E=0.01m</li> <li>4 Enlucido de yeso. E=0.005 m</li> </ul>	4.01
Envolvente (antepechos)		<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Fábrica de ladrillo. E=0.08 m</li> </ul>	3.14
Cubierta		<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Manto asfáltico para impermeabilización. E=0.006 m</li> <li>2 Hormigón Armado. E=0.08 m</li> <li>3 Enfoscado. E=0.01m</li> </ul>	3.14

IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

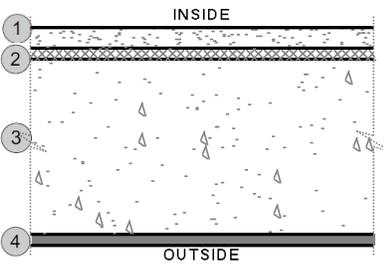
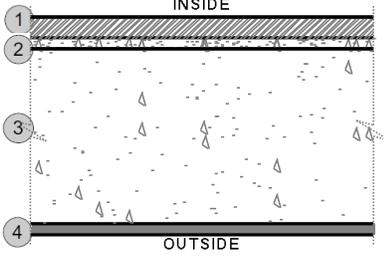
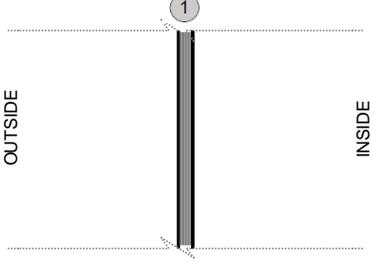
<p>Forjado (intermedio y suelo)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Pavimento laminado. E=0.01 m</li> <li>2 Poliestireno expandido. E=0.005 m</li> <li>3 Hormigón armado. E=0.01m</li> <li>4 Enlucido de yeso. E=0.005 m</li> </ul>	<p>2.21</p>
<p>Forjado (intermedio y suelo)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Pavimento cerámico. E=0.01 m</li> <li>2 Poliestireno expandido. E=0.005 m</li> <li>3 Hormigón armado. E=0.01m</li> <li>4 Enlucido de yeso. E=0.005 m</li> </ul>	<p>3.88</p>
<p>Ventanas</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Vidrio sencillo. E=0.04 m</li> </ul>	<p>5.50</p>

Ilustración 9-1 Materiales estado actual.

FUENTE: Elaboración propia. Imágenes obtenidas del Software Ecotect Analysis Autodesk.

## 10 RESULTADOS

Luego de introducir todos los datos necesarios al modelo en el software *Ecotect*, se procede a realizar la simulación energética y los resultados obtenidos nos ayudan a determinar el estado actual de la edificación, las condiciones de partida, posteriormente tomar decisiones para buscar el confort térmico y reducir la demanda de climatización.

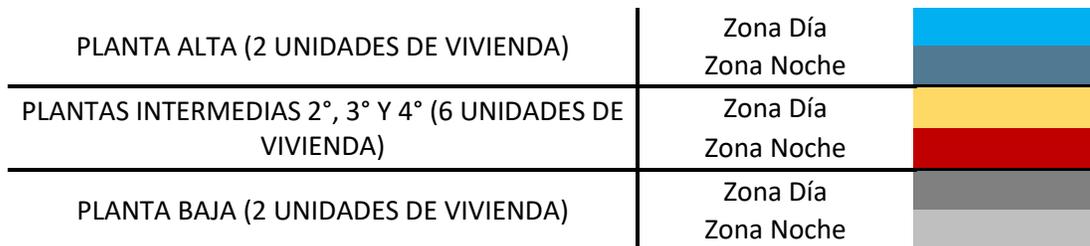
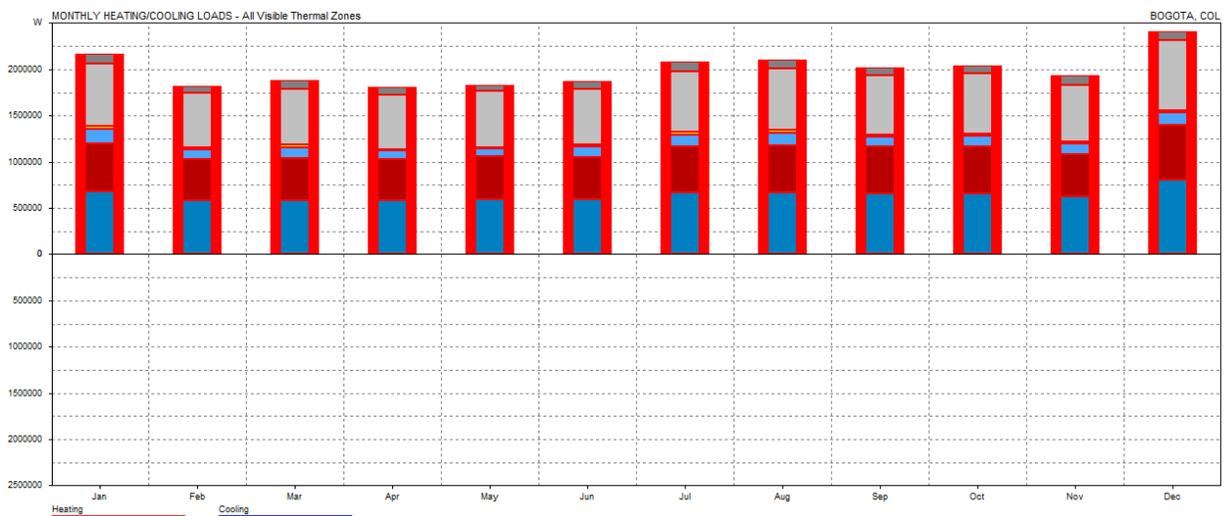


Ilustración 10-1 Demanda Energética Calefacción

FUENTE: *Ecotect Analysis Autodesk*.

		DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh)	TOTAL VIVIENDAS
PLANTA ALTA (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	1414,026	
	ZONA NOCHE	7723,621	
	<b>TOTAL</b>	9137,647	18275,294
INTERMEDIOS (6 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	633,643	
	ZONA NOCHE	7024,578	
	<b>TOTAL</b>	7658,221	45949,326
BAJO (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	1113,296	
	ZONA NOCHE	8039,919	
	<b>TOTAL</b>	9153,215	18306,43
<b>TOTAL DEMANDA DE CALEFACCIÓN EDIFICIO (kWh)</b>			<b>82531,05</b>
		<b>DEMANDA kWh/M2</b>	<b>132,48</b>

Tabla 10-1 Demanda energética Estado actual.

FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

## 10.1 ANÁLISIS

Las condiciones actuales de la edificación como se aprecia en el apartado **9 MATERIALES**, no cuenta con ningún tipo de aislamiento o diseño donde se busque disminuir la demanda energética o donde se tenga en cuenta el confort térmico.

Luego de realizar la simulación energética del edificio se evidencia principalmente que se necesita cubrir una demanda importante de calefacción y en este tipo de clima no se necesita refrigeración alguna, por consiguiente, los estudios posteriores estarán enfocados a la búsqueda de reducir la demanda de calefacción y potenciar las ganancias internas de manera pasiva.

El resultado obtenido en la primera simulación es una alta demanda energética, y se evidencia que es mayor la necesidad de calentar en las zonas de noche.



