

UNIDAD I - MARCO TEORICO GENERAL

1. TIPO DE ENFOQUE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental y descriptiva, siendo la eficiencia energética de una vivienda, la variable a manipular, donde se logrará experimentar en el interior de la vivienda con la implementación de diversas técnicas u estrategias bioclimáticas, logrando describir algunos resultados, el modo o el porqué de la causa que los produce o diversas situaciones ante su respectiva reacción.

En todo el procedimiento sistemático se procederá a la descripción de todos los fenómenos y cambios trascendentes que pueda haber en el transcurso de la investigación; con los cuales se podrán realizar las estadísticas, valoraciones y el análisis correspondiente que nos permitirán llegar a resultados finales

Todo el trabajo investigativo será complementado mediante la utilización de un enfoque de carácter mixto, pues con el método hipotético deductivo se seguirá una línea de investigación práctica – científica, explicando de esta manera los fenómenos y resultados que se vayan obteniendo con la investigación acerca de la eficiencia energética en una vivienda, mediante el análisis, cuantificaciones y cualificaciones, parámetros y estadísticas que se vayan generando con la utilización de varias técnicas bioclimáticas que permitan lograr la eficiencia energética óptima en las viviendas de caso de estudio, mediante la experimentación se podrá ver si las consecuencias de las pruebas son verificadas con hechos. Por otro lado, con el método cualitativo (análisis – síntesis) durante el desarrollo de la investigación se realizará la previa observación analítica de todas las características y fenómenos que se produzcan al manipular las variables, posteriormente se podrán describir sus características, el comportamiento y los resultados que se vayan generando con el desarrollo de la investigación que permitirán comprobar o no la pregunta científica propuesta y la hipótesis formuladas. Esta así obliga al investigador a combinar la reflexión racional con la observación de la realidad.

2. INTRODUCCIÓN

En estos tiempos de crisis medioambiental, económica y energética, la teoría de la sostenibilidad ha tomado cada vez mayor importancia en nuestro medio, de igual manera toma cada vez mayor importancia en el ámbito de la arquitectura, y aquí es cuando el ahorro y la eficiencia energética toman un papel importante como la mejor opción para contrarrestar esta crisis.

La construcción sustentable es un tema multidimensional en el cual juegan muchos factores, factores que colaboran o perjudican a la misma, uno de estos es el ahorro energético en las viviendas, que resulta imprescindible para alcanzar el objetivo de conservación de recursos naturales y reducción de contaminación ambiental producidas por los gases de efecto invernadero que se producen en todo su ciclo de vida.

El ahorro de energía en el ámbito de la construcción nos permite ahorrar recursos económicos y ayuda a reducir el agotamiento de los escasos recursos de nuestro medio, más aún reduce el consumo excesivo de los recursos fósiles, por último, y muy importante punto es que el sector de la construcción es uno de los que tienen las mejores alternativas a nivel mundial para reducir las emisiones de CO₂ en comparación a otros sectores.

Según el World GBC 2008, es el sector que más potencial tiene para reducir o mitigar los impactos negativos actuales que venimos produciendo al medio ambiente, y se puede decir que con pequeños cambios, sería suficiente para reducir en promedio del 40% el consumo de energía, 35% las emisiones de carbono (CO₂) y hasta un 50% el consumo de agua, además generar ahorros del 50% al 90% en el costo de la disposición de desechos sólidos, y es por estas razones que las edificaciones se convertirían hoy en día en uno de los principales responsables del cambio climático mundial.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio climático y la constante preocupación por la preservación del medio ambiente ha resaltado la necesidad de buscar soluciones capaces de reducir los efectos ocasionados por el consumismo masivo de las personas a nivel mundial, es por esta razón que el principal problema deriva en la necesidad de mejorar la calidad ambiental, haciendo énfasis en optimizar el ahorro y uso de energía.

Actualmente la sociedad necesita mantener un nivel de confort dentro de sus viviendas, lo que en muchos casos por falta de un buen empleo de técnicas bioclimáticas, y el desconocimiento de algunos usuarios sobre la eficiencia energética en viviendas, supone un elevado consumo energético como resultado, siendo necesario el uso de equipamiento mecánico para alcanzar dicho nivel de confort.

Sumada a esta problemática es importante mencionar que debido a la pandemia por la cual estamos atravesando ha aumentado el consumo de energía ya que el mundo se vio obligado a quedarse en casa y conectarse a diversos aparatos por mayor cantidad de tiempo, ya sea para alcanzar dicho confort para su habitabilidad, y por todo el trabajo virtual que se vino desarrollando en los últimos años.