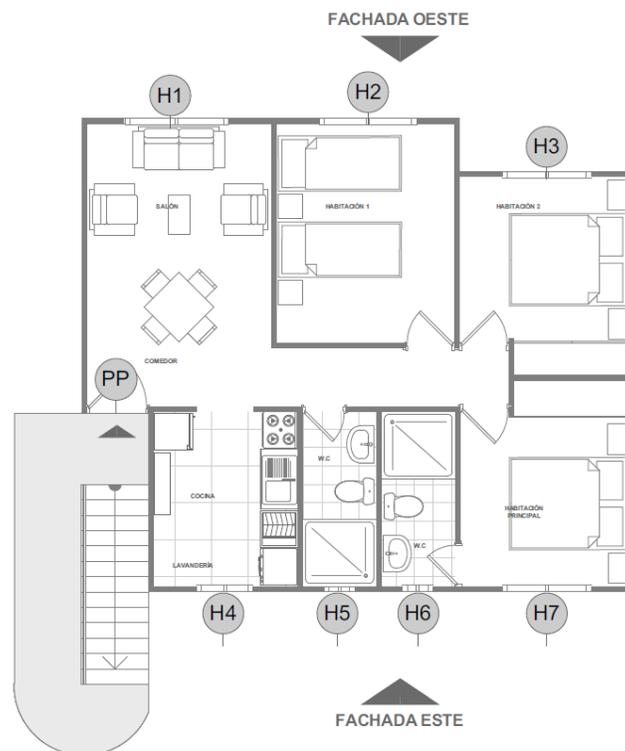
## **CAPITULO VII CUMPLIENDO LA NORMATIVA**

## 11 CRÍTICA A LA NORMATIVA

En el apartado 4.1.2.6 se describen las estrategias sugeridas por la nueva normativa para el cumplimiento del ahorro mínimo obligatorio de energía (15%) para Viviendas de Interés Prioritario, y básicamente son tres: dos medidas activas y una pasiva (**Ilustración 4-6**).

Las dos medidas activas son *la corrección del factor de potencia y la iluminación de energía eficiente*, las cuales están enfocadas directamente en la reducción del consumo eléctrico de las viviendas y no representan mérito técnico alguno por parte del arquitecto, ya que constituye una decisión en fase de proyecto, del diseñador de las redes eléctricas. Es por esta razón que para el presente caso de estudio estas dos estrategias no aplican.

La única medida incluida en la normativa para clima frío, que afecta al diseño arquitectónico del proyecto es la *reducción del porcentaje de huecos* como mínimo a un 40%, pero como se puede observar en la **Tabla 11-1**, las fachadas del caso de estudio elegido, ya cumplen con esa medida ya que la fachada ESTE tiene 22,48% y la OESTE tiene 33,48%, así que en este caso no aplica.



**Ilustración 11-1** Planta arquitectónica, vivienda tipo. Torres del Parque Tunja  
FUENTE: Elaboración propia.

FACHADA	% DE HUECOS
ESTE	22,48
OESTE	33,48

**Tabla 11-1** Porcentaje de huecos por fachada (Véase ANEXO 2: Porcentaje de Huecos en fachada)

FUENTE: Elaboración propia.

A nivel de las propuestas y recomendaciones contenidas en la *Guía de Construcción Sostenible*, para VIP en clima frío, no es posible aplicar alguna al modelo existente para ajustar el porcentaje mínimo exigido, pero hay otras medidas que desde el punto de vista pasivo pueden aportar muchas más mejoras que la reducción del porcentaje de huecos, y que van a facilitar la reducción del consumo de calefacción y no tienen por qué tener un sobrecoste necesariamente.

Las normativas constituyen unas medidas mínimas, pero se puede ir más allá y buscar ciertas alternativas, para reducir el consumo, y esto va de acuerdo al criterio del constructor. Específicamente el caso de la nueva normativa colombiana, no enfatiza mayores soluciones en VIS y VIP, además de ser opcional cumplimiento, así que es por esta razón que se va a buscar reducir el consumo, la demanda de calefacción, y buscando no generar un gran sobrecoste, con otras alternativas.



## **CAPITULO VIII OPTIMIZACIÓN DEL MODELO**

## 12 OPTIMIZACIÓN

Como se analizó en el apartado **6.1.2.6**, según Givoni para un edificio que se encuentra en condiciones de clima frío es necesario reducir la demanda de calefacción promoviendo las ganancias internas. Para lograr potenciarlas existen 3 métodos:

- *Controlar las infiltraciones.*
- *Aislamiento envolvente térmica.*
- *Recuperación de calor.*

### 12.1 CONTROL DE INFILTRACIONES

A nivel de obra, en Colombia, no se lleva a cabo un control riguroso enfocado a disminuir o eliminar las infiltraciones. Si se supervisara el correcto sellamiento de juntas especialmente en carpinterías permitiría unas viviendas y un edificio más estanco.

Es así como la siguiente simulación realizada fue disminuyendo el número de renovaciones por hora en el edificio: en el estado inicial se configuró como *Leaky (muy sujeto a infiltraciones) 2.0 renovaciones por hora*, y ahora se redujo a *Well Sealed (bien sellado) con un valor de 0.5 renovaciones de aire por hora*.

IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

		DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh)	TOTAL VIVIENDAS
PLANTA ALTA (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	1110,092	
	ZONA NOCHE	4658,93	
	<b>TOTAL</b>	5769,022	11538,04
INTERMEDIOS (6 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	387,2	
	ZONA NOCHE	4190,067	
	<b>TOTAL</b>	4577,267	21517,998
BAJO (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	798,95	
	ZONA NOCHE	5405,496	
	<b>TOTAL</b>	6204,446	12408,892
<b>TOTAL DEMANDA DE CALEFACCIÓN EDIFICIO (kWh)</b>			<b>51410,54</b>
		<b>DEMANDA kWh/M2</b>	<b>82,53</b>

Tabla 12-1 Demanda de calefacción. Edificación bien sellada.

FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

Se efectúa la simulación con las nuevas condiciones y se obtiene una reducción de la demanda en un **37.71%** en comparación con el estado inicial.

Una vez controladas las infiltraciones que en el ejercicio de simulación mediante software para obtener los resultados basta con modificar esta opción en un paso, en la realidad esto se debe traducir en la supervisión permanente por parte del técnico en obra, para sellar las juntas adecuadamente especialmente en los encuentros de las carpinterías, por ésta razón se unen dos estrategias pasivas para la siguiente simulación: **control de las infiltraciones y cambio de las carpinterías de vidrio sencillo a doble**. Estas dos se convierten en el primer paso para la búsqueda de la eficiencia energética.

	DETALLE	MATERIALES	VALOR U (W/m2.K)
Ventana		<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Vidrio estándar. E=0.006 m</li> <li>2 Cámara de aire. E=0.08 m</li> <li>3 Vidrio Estándar. E=0.06m</li> </ul>	2.71

Tabla 12-2 Detalle ventana vidrio doble

FUENTE: Elaboración propia. Imágenes obtenidas del Software Ecotect Analysis Autodesk

CONTROL DE INFILTRACIONES + CAMBO DE CARPINTERÍAS		DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh)	TOTAL VIVIENDAS
PLANTA ALTA (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	1037,742	
	ZONA NOCHE	3881,548	
	<b>TOTAL</b>	4919,29	9838,58
INTERMEDIOS (6 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	314,249	
	ZONA NOCHE	3272,084	
	<b>TOTAL</b>	3586,333	21517,998
BAJO (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	672,01	
	ZONA NOCHE	4289,388	
	<b>TOTAL</b>	4961,398	9922,8
<b>TOTAL DEMANDA DE CALEFACCIÓN EDIFICIO (kWh)</b>			<b>41279,37</b>
<b>DEMANDA kWh/M2</b>			<b>66,26</b>

Tabla 12-3 Demanda energética. Control de infiltraciones + cambio de carpintería a vidrio doble.

FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

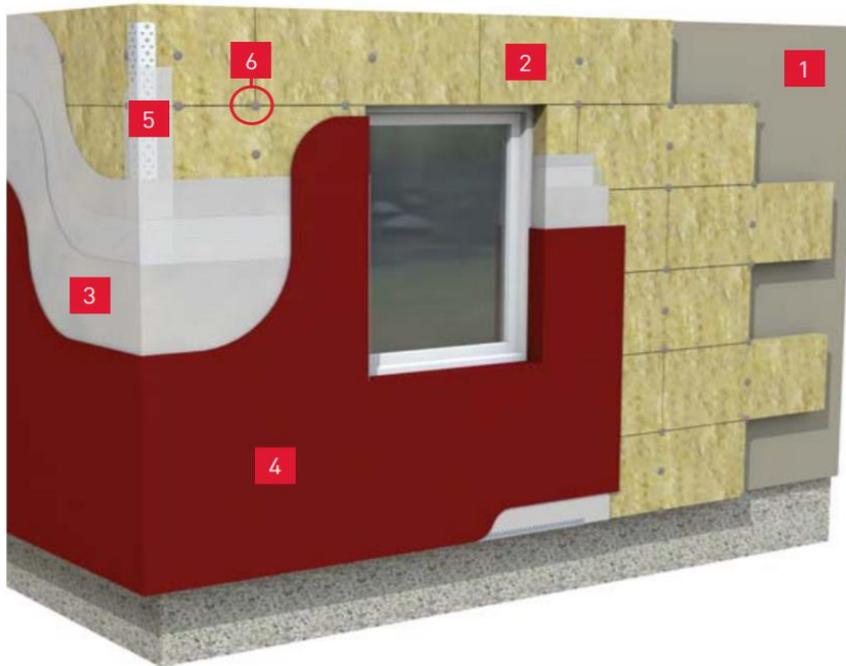
Luego de la segunda simulación realizada se observa la disminución de la demanda de calefacción en casi un 50% respecto a la inicial (**49.98%**) .

## 12.2 AISLAMIENTO DE ENVOLVENTE TÉRMICA

En la búsqueda de la eficiencia energética el siguiente paso es el aislamiento de la envolvente térmica, tanto a nivel de cubierta como de fachada y medianeras. Una vez controladas las infiltraciones en las carpinterías se prueban las ganancias internas obtenidas con distintos espesores de aislamiento: 5cm, 10cm y 15cm.

Se opta por adoptar un Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE) o por sus siglas en inglés ETICS (External Thermal Insulation Composite System) dejando el muro de hormigón existente en el interior ya que así se incrementa la inercia térmica de la envolvente. Este sistema es bastante adecuado para climas fríos y ocupaciones permanentes, en este caso conjunto de viviendas son adecuadas para el análisis.

En el **ANEXO 4: FICHA TÉCNICA SATE** se encuentran las especificaciones técnicas del sistema REDart SITE, de la compañía Rockwool, los cuales fueron tomados como referencia para el modelo a nivel constructivo y de costes.



- 1 Mortero adhesivo
- 2 Lana de roca ROCKWOOL
- 3 Mortero Capa Base
- 4 Acabado: Silicato o Silicona
- 5 Perfilera
- 6 Fijación mecánica

**Ilustración 12-1** Sistema REDArt SATE de Rockwool.

FUENTE: Catálogo Soluciones de Aislamiento. ROCKWOOL ESPAÑA. Tomado de [www.rockwool.es/productos+y+soluciones]

	DETALLE	MATERIALES	VALOR U (W/m <sup>2</sup> .K)
Envolvente		<p>1 Imprimación E=0.003m</p> <p>2 Capa base con armadura de fibra de vidrio. E=0.008</p> <p>3 Panel de lana de roca E=0.05m</p> <p>4 Adhesivo o capa base. E=0.010 m</p> <p>5 Hormigón armado E=0.08 m</p> <p>6 Enfoscado. E=0.01m</p> <p>7 Enlucido de yeso. E=0.005 m</p>	0.54
Antepechos		<p>1 Imprimación E=0.003m</p> <p>2 Capa base con armadura de fibra de vidrio. E=0.008</p> <p>3 Panel de lana de roca E=0.05m</p> <p>4 Adhesivo o capa base. E=0.010 m</p> <p>5 Fábrica de ladrillo E=0.08 m</p>	0.52

**Ilustración 12-2** Detalle muros existente con Sistema SATE Rockwool (5cm).  
 FUENTE: ROCKWOOL ESPAÑA. Tomado de [www.rockwool.es/productos+y+soluciones]

Con la definición del sistema de aislamiento exterior y posterior introducción de los datos en el software *Ecotect Analysis* se procede a realizar las siguientes tres simulaciones aumentando en 5 cm cada vez, el espesor del aislamiento.

IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

AISLAMIENTO DE 5 CM		DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh)	TOTAL VIVIENDAS
PLANTA ALTA (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	10363	
	ZONA NOCHE	1089510	
	<b>TOTAL</b>	1099873	2199,75
INTERMEDIOS (6 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	37308	
	ZONA NOCHE	964344	
	<b>TOTAL</b>	1001652	6009,91
BAJO (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	62614	
	ZONA NOCHE	1154939	
	<b>TOTAL</b>	1217553	2435,11
<b>TOTAL DEMANDA DE CALEFACCIÓN EDIFICIO (kWh)</b>			<b>10644,77</b>
<b>DEMANDA kWh/M2</b>			<b>17,08</b>

Tabla 12-4 Demanda de calefacción Aislamiento de 5 cm.  
FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

AISLAMIENTO DE 10 CM		DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh)	TOTAL VIVIENDAS
PLANTA ALTA (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	19637	
	ZONA NOCHE	1022789	
	<b>TOTAL</b>	1042426	2084,85
INTERMEDIOS (6 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	39139	
	ZONA NOCHE	933750	
	<b>TOTAL</b>	972889	5837,33
BAJO (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	64968	
	ZONA NOCHE	1124301	
	<b>TOTAL</b>	1189269	2378,54
<b>TOTAL DEMANDA DE CALEFACCIÓN EDIFICIO (kWh)</b>			<b>10300,72</b>
<b>DEMANDA kWh/M2</b>			<b>16,53</b>

Tabla 12-5 Demanda de calefacción Aislamiento de 10 cm.  
FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

AISLAMIENTO DE 15 CM		DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh)	TOTAL VIVIENDAS
PLANTA ALTA (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	19637	
	ZONA NOCHE	1022789	
	<b>TOTAL</b>	1042426	2033,47
INTERMEDIOS (6 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	39139	
	ZONA NOCHE	933750	
	<b>TOTAL</b>	972889	5352,12
BAJO (2 UN VIVIENDA)	ZONA DIA	64968	
	ZONA NOCHE	1124301	
	<b>TOTAL</b>	1189269	2087,62
<b>TOTAL DEMANDA DE CALEFACCIÓN EDIFICIO (kWh)</b>			<b>9473,21</b>
<b>DEMANDA kWh/M2</b>			<b>15,21</b>

Tabla 12-6 Demanda energética Aislamiento 15 cm.

FUENTE: Ecotect Analysis Autodesk.

De acuerdo a las demandas obtenidas con cada espesor de aislamiento, se tiene que la variación entre ellas no es significativa, es decir la reducción de la demanda con 5 cm de espesor es de 87,52% en comparación con la inicial, es una reducción significativa, pero al aumentar el espesor de 5 a 10 y 15 cm la reducción del consumo es mínima.

### 12.2.1 ANÁLISIS: AISLAMIENTO TÉRMICO

	ESTADO ACTUAL (INFILTRACIONES 2.00)	INFILTRACIONES 0.5	VENTANA DOBLE	AISLAMIENTO		
				5cm	10cm	15cm
DEMANDA TOTAL (kWh)	82531,05	51410,54	41279,37	10644,76	10300,72	9473,21
kWh/m2	132,48	82,52	66,26	17,09	16,53	15,21

Tabla 12-7 Consolidado resultados demanda energética.

FUENTE: Elaboración propia.