Con este contexto, la eficiencia energética dentro del sector de la construcción constituye un recurso inevitable a considerar dentro de toda planificación arquitectónica, por lo que es necesario empezar a evaluar y plantear nuevas formas de planificar y proyectar nuevos proyectos arquitectónicos, con la ayuda de nuevas herramientas tecnológicas que nos ayudan a resarcir la problemática, y así poder garantizar confort y al mismo tiempo lograr un ahorro económico con esta conciencia del buen uso y planificación de la energía.

4. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a todo lo anteriormente mencionado, se plantea la siguiente pregunta científica:

¿CÓMO SE PODRÍA OPTIMIZAR UNA VIVIENDA PARA QUE SEA EFICIENTE ENERGÉTICAMENTE CON EL EMPLEO DE NUEVAS HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS Y QUE ESTA SEA DE APOORTE PARA LA CIUDAD DE TARIJA?

5. JUSTIFICACIÓN

El sector de la edificación continúa impactando al medio ambiente por su alto consumo de energía y emisiones de carbono, ya que el 40% de la energía total que se produce en un país se utiliza en el sector de la vivienda.

En la ciudad de Tarija la Vivienda Unifamiliar Tipo ha sido identificada como la más representativa de las edificaciones residenciales que se construyen en base a los datos del Censo de Población y Vivienda 2012 y registros de permisos de construcción aprobados por la Dirección de Ordenamiento Territorial dependiente del Gobierno Municipal de Tarija, por lo tanto la evaluación del consumo de energía durante la fase de uso de esta tipología nos llevara a identificar las falencias energéticas del sector residencial.

Se hace énfasis en el tema energético, ya que está presente en todo el proceso constructivo, especialmente en la fase de uso, pues continúa generando demanda de servicios, consumiendo energía y generando dióxido de carbono a lo largo de toda su vida útil.

Con una planificación de construcción más eficiente es posible llegar a una reducción del 50 a 70% del consumo energético.

Razón por la cual la elaboración de esta investigación constituye un aporte a la población, ya que la aplicación de dichas técnicas ofrece proyectos energéticamente más eficientes, evidenciando los beneficios que representa diseñar y construir proyectos aplicando estrategias bioclimáticas óptimas para el emplazamiento de las viviendas del caso de estudio.

La aplicación de dichas estrategias será respaldada por datos técnicos obtenidos mediante la manipulación del software Ecotect Analysis, como herramienta

tecnológica primordial a la hora de toma de decisiones, adaptándonos así a las tendencias y estrategias globalizadas de aplicación de arquitectura sostenible.

6. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS.

6.1.OBJETIVO GENERAL.

- ❖ Investigar la eficiencia energética mediante la recopilación de datos técnicos de viviendas de estudio emplazadas dentro del distrito 11, datos que serán introducidos en el software Ecotect para su análisis y estudio de comportamiento energético en su condición actual, para posteriormente realizar la optimización de dichas viviendas aplicando estrategias bioclimáticas, logrando así un mayor confort ambiental.

6.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- ❖ Recopilar información mediante levantamiento de datos técnicos en una muestra de viviendas del distrito 11 de la ciudad.
- ❖ Introducir datos técnicos al software Ecotect, para conseguir así simulaciones del comportamiento energético actual de las viviendas del caso de estudio.
- ❖ Analizar e identificar falencias existentes en el comportamiento energético actual de viviendas del caso de estudio.
- ❖ Seleccionar y aplicar las estrategias bioclimáticas de eficiencia energética a las viviendas del caso de estudio.
- ❖ Validar los resultados de la utilización de las estrategias de eficiencia energética empleadas en las viviendas del caso de estudio, mediante el software Ecotect.

7. HIPÓTESIS.

La aplicación de las estrategias de eficiencia energética analizadas mediante los datos técnicos obtenidos a través de la manipulación del software Ecotect Analysis, garantiza un mejor planeamiento a la hora de diseñar o rediseñar diferentes ambientes logrando un mejor confort ambiental en los casos de estudio y en futuras edificaciones en la ciudad.

UNIDAD II – MARCO CONCEPTUAL.

1. **CONCEPTUALIZACIÓN DEL TEMA.**

1.1.ARQUITECTURA SOSTENIBLE

La arquitectura sostenible es aquella que tiene en cuenta el impacto que va a tener el edificio durante todo su Ciclo de Vida, desde su construcción, pasando por su uso y su derribo final. Considera los recursos que va a utilizar, los consumos de agua y energía de los propios usuarios y finalmente, qué sucederá con los residuos que generará el edificio en el momento que se derribe.²

1.2.CALOR ESPECÍFICO

El calor específico es la cantidad de calor que hay que aplicar a una unidad de masa, como por ejemplo un metal, un plástico o la madera, para aumentar su temperatura en un grado, aunque también hay otras unidades de medida. A este término también le podemos llamar capacidad calorífica o capacidad térmica³