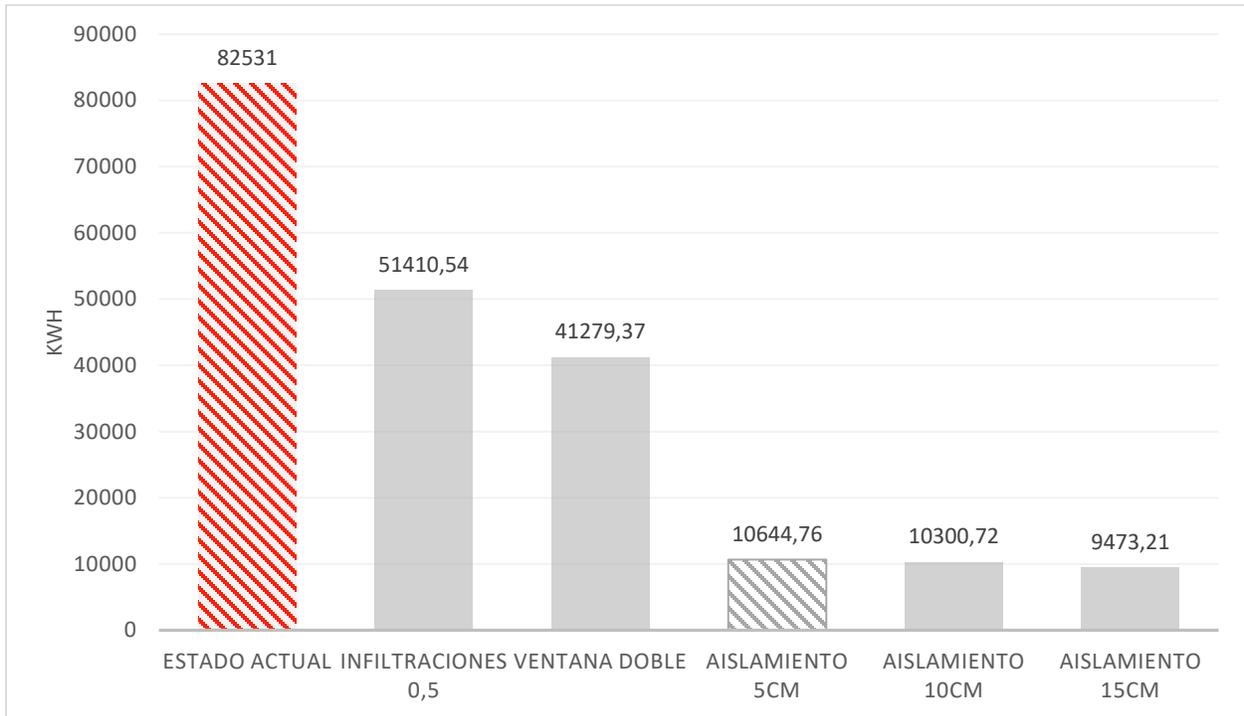


Ilustración 12-3 Demanda Calefacción.

FUENTE: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados expuestos en la **Tabla 12-7** Consolidado resultados demanda energética.

FUENTE: *Elaboración propia.*, se evidencia que el primer gran salto de reducción en la demanda se da al reducir las infiltraciones, cambiando las carpinterías en las viviendas, la reducción en comparación con el estado inicial es de casi el **50%**.

El segundo gran salto se produce al instalar un sistema de aislamiento en la envolvente del edificio, el primer espesor de 5cm genera una reducción de la demanda en un **87.10%** en comparación con el estado actual, y **37,12%** más luego del cambio de las carpinterías.

Ahora al comparar la variación entre los diferentes espesores se aprecia que no son representativo, ya que con 10cm solo se disminuye en 0.42%, y 15 cm se reduce 1% en comparación con la demanda obtenida con 5 cm de aislamiento.

Esto quiere decir que es adecuado adoptar la solución de 5cm a 10 cm de espesor pero que más de ese valor ya no presenta mayor diferencia ya que no presenta ganancias internas considerables. El aumento del espesor del aislamiento a partir de 10 cm debería ir complementado con alguna estrategia pasiva para o alguna otra variable como sería una segunda mejora de las carpinterías (que hasta el momento solo se modificó de vidrio sencillo a doble), y así se reflejaría nuevamente la variación.

Ahora teniendo en cuenta que las mejoras van dirigidas a viviendas económicas, sociales, y de acuerdo a las condiciones actuales del proyecto en las que no se incluye ninguna medida para el confort térmico, se pasa a conocer una primera intervención de 5cm de espesor de aislamiento que aporta mejora considerable, pero que más de ahí no se justificaría la inversión. Es decir, como medida mínima, es la más conveniente.

A nivel de primera aproximación el alcance de la solución adoptada es la instalación de aislamiento en la parte exterior de la envolvente de 5cm, que tiene un coste razonable, además que representa una mejora importante al estado actual ya que se reduce en gran cantidad la demanda de calefacción en un **87,10 %**, y a partir de ahí en las siguientes fases de la investigación se podrían aplicar nuevas estrategias para buscar llegar a la reducción del 100% de la demanda.

*NOTA:* El presente estudio constituye una primera aproximación al problema de concientización a constructores y técnicos en Colombia en clima frío, para el control de infiltraciones, la mejora de las carpinterías, además de un mejor aislamiento, que, instalado en la parte exterior del edificio, mantiene la inercia del sistema y esto ayuda a no depender de los sistemas activos.

### 13 ANÁLISIS ECONÓMICO

El factor económico es una parte fundamental en la concepción de proyectos de Vivienda de Interés Social y Prioritario en Colombia, ya que va dirigido a personas de bajos recursos, o de ingresos medios, a los cuales el gobierno les brinda un subsidio para adquirir una vivienda digna. Por esta razón son viviendas de áreas y programas arquitectónicos mínimos, que cuentan además con un presupuesto limitado, y que tradicionalmente en Colombia se han construido con materiales económicos que además conforman sistemas constructivos económicos.

## IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

En el proyecto VIP Torres del Parque el valor de la vivienda es el máximo de esta categoría que son 70 SMLMV y

AREA UN DE VIVIENDA= 63.5 M2	PESOS COLOMBIANOS	€
SMLMV	\$ 737.717	240,88 €
VALOR TOTAL UNIDAD DE VIVIENDA (70 SMLMV)	\$ 51.640.190	16.861,60 €

**Tabla 13-1** Valor por Vivienda proyecto VIP Torres del Parque (Tunja)

FUENTE: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las simulaciones del capítulo anterior, se opta por adoptar 2 estrategias pasivas para la disminución de la demanda energética: *cambio de carpinterías + aislamiento en el exterior de 5cm de espesor.*

	ESTADO ACTUAL (INFILTRACIONES 2.00)	VENTANA DOBLE	AISLAMIENTO		
			5cm	10cm	15cm
DEMANDA TOTAL (kWh)	82531,05	41279,37	10644,76	10300,72	9473,21
kWh/m2	132,48	66,26	17,09	16,53	15,21

**Tabla 13-2** Estrategia seleccionada. Demanda energética.

FUENTE: Elaboración propia.

### 13.1 CAMBIO DE CARPINTERIAS

El área total de huecos por cada vivienda es de 14,25 m2 (**Véase ANEXO 2:** Porcentaje de Huecos en fachada), a continuación, se hace la relación por m2, de la instalación de nuevas carpinterías cambiando a un vidrio doble, dando un valor aproximado.

NOMBRE SISTEMA	UN	PRECIO m2 (APROX)	
		Euro - €	Pesos colombianos - \$ <sup>27</sup>

<sup>27</sup> Tasa de cambio consultada el día 16/06/2017. Valor equivalente de 1 euro es \$ 3331 pesos colombianos. Tomado de: <https://es.investing.com/currencies/eur-cop-historical-data>

Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de ventana corredera simple, formada por dos hojas, y sin premarco. Doble acristalamiento estándar, 4/6/4, fijado sobre carpintería con calzos y sellado continuo.	M2	51,92	172 945,52
--	----	-------	------------

**Tabla 13-3** Coste aproximado venta doble vidrio en aluminio.

FUENTE: *Generador de precios de la construcción. CYPE. España.*

### 13.2 SISTEMA SATE

EL sistema elegido para el acondicionamiento, como se describe en el apartado 12.2 , es el de Aislamiento por el Exterior. A continuación, se relacionan precios aproximados otorgados por la casa Rockwool España.

NOMBRE SISTEMA	ESPESOR (mm)	PRECIO m2 (APROX)	
		Euro - €	Pesos colombianos - \$ <sup>28</sup>
RED ART (Rockwool)	50	50 -52	166 550 - 173 212
	100	62 – 64	199 860 – 206 522
	150	83 – 85	276 473 – 283 135

**Tabla 13-4** Valor sistema SATE por espesores.

FUENTE *Rockwool España.*

Rockwool hace la anotación que a partir de 100mm de espesor el incremento no solo se debe al aumento de coste del material sino también el menor rendimiento de instalación por el peso de los paneles.

### 13.3 COMENTARIO

Con los valores por m2 de las medidas adoptadas para la optimización del modelo, se genera un sobrecosto importante, y para las viviendas sociales, es una gran desventaja, ya que siempre se cuenta con recursos limitados para su construcción.

Por otro lado, con base en los resultados los entes gubernamentales de Colombia, podrían crear un plan de ayudas para subsidiar las mejoras de eficiencia energética, esto en fase de rehabilitación, o si se trata de obra nueva, que se destine un nuevo presupuesto para que los constructores incluyan en los proyectos las estrategias desde el inicio.

<sup>28</sup> Tasa de cambio consultada el día 16/06/2017. Valor equivalente de 1 euro es \$ 3331 pesos colombianos. Tomado de: <https://es.investing.com/currencies/eur-cop-historical-data>



## **CONCLUSIONES**

- La vivienda de Interés Social y Prioritario en Colombia es un componente fundamental de los planes de gobierno. La búsqueda por reducir el déficit cuantitativo en el país conlleva a la propuesta y ejecución de proyectos de vivienda a gran escala subsidiados parcial y totalmente por el estado colombiano.
- En Colombia no existe una concientización general por parte del sector edificatorio, en cuanto a la búsqueda del ahorro y la eficiencia energética. Los casos de construcciones que cuentan con certificaciones de estándares internacionales de eficiencia, son aislados, que, aunque han aumentado en los últimos años, no se considera una práctica habitual especialmente en el sector residencial y menos en vivienda social.
- Con el planteamiento de la nueva normativa de Construcción sostenible y ahorro energético, la cual entró en vigencia en el año 2016, se busca dar un primer paso en la implementación de buenas prácticas y el cumplimiento de unos porcentajes mínimos de acuerdo al clima y tipo de edificación.
- Aunque el presupuesto de la vivienda social en Colombia por metro cuadrado es significativamente inferior al de Europa o demás países en desarrollo, esto no debe ser la excusa para reducir las condiciones de confort interior o justificar la ineficiencia energética.
- Aunque dentro de la cultura propia de municipios y ciudades localizadas en clima frío en Colombia, no se suele utilizar ningún equipo de calefacción para las viviendas ya que los habitantes compensan las bajas temperaturas con vestimenta abrigada, en el afán de construir en masa viviendas sociales se ignora totalmente el confort interior y prevalece el factor económico.

## **DEL ANÁLISIS DE LA NORMATIVA**

- Las estrategias sugeridas en la normativa para VIS y VIP en Colombia no son de obligatorio cumplimiento, ya que se tiene en cuenta el sobrecoste que generan para constructores, pero no se da prevalencia a las condiciones de confort de los usuarios, además de la posibilidad de la reducción de gastos mensuales, teniendo en cuenta que la población que habita las VIS y VIP son de escasos recursos.

- En la normativa se justifica que las estrategias de ahorro energético para VIS y VIP no debe ser mayor al 3% del valor total del proyecto, por esta limitante es que se optó por determinar que no son de obligatorio cumplimiento los porcentajes de ahorro.

## DEL CASO DE ESTUDIO

- Buscando disminuir la demanda y promover las ganancias internas, el presente trabajo buscaba realizar una primera aproximación a optimizar el modelo existente, ya que en la nueva normativa no se especifica y especialmente para las VIS y VIP.
- Para la optimización del modelo existente como primera medida la reducción de las infiltraciones provenientes de las carpinterías, por medio del cambio a vidrios dobles, reduce la demanda de calefacción en un 50% y no representa un sobrecoste alto para la vivienda.
- Para promover las ganancias internas, luego del cambio de carpinterías a vidrios dobles, está la instalación de un sistema de aislamiento exterior de 5cm de espesor, que se convierte en una solución de un precio razonable, y que ayuda a reducir la demanda en un 87,10%. Así que como resultado de las diferentes simulaciones es la solución recomendada en esta fase del proyecto investigativo.
- Luego de aumentar el espesor el aislamiento más de 5cm, la reducción de la demanda por calefacción no es representativa, pero si se incrementa el coste de instalación del sistema de aislamiento, y es por eso que no se justificaría la inversión.

## RECOMENDACIONES FINALES

- Como línea de trabajo futuro se recomienda hacer un análisis del impacto a nivel social de la implantación de la nueva normativa, explicando a los usuarios de un proyecto VIS o VIP que se debe realizar una inversión mayor pero que se va a obtener una reducción en el consumo de energía para sus viviendas.
- El presente trabajo investigativo puede servir como base para incentivar a los entes gubernamentales de Colombia para la creación de algún programa para subsidiar directamente las estrategias de eficiencia energética en viviendas sociales, y así continuar con la concientización en este tema “nuevo” en el país, que a partir del año

2015 tuvo su inicio con la implantación de la normativa, pero que puede seguir evolucionando y mejorando cada vez.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ballén Zamora, S. (2009). Vivienda Social en Altura: Tipología urbanas y directrices de Producción en Bogotá. Bogotá D.C, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de [http://www.facartes.unal.edu.co/otros/tesis\\_Habitat/vivienda\\_social\\_altura.pd](http://www.facartes.unal.edu.co/otros/tesis_Habitat/vivienda_social_altura.pd)
- Camacol. (2016). Atlas edificador: Coyuntura e información estratégica sectorial. Bogotá D.C, Colombia. Recuperado el 2017
- Congreso de la República. (22 de enero de 1982). Ley 21. *Por la cual se modifica el Régimen del Subsidio Familiar y se dicatan otras disposiciones*. Bogotá D.C, Colombia.
- Congreso de la República. (18 de Julio de 2007). Ley 388. *Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991*. Ibagué, Colombia: Congreso de la República de Colombia.
- Construdata. (julio de 2013). *¿Cómo se construye en Colombia? Los materiales de Construcción: ciclo de vida, aplicaciones e impacto en el país*. Colombia. Recuperado el abril de 2017, de [http://www.construdata.com/Bc/Otros/Archivos/como\\_se\\_construye\\_en\\_colombia.asp](http://www.construdata.com/Bc/Otros/Archivos/como_se_construye_en_colombia.asp)
- Gordillo Bedoya, F., Hernandez Castro, N., & Ortega Morales, J. (2010). Pauta para una construcción sostenible en Colombia, Bogotá - Cali - Medellín. Bogotá D.C, Colombia: Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). Los materiales en la Construcción de vivienda de interés social. *Guías de Asistencia Técnica para Vivienda de Interés Social*, 2. Bogotá D.C, Colombia.
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (26 de mayo de 2015). Decreto 1077. *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario el Sector Vivienda, Ciudad y Territorio*. Bogotá D.C, Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para el Séptimo Foro Urbano Mundial. (2014). Colombia: Cien Años de Políticas habitacionales. Bogotá D.C, Colombia.
- Pecha Garzón, C. J. (2011). (BID, Ed.) Recuperado el junio de 2017



**IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.**

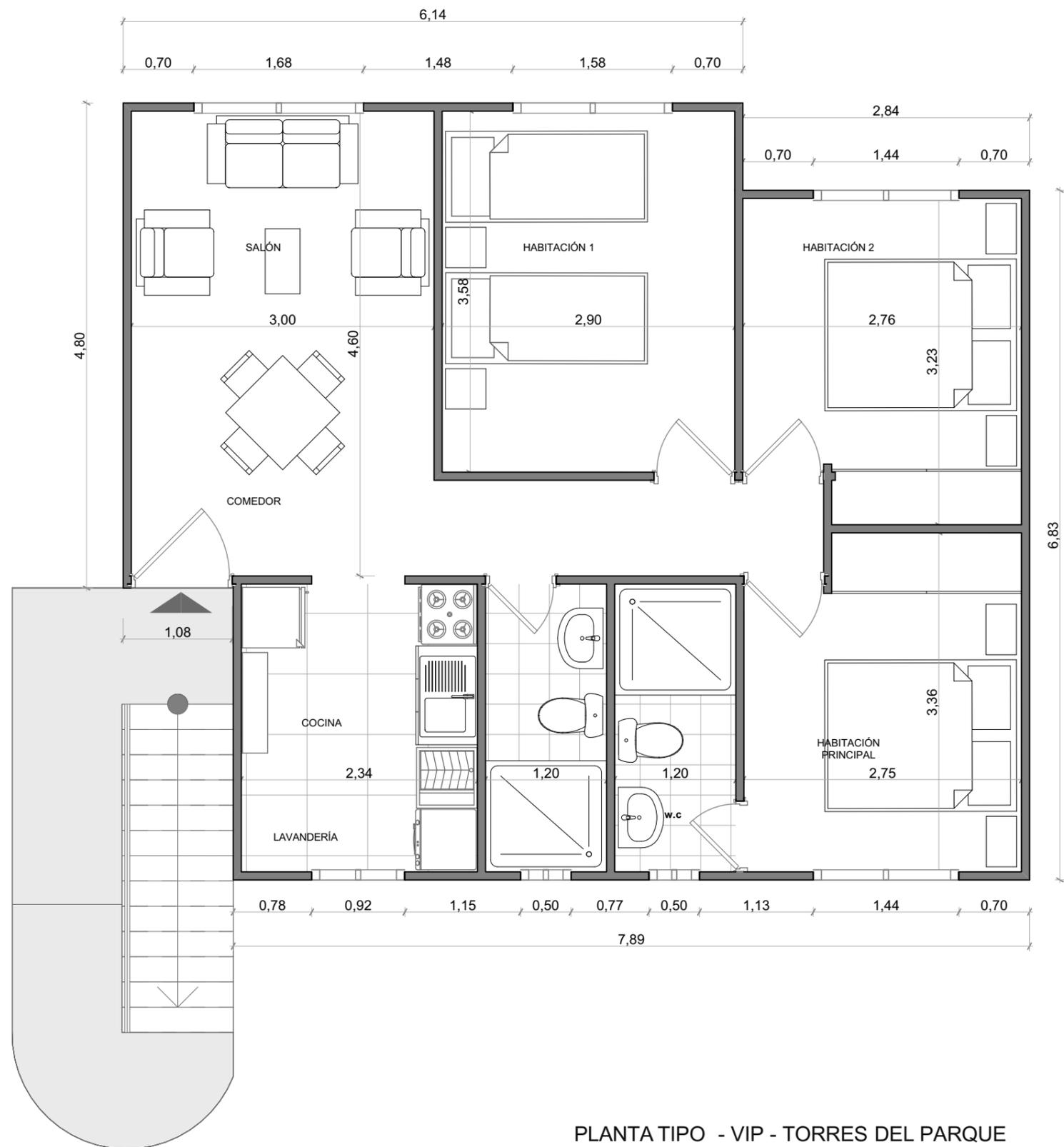


## **ANEXOS**

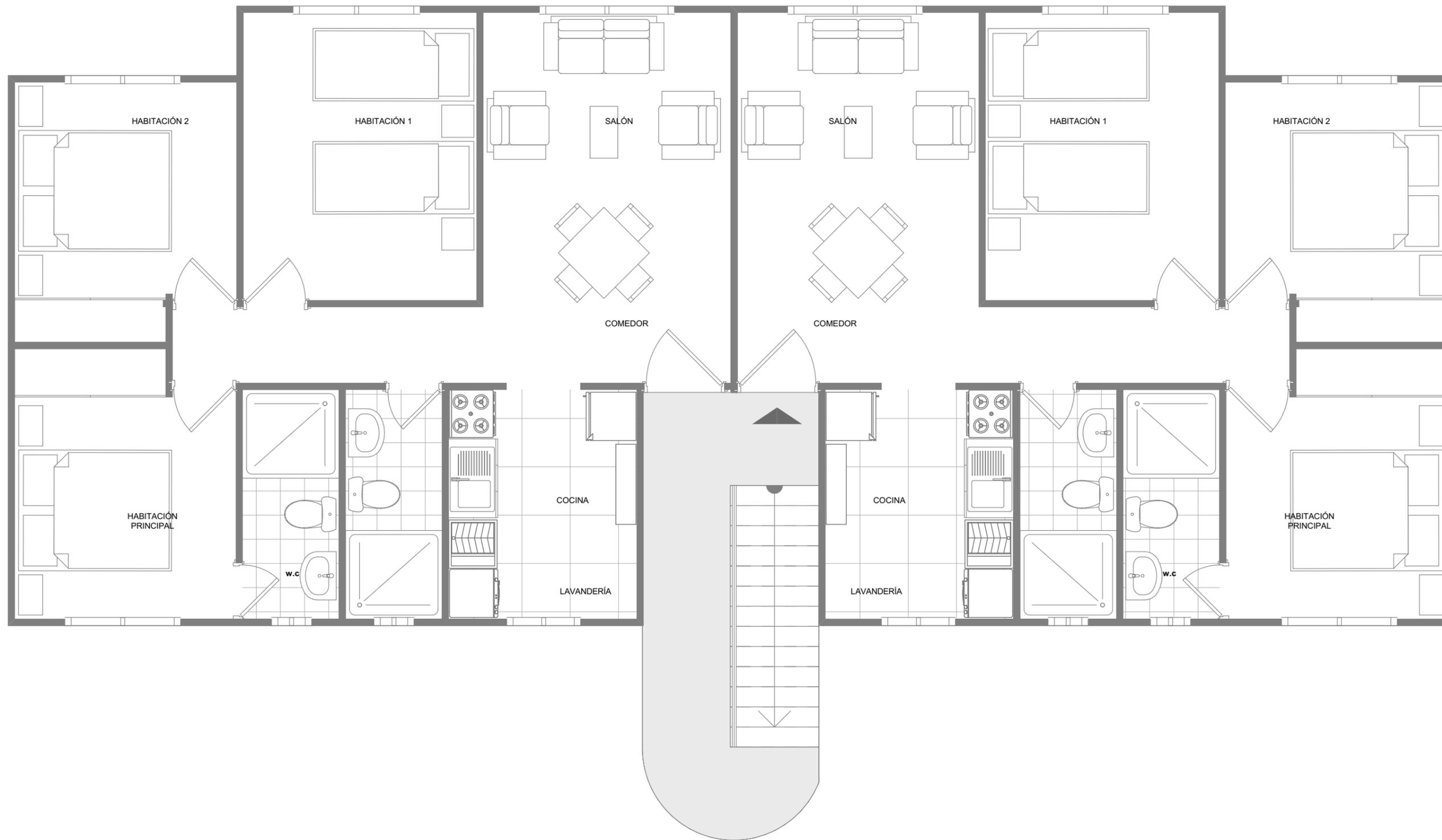
ANEXO 1: Planos



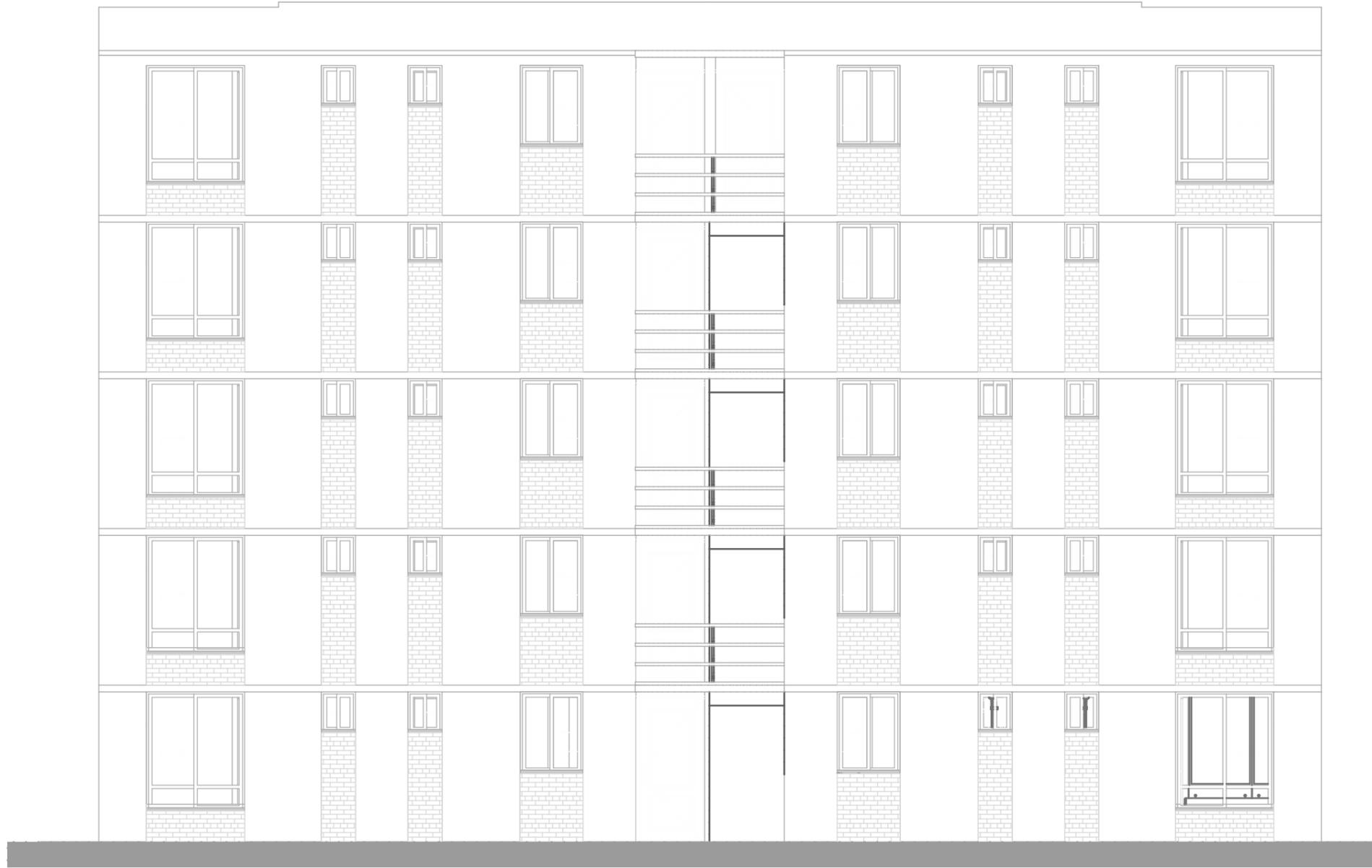
Modelo 3D. *Elaboración propia.*



PLANTA TIPO - VIP - TORRES DEL PARQUE



DOS UNIDADES DE VIVIENDA POR PLANTA -