1.3.CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Es una característica que mide la capacidad de conducir el calor de cada material, en otras palabras, la propiedad física de los materiales para transferir calor desde sus propias moléculas a otras con las que se encuentra en contacto o están cercanas.³

1.4.CONFORT AMBIENTAL

El confort ambiental es un concepto subjetivo que expresa el bienestar físico y psicológico del individuo cuándo las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables a la actividad que desarrolla⁴

1.5.CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

El certificado de eficiencia energética o certificado energético es un documento oficial redactado por un técnico competente que incluye información objetiva sobre las características energéticas de un inmueble, califica energéticamente un inmueble

calculando el consumo anual de energía necesario para satisfacer la demanda energética de un edificio en condiciones normales de ocupación y funcionamiento.⁵

1.6.EFICIENCIA ENERGÉTICA.

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), define a la eficiencia energética como un conjunto de acciones que permiten emplear la energía de manera óptima, incrementando la competitividad de las empresas, mejorando la calidad de vida, reduciendo costos y al mismo tiempo, limitando la producción de gases de efecto invernadero.

1.7.ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Este concepto se refiere al conjunto de grupos, medios, metas y orientaciones con las que se cuenta para lograr una finalidad u objetivo. Por medio de unas estrategias de diseño compacta se pueden establecer las acciones adecuadas que posibiliten el logro de un objetivo propuesto.⁶

1.8.FLUJO DE CALOR

Es la potencia que da lugar a la producción de energía a razón de 1joule por segundo, sus unidades son W/m² (Vatio por metro cuadrado). Este calor se transfiere mediante 3 mecanismos básicos: Conducción, convección y radiación.⁷

1.9.INERCIA TÉRMICA

La inercia térmica es la propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con la que cede o absorbe. Esta depende de la masa, del calor específico de sus materiales y del coeficiente de conductividad térmica de estos.⁸

1.10. VALOR U

Es una medida de la ganancia o pérdida de calor a través de un material debido a la diferencia entre las temperaturas del aire interior y exterior. El valor U también se conoce como el coeficiente de transferencia de calor. Se mide en W/ (m² · K), vatio por metro cuadrado, Kelvin, y cuánto más bajo es, mejores prestaciones aislantes.⁹

UNIDAD III - MARCO HISTÓRICO

I. ANTECEDENTES.

En las primeras épocas (década de los 70), muy pocas organizaciones tenían algún tipo de monitoreo energético y cuando lo poseían no había un enfoque común. La mayoría de los sistemas eran manuales. No es hasta 1973, con la Crisis del Petróleo que los precios reales de la energía subieron dramáticamente.

Dicha etapa se caracterizó por la mentalidad de "salvar la energía" y hallar una respuesta a la crisis, ante estos aumentos precios y los repentinos de los problemas de suministro de energía causados por la falta de petróleo.

En el frente técnico emergieron nuevas tecnologías que a menudo se adoptaron antes de que estuvieran completamente desarrolladas, a nivel gubernamental las medidas tendían a exhortar a la población al ahorro y como mucho se pedía a los consumidores que "apagaran" luces cuando no se usaban.

Este período vio el desarrollo de la gestión de la energía y dicho término fue reemplazando lentamente al concepto de "conservación de la energía". Tímidamente comenzó el desarrollo y la aplicación de lo que se dio en llamar "modelos de gestión eficaz".

Gracias a la implementación de los ordenadores, surgieron también el monitoreo. Los sistemas computarizados podrían tener en cuenta factores relevantes tales como calefacciones en función de la temperatura ambiente y/o los niveles de producción.

Durante esta etapa apareció el mercado de la "consultoría de gestión energética" y con él, ciertas empresas que ayudaban a otras a realizar auditorías, ejecutar proyectos y ofrecer programas de comunicación y sensibilización.

Hasta el año 2000 la gestión de la energía como disciplina comenzó a decaer

Al liberalizarse el mercado se podrían lograr mayores ahorros con menos riesgo haciendo compras más efectivas que mediante la implementación de proyectos de eficiencia energética, el mercado de consultoría energética disminuyó drásticamente.



El medio ambiente comenzó a surgir como un problema en este período y muchas empresas incorporaron la gestión de la energía aplicándola a iniciativas ambientales más amplias, pero sin profundizar mucho.

La primera década del nuevo siglo y milenio le “abrió los ojos al mundo” de la necesidad de reducir el empleo de Carbono. Surgieron y se hicieron habituales los términos de Calentamiento global, Huella de carbono, Cambio Climático, Eco amigable etc.

Con el objetivo de reducir las emisiones de gases provocadas por el efecto invernadero se desarrollan en Europa diferentes directivas con respecto al manejo de energías renovables en el sector de la edificación. España comenzó con la inclusión de las energías renovables en el consumo final de los edificios, proponiendo sistemas como

- ❖ Paneles solares fotovoltaicos como parte de la producción de la energía eléctrica
- ❖ Energía eólica, Energía geotérmica, etc.

Y es así que se ha instaurado en España la etiqueta energética en edificaciones, siendo esta un distintivo importante acerca de la eficiencia energética de los inmuebles.

A partir de 2010, la política que apunta a la eficiencia energética crece a nivel mundial, aumenta el interés por la financiación de la eficiencia energética. El mercado sigue siendo incipiente en la mayoría de los países, pero los signos son positivos.

Y es así que a consecuencia de la crisis actual del sector de la construcción, se desarrollaron distintas iniciativas en el área de la rehabilitación de edificios ya existentes y así se fomenta la implementación y desarrollo de mejoras en ellos.

2013-2016, Se presenta dentro de sus objetivos la mejora dentro de la calidad de la edificación y más específicamente de la eficiencia energética y su debida conservación.

Con esta se prevén dar subvenciones a los edificios más energéticamente eficientes que lo acreditarán con la correspondiente etiqueta energética.¹⁰

Los beneficios que aporta se pueden resumir en:

- ❖ Reducción de los gastos producidos en los sectores residencial y terciario.
- ❖ Disminución de la dependencia energética que España tiene con el exterior, al 80%.
- ❖ Se produce una reducción de la contaminación ambiental.
- ❖ Disminuye el uso de los recursos naturales.
- ❖ Como consecuencia de la reducción del uso de recursos naturales, se produce el consecuente deterioro del mismo.

CUMBRE DE LA TIERRA DE RÍO DE JANEIRO

La Cumbre de la Tierra reúne a países de todo el mundo por el medio ambiente en el año 1992 en Río de Janeiro a representantes de todos los países del mundo para tratar temas relacionados con el medio ambiente, salud, residuos, biodiversidad y desarrollo sostenible del planeta, así como del cambio climático.

Esta conferencia global reunió a representantes de 179 países y más de 400 representantes de ONG's, fue un esfuerzo masivo por reconciliar el impacto de las actividades socio-económicas humanas con el medio ambiente, tiene en cuenta las cuestiones relacionadas con la salud, la vivienda, la contaminación del aire, la gestión de los mares, bosques y montañas, la desertificación, la gestión de los recursos hídricos y el saneamiento, la gestión de la agricultura, la gestión de residuos.

Esta cumbre fue testigo de la aprobación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, donde se afirma la necesidad urgente de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la misma que condujo a la firma del **Protocolo de Kioto** en el año 1997.¹¹

EL PROTOCOLO DE KIOTO

El Protocolo de Kioto cobró protagonismo y la agenda del cambio climático se convirtió en un foco principal para individuos, gobiernos y organizaciones, esto hizo de la energía nuevamente una cuestión de alto nivel y a medida que subían los precios,

muchas empresas se comprometieron a reducir el consumo, enfrentándose a sanciones por no hacerlo.

Este es un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de los seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. Es uno de los más reconocidos a nivel mundial.

El protocolo fue adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón, pero no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005, forma parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), suscrita en 1992 dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro. El protocolo vino a dar fuerza vinculante a lo que en ese entonces no pudo hacer la CMNUCC.¹⁰

En 2008, antes de que los efectos completos de la crisis financiera se hicieran claros y en medio de una erupción de preocupación por el precio del petróleo y las presiones sobre los recursos, el barril alcanzó un récord de 147 dólares.

2. REFERENTES ARQUITECTÓNICOS

2.1. CIUDAD DE MASDAR, La primera ciudad sostenible del mundo¹²

Situada al sureste de Abu Dabi en medio del extenso desierto, la ciudad de Masdar parece un espejismo. Se inició la construcción de la ciudad en 2008 con el objetivo de crear la ciudad ecológica más sostenible del mundo.

Masdar es una ciudad diseñada con criterios bioclimáticos que funcione exclusivamente con fuentes de energía renovables, produzca cero emisiones y pocos residuos, y además consuma la mínima cantidad de agua posible.

En el diseño de la ciudad se unen tradición y vanguardia, a la arquitectura árabe tradicional se suman las últimas tecnologías para conseguir mantener la temperatura 20° por debajo de la del entorno, durante los calurosos meses de verano, las temperaturas en las calles de la ciudad de Masdar son hasta 60 grados Fahrenheit (20 grados Celsius) más frías que en el centro de Abu Dhabi, gracias a una torre de viento gigante que canaliza una brisa refrescante por las calles de la ciudad.

Los paneles solares en la azotea, que constituyen uno de los sistemas más grandes de Oriente Medio, aprovechan los poderosos rayos del sol para crear energía limpia para toda la ciudad.