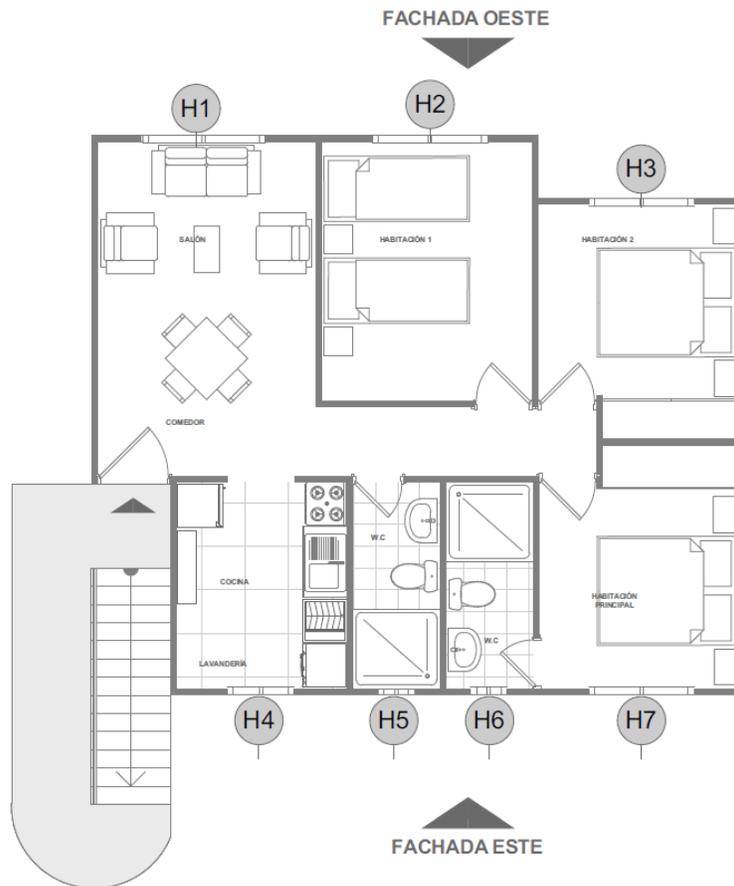


FACHADA ESTE - VIP - TORRES DEL PARQUE



FACHADA OESTE - VIP - TORRES DEL PARQUE

ANEXO 2: Porcentaje de Huecos en fachada



Planta localización huecos. *Elaboración propia.*

IMPACTO DE LA NUEVA NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VIS Y VIP EN CLIMA FRÍO.