Un anillo perimetral de vegetación cuyo objetivo es hacer de filtro frente a las tormentas de arena.

Calles estrechas y orientadas en diagonal para aprovechar el efecto de las brisas refrescantes nocturnas y disminuir los efectos de la radiación solar directa.

Chimeneas tradicionales para captar los vientos frescos y evacuar los recalentados diurnos, tanto para las edificaciones como para las zonas públicas exteriores



Imagen 1 CIUDAD DE MASDAR

Ubicación: Emiratos Árabes Unidos

Arquitecto: Norman Foster

Año de construcción: 2008

2.2. EDIFICIO NZEB MENDILLORRI (NAVARRA) - Uno de los edificios más eficientes de España, con certificación Passivhaus¹³

El edificio nZEB Mendillorri es el primer edificio dotacional con certificado Passivhaus en Navarra. Se trata de un edificio distribuido en una sola planta de 246,30 m² de superficie de referencia energética. La envolvente térmica se resuelve con un muro de madera contra laminada (CLT) y una fachada ventilada de estructura portante de madera con aislamiento de lana mineral, un estándar de eficiencia energética con el que se reduce el impacto medioambiental de un edificio, gracias a la enorme reducción de energía necesaria para calentar o enfriar el aire. Su concepto bioclimático viene dado por un elevado nivel de aislamiento y un diseño arquitectónico dirigido a maximizar ganancias solares en invierno y, de este modo, reducir al mínimo la demanda de

calefacción. Esta baja demanda energética del edificio (proyecto a cargo de Naven Ingenieros) lo ha posicionado como uno de los edificios más eficientes de España. El sistema integra ventilación y calefacción —mediante recuperadores de calor con baterías de post-calentamiento a través de aerotermia—, y un control centralizado del edificio con sondas de calidad del aire en cada estancia y acciones correctoras para la optimización de la instalación.



Imagen 2 EDIFICIO NZEB MENDILLORRI

2.3. EDIFICIO DE LA CAF, BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA (BOLIVIA).¹⁴

CAF -Banco de Desarrollo de América Latina- cuenta con certificación LEED EBOM (Existing Building Operations & Maintenance) nivel oro que reconoce a su infraestructura como el primer “edificio verde” del país. El galardón fue otorgado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos de Norteamérica (US Green Building Council) después de un riguroso proceso de evaluación, consolidando así el liderazgo de CAF en edificación sustentable basado en la utilización eficiente de los recursos.

Entre las características del edificio se destacan los paneles solares que generan energía renovable para su autoconsumo, la innovación en las operaciones y en el mantenimiento o la eficiencia del consumo de agua. De esta manera CAF cumple con

su misión de promover la sostenibilidad y las energías alternativas en la región, obtuvo reconocimientos por varias iniciativas sostenibles tales como la promoción del uso de las escaleras con la concomitante disminución en el uso de ascensor. Se aprovechó el diseño del edificio, que cumple con los requisitos como la visibilidad de la escalera, fácil accesibilidad y la iluminación natural, entre otros. Desde el año 2012, CAF profundizó las medidas ambientales y las estrategias de uso eficiente del agua, energía, materiales y recursos, calidad del ambiente interior e innovación en las operaciones y mantenimiento del edificio, para alcanzar esta certificación.



Imagen 3 EDIFICIO DE LA CAF, BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA

¹⁰ *La Eficiencia Energética en el Uso de la Vivienda Factores Incidentes-Natalia Pascual Román*

¹¹ <https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/cumbre-tierra>

¹² <https://www.viator.com/es-MX/Abu-Dhabi-attractions/Masdar-City>

¹³ https://elpais.com/elpais/2019/05/10/icon_design/1557488721_015790.html

¹⁴ <https://www.extend.com.bo/caf-edificio-verde-bolivia>

UNIDAD IV - MARCO TEÓRICO INVESTIGATIVO

1. SUSTENTO TEÓRICO INVESTIGATIVO

1.1.LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS Y VIVIENDAS ¹⁵

La mejora de la eficiencia energética está basada en la optimización de los procesos de producción y el consumo de energía, la promoción responsable de la misma, el uso de fuentes de energía renovable y el reciclaje, etc. En cuanto al sector de la construcción se refiere, ha adquirido una gran importancia la conservación de la energía a través de la eficiencia energética en edificios y viviendas.

REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA SE CLASIFICAN EN 4 FORMAS:

❖ DISEÑO PASIVO Y ORIENTACIÓN PARA APROVECHAR LA ENERGÍA SOLAR, DE EDIFICIOS Y VIVIENDAS.

Los edificios que están diseñados con estrategias solares pasivas usan de forma natural la energía del sol ya sea para iluminar, calentar o enfriar los espacios. Esta acción reduce el consumo de energía de otras fuentes a la vez de proporcionar un ambiente confortable en su interior. Los principios del diseño solar pasivo son compatibles con diversos estilos arquitectónicos y pueden renovarse con el edificio existente para un uso neto de energía cero.

❖ MATERIALES DE BAJA ENERGÍA INCORPORADA.

Es importante considerar los materiales utilizados en la construcción y que estos sean de baja energía, pues estos reducen la energía utilizada en la construcción del edificio.

Y con energía incorporada nos referimos a la energía consumida en todos los procesos asociados a la producción de un edificio, desde la adquisición de recursos naturales hasta la entrega del producto, incluida su extracción, fabricación de materiales y transporte.

La utilización de materiales con baja energía incorporada en las construcciones puede reducir en gran medida el consumo de energía en los edificios y también minimizar los impactos ambientales de la construcción.

❖ **ELECTRODOMÉSTICOS DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA CONSERVAR LA ENERGÍA OPERATIVA DEL EDIFICIO.**

Según un estudio realizado en 2009 por McKinsey & Company, el reemplazo de electrodomésticos viejos por unos más modernos es una de las formas de reducir el consumo de energía más globales y más eficientes de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El impacto de la eficiencia energética en la demanda máxima depende de cuándo se utiliza el electrodoméstico.

❖ **CONSTRUIR TECNOLOGÍAS INTEGRADAS DE ENERGÍA RENOVABLE.**

Las tecnologías de energía renovable han existido desde hace muchos años atrás, estas tecnologías suelen ser objeto de mejoras continuas y adaptaciones, entre las tecnologías de energía renovable que son más viables para los países en desarrollo están los sistemas fotovoltaicos solares, los sistemas hídricos, las turbinas eólicas y los biocombustibles.

LA ENERGÍA EN LOS EDIFICIOS PUEDE CLASIFICARSE EN DOS TIPOS:

❖ **La energía para el mantenimiento / servicio de un edificio durante su vida útil.**

La planeación y el uso de un diseño estudiado y adecuado de la iluminación natural, calefacción solar mediante orientación, planificación de la vegetación de su entorno y envolventes pueden conducir a una tremenda reducción en el uso de luces artificiales, uso de calefacción en pico de estaciones, etc., lo que nos da como resultado la reducción de consumo de energía.

Por lo tanto, la integración de las características pasivas solares, orientación y análisis de envolventes de un edificio conducirá a la reducción en el consumo de energía, lo

que nos da de resultado la reducción de emisiones de CO₂ y ayuda al desarrollo sostenible.

- ❖ **El capital energético que entra en la producción de un edificio (energía incorporada) utilizando materiales de construcción.**

La energía incorporada de los materiales de construcción contribuye entre un 15% y un 20% de la energía utilizada durante un período de 50 años.

Actualmente los propietarios tienen una gran influencia en cuanto a que materiales se utilizarán en la construcción de sus viviendas y pueden usar aquellos materiales con baja energía incorporada, dejando como resultado la reducción de la cantidad de energía de combustibles fósiles utilizada durante su producción.

1.2. BENEFICIOS Y DESVENTAJAS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

BENEFICIOS

- ❖ **Respeto medioambiental:** Un edificio eficiente es una manera de demostrar que se puede utilizar adecuadamente los recursos energéticos, lo que se traduce en la reducción de emisiones CO₂ y de la huella de carbono que este deja.
- ❖ **Mayor durabilidad:** Una vivienda eficiente energéticamente es de mayor calidad que otras, con lo que se mantiene en mejores condiciones durante mucho más tiempo.
- ❖ **Ahorro económico:** Un menor gasto de energía supone un ahorro para el bolsillo.
- ❖ **Beneficios fiscales:** En países más avanzados en el tema, los edificios construidos de manera eficiente pueden verse beneficiados con rebajas fiscales y han aplicado importantes reducciones en impuestos de sus inmuebles.
- ❖ **Aumento del valor de la vivienda:** La inversión en la eficiencia energética supone un punto de valor atractivo para compradores como para inquilinos. Rehabilitar una vivienda, ya sea mejorando la protección solar, el acristalamiento y la carpintería, termina revalorizando la vivienda.

- ❖ **Mayor confort:** Son más agradables de vivir en ellos, ya que la tienen más homogeneidad de temperatura en sus espacios siendo más confortable para el usuario.

DESVENTAJAS

- ❖ Las alternativas eficientes suelen ser de mayor costo, aunque a largo plazo es una inversión rentable por el ahorro que supondrá en el tiempo.
- ❖ Es una elección, es decir, no hay leyes que establezcan como obligación la producción de productos o el uso de instalaciones más eficientes en la construcción de edificios.