		AREA			HUECO				RPV(%HUECOS)	
		ANCHO	ALTO	TOTAL	NOMBRE	ANCHO	ALTO	TOTAL		
ÚLTIMA PLANTA		6,24	2,98	18,60	H1	1,64	1,73	2,84		
		2,75	2,90	7,98	H2	1,54	1,73	2,66		
				2,53	H3	1,54	1,73	2,66		
		AREA TOTAL			29,11	AREA HUECOS			8,17	
	UN DE VIVIENDA	2,00		58,22				16,33		
PLANTA BAJA A PLANTA TERCERA (8 UNIDADES)	FACHADA OESTE	6,24	2,30	14,35	H1	1,64	1,73	2,84		
		2,75	2,30	6,33	H2	1,54	1,73	2,66		
				2,53	H3	1,54	1,73	2,66		
		AREA TOTAL			23,21	AREA HUECOS			8,17	
		UN DE VIVIENDA	8,00		185,66				65,32	
		AREA TOTAL FACHADA OESTE (M2)		243,87		AREA TOTAL HUECOS OESTE		81,66	33,48%	
	FACHADA ESTE	7,90	2,30	18,17	H4	0,92	1,20	1,10		
					H5	0,50	0,60	0,30		
				0,00	H6	0,50	0,60	0,30		
					H7	1,40	1,70	2,38		
	AREA TOTAL			18,17	AREA HUECOS			4,08		
	UN DE VIVIENDA	10,00		181,70				40,84	22,48%	

Cálculo de porcentaje de huecos de fachada. *Elaboración propia.*

ANEXO 3: FACTOR U – ENVOLVENTE 5CM

	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.
1.	Silicon	0.003	700.0	1000.000	0.180
2.	Glass Fibre Board, Orgar	0.004	100.0	960.000	0.036
3.	Cement Mortar	0.004	1650.0	920.000	0.720
4.	Rock Wool	0.050	200.0	710.000	0.034
5.	Cement Mortar	0.010	1650.0	920.000	0.720
6.	Hormigon Armado	0.080	2400.0	920.000	1.630
7.	Rendering	0.010	1330.0	1000.000	0.790
8.	Mortero estuco	0.005	2000.0	920.000	1.400

Configuración Envolverte. *Software Ecotect Analysis.*

	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	Silicon	0.003	700.0	1000.000	0.180	95
2.	Glass Fibre Board, Orgar	0.004	100.0	960.000	0.036	95
3.	Cement Mortar	0.004	1650.0	920.000	0.720	35
4.	Rock Wool	0.050	200.0	710.000	0.034	45
5.	Cement Mortar	0.010	1650.0	920.000	0.720	35
6.	Brick Masonry Medium	0.100	2000.0	836.800	0.711	25

Configuración Antepedros de ventana. *Software Ecotect Analysis.*

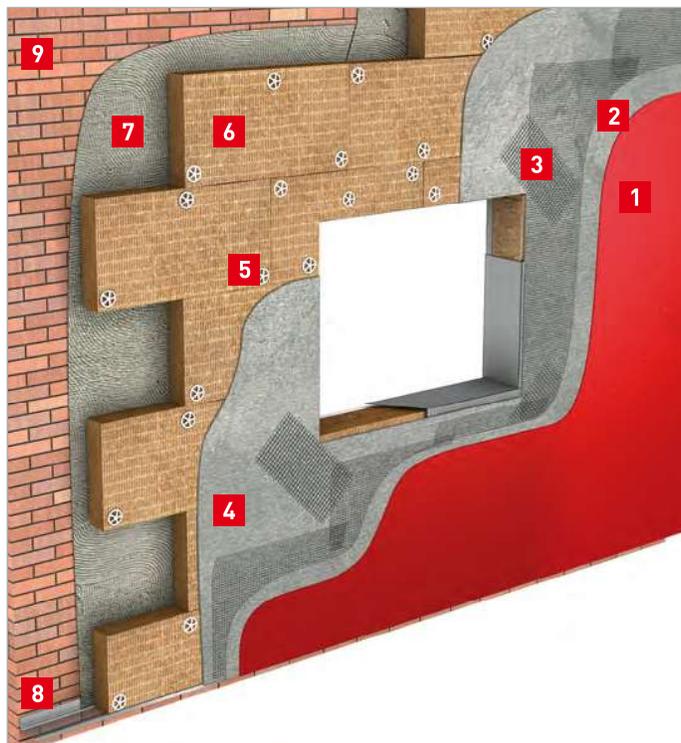
ANEXO 4: FICHA TÉCNICA SATE

# Fachada SATE: Sistema REDArt®



## DESCRIPCIÓN

El Sistema REDArt es un sistema de aislamiento térmico y acústico para fachadas tipo SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior), llamado también ETICS (External Thermal Insulation Composite System). Es un sistema compuesto por un panel de lana de roca de Doble Densidad, ROCKSATE DUO PLUS, y un acabado exterior de mortero.



- Sistema completo para fachadas tipo SATE
- Aislamiento continuo
- Recomendado para viviendas unifamiliares, sociales, grandes edificios comerciales, centros educativos, etc

## VENTAJAS

- Seguridad en caso de incendio: Incombustible (A1).
- Confort acústico: excelente acondicionamiento acústico.
- Mejora la eficiencia energética con un acabado decorativo atractivo.
- Acabado estético: amplia gama de acabados y colores disponible en **más de 200 colores** y en tres granulometrías: 1,0 mm, 1,5 mm y 2,0 mm.
- Transpirabilidad de la fachada.
- Adaptabilidad al soporte gracias a la Doble Densidad.
- Fácil y rápido de instalar.
- Es una solución que proporciona calidez y protege la fachada del edificio.
- Red de Instaladores Recomendados ROCKWOOL que garantiza la correcta ejecución en obra.

## PRESTACIONES TÉCNICAS

- 1 Mortero de acabado REDArt acabado Silicato / Silicona disponibles en más de 200 colores (1,5mm)
- 2 REDArt Imprimación para Silicato / Silicona (1,5mm)
- 3 Malla de refuerzo REDArt malla estándar
- 4 Mortero armadura para el embevido de la malla de refuerzo REDArt Capa Base (5,0mm)
- 5 Fijación mecánica REDArt Anclajes
- 6 Panel de lana de roca de Doble Densidad ROCKSATE DUO PLUS (100mm)
- 7 Mortero adhesivo REDArt Adhesivo (15 mm)
- 8 Perfil para zócalo/panel de arranque
- 9 Fábrica de ladrillo perforado (115mm)

Transmitancia térmica	Aislamiento acústico	Resistencia al fuego
$U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	$R_A = 54 \text{ dBA}^*$ (Según muro base)	$REI = 120 \text{ min}^*$

Consulte con nuestro departamento técnico otros valores de transmitancia térmica y ensayos acústicos de la solución.



## REHABILITACIÓN:

- Solución ideal para proyectos de rehabilitación ya que aumenta la eficiencia energética del edificio.
- Reduce la transmitancia térmica de la envolvente.
- Aislar sin reducir el espacio habitable.



## OBRA NUEVA:

- Fachadas estéticas con alto rendimiento.
- Excelente soporte mecánico.
- Reduce el consumo energético.

## PRODUCTO RECOMENDADO ★

Producto	Tipo	Densidad [Kg/m <sup>3</sup> ]	Conductividad Térmica (W/mK)	Reacción al Fuego	Permeabilidad al vapor de agua	Revestimiento	Pág.
★ ROCKSATE DUO PLUS	Panel rígido de Doble Densidad	120/70	0,035	A1 (Incombustible)	$\mu = 1$	Desnudo	175
ROCKSATE MD PLUS	Panel rígido de monodensidad	120	0,036	A1 (Incombustible)	$\mu = 1$	Desnudo	176

## INSTALACIÓN

- 1 Preparar el soporte base. Asegurar la planeidad y el estado de la hoja de fábrica.
- 2 Instalar el perfil de arranque a una altura sobre el suelo exterior de mínimo 15 cm.
- 3 Fijación del aislamiento, los paneles de lana de roca ROCKSATE DUO PLUS: Aplicar mortero REDArt Adhesivo en el perímetro y en el interior del panel y fijaciones mecánicas plásticas adecuadas al tipo de soporte base. Asegurarse de colocar los paneles a tresbolillo y no dejar huecos entre ellos.
- 4 Instalar un perfil de esquina para garantizar el correcto acabado, en estas zonas.  
Posteriormente adherir sobre el soporte, y una vez seco, fijar los paneles con el mortero adhesivo.
- 5 Instalar la capa base mediante mortero REDArt Capa Base y embeber la malla de refuerzo.
- 6 Aplicar en las esquinas de los huecos una malla de refuerzo.
- 7 Aplicar la capa de imprimación REDArt.
- 8 Aplicar la capa de Acabado REDArt Silicato o Silicona.

Más información del sistema en [www.rockwool.es/REDArt](http://www.rockwool.es/REDArt).