1.3. ESTADÍSTICAS EN CUANTO AL SECTOR HABITACIONAL Y SUS IMPACTOS AMBIENTALES

EL SECTOR DE LA CONSTRUCCION CONSUME:

El sector **RESIDENCIAL** representa el 25% del consumo final de energía, porcentaje que se ha mantenido en los últimos 35 años¹⁶



**ENERGÍA
PRIMARIA
25%**



**ENERGÍA
PRIMARIA
40%**



**EMISIONES
DE CO2
40%**



**CONSUMO DE
AGUA DULCE
16%**



**CONSUMO
DE MADERA
25%**

IMPACTO AMBIENTAL DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION :

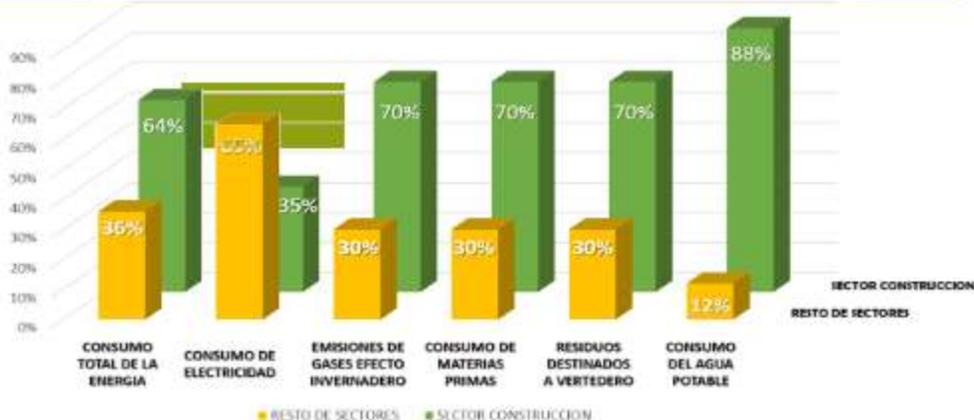


Grafico 1 *Impacto ambiental del sector de la construcción*

Como podemos apreciar en la gráfica ¹⁷, el sector de la construcción representa la mayor parte del impacto ambiental, con los valores más altos, a diferencia del resto de los sectores dentro del promedio mundial.

CONSUMO DE ENERGIA, EMISIONES CO₂ Y AHORRO POTENCIAL:

En la Tabla se puede evidenciar que el potencial de ahorro que se presentan es alto. En algunas investigaciones se estima que el *potencial de ahorro para construcciones nuevas* se encuentra alrededor del **40-50%**, y de las edificaciones existentes entre el **15-25%**.¹⁶

#	PAIS/REGION	CONSUMO ENERGETICO %	EMISIONES DE CO ₂ %	AHORRO POTENCIAL %
1	EEUU	40	40	30 - 50
2	UNION EUROPEA	40-42	35-40	27 - 30
3	CHINA	33		
4	TURQUIA	36	32	30
5	GRECIA	30	40	40
6	SINGAPUR	53.2	21.4	45
7	PAISES OCCIDENTALES	40		
	GLOBAL	40	30	30 - 50

Tabla 1 *Potencial de ahorro para construcciones / EP*

El enorme potencial de ahorro sigue sin explotarse debido a la falta de políticas efectivas que regulen estos aspectos, al uso generalizado de tecnologías menos eficientes y la inversión insuficiente para lograr así edificios sostenibles

1.4.EFICIENCIA ENERGETICA EN BOLIVIA

REGLAMENTO BOLIVIANO DE LA CONSTRUCCIÓN - BOLIVIA NO CUENTA CON UNA POLÍTICA ENERGÉTICA QUE REGULE LA CONSTRUCCIÓN:

Respecto al tema se puede observar en el reglamento actual de construcción de Bolivia que, no existe una regulación adecuada para el uso de energía de viviendas y edificios, la política energética no está actualmente incluida en nuestra legislación, así como tratados internacionales e incentivos a la inversión de este tipo de edificación, estos lineamientos para el ahorro de energía e impuestos como incentivo, aún no han sido contemplados como una norma con una política energética nacional.

Las políticas energéticas son necesarias ya que estas son las encargadas de atender exhaustivamente la regulación de la construcción, con el propósito de aportar a la eficiencia energética en el país y así cumplir con el compromiso como país de disminuir nuestras emisiones de CO2.

El presidente de la Cámara de la Construcción de Santa Cruz (Cadecacruz), Guillermo Schurpp Rivera, expresa en una entrevista de la revista "Energía Bolivia" que Parcialmente se tiene conocimiento del consumo energético que la construcción de edificios tiene en nuestro país y si esta demanda más energía que el transporte o industrias. Y este menciona que se sabe que La climatización es responsable de aproximadamente el 20 por ciento de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en todo el mundo por lo que este tiene un impacto significativo en el cambio climático causado por el hombre.¹⁸

Bolivia requiere señales fuertes en eficiencia en la construcción, no hay duda de que Bolivia en la actualidad cuenta con recursos energéticos potenciales de gran magnitud y que el país ha estado avanzando y ha construido un importante sistema energético para atender la demanda de consumo actual. Sin embargo, se debe reforzar esfuerzos en

MEDIDAS Y PROGRAMAS RESPECTO A EFICIENCIA ENERGETICA:

A continuación, se resumen las características más importantes respecto a políticas de apoyo, que están actualmente en vigor, a proyectos de EE en Bolivia.¹⁹⁻²⁰

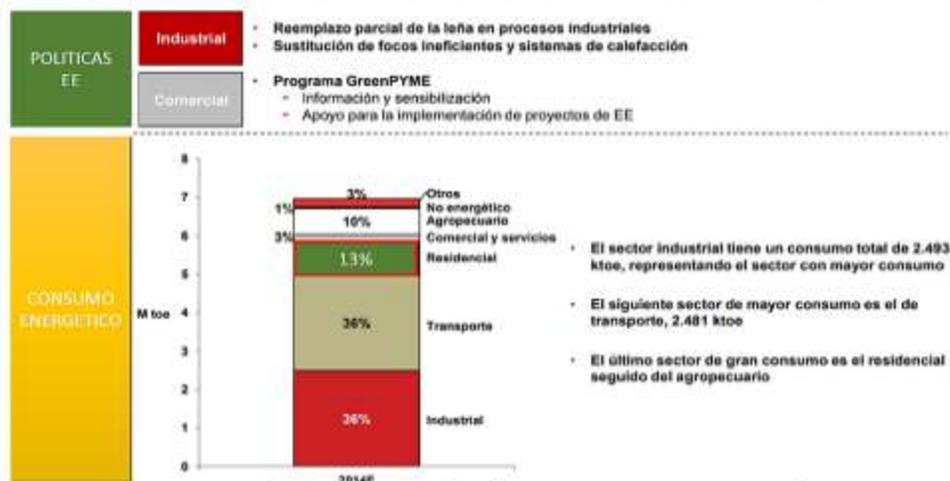


Gráfico 2 Resumen del consumo y la Eficiencia Energética en Bolivia

ESTADO GENERAL DE LA EE EN BOLIVIA	
ÓRGANO IMPULSOR	✓ Red de eficiencia energética de Bolivia del ministerio de hidrocarburos y energía
PRINCIPALES PROGRAMAS / MEDIDAS	ALCANCE SOCIAL ✓ Hay 2 programas de eficiencia energética en vigor Hay 4 medidas para los sectores comercial e industrial
	SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA ✗ No existen medidas que impulsen los sistemas de gestión energética.
	CAMPAÑAS DE FORMACIÓN ✓ Información y sensibilización a través de talleres de EE en el programa Green PYME

Grafico 3 Estado general de la Eficiencia Energética en Bolivia

Como se puede observar en la Ilustración, los sectores de mayor consumo en Bolivia son el industrial y el de transporte, es por este motivo que solo a estos dos se los reconoce como los sectores prioritarios, sin embargo, en Tarija no es la misma realidad, el sector residencial presenta gran potencial de ahorro en materia de EE.

MEDIDAS DE EE EN BOLIVIA				
SECTOR	MEDIDA	INICIO	TECNOLOGÍA OBJETIVO	USO
General	Cambio de focos incandescentes por fluorescentes	2008	CFL	Iluminación
General	Sustitución de sistemas de calefacción eléctricos por sistemas de gas natural o solares	2008	Calefacción	HVAC
Industria	Reemplazo parcial de la leña por otros combustibles	2011	Leña	varios
comercio	Promover la EE y el uso de tecnologías limpias	2012	varios	varios

Tabla 2 Medidas de Eficiencia Energética en

2. ECOTECT: SOFTWARE DE DISEÑO DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE²¹

Autodesk® Ecotect® Analysis, software de análisis de diseño sustentable, es una de las posibilidades a elegir dentro de las herramientas de diseño para una construcción sustentable. Ofrece una amplia gama de simulaciones y análisis de funcionamiento energético que permite mejorar el rendimiento de los edificios existentes o en el diseño

de otros nuevos, siendo una útil herramienta al momento de diseñar, ya que va desde modelos generales del edificio hasta el detalle.²⁰

A continuación, algunas herramientas y funciones del software:

- ❖ **Análisis energético del edificio:** Calcula el total de energía utilizada y las emisiones de carbono en el modelo del edificio.
- ❖ **Comportamiento térmico:** Calcula las cargas y requerimientos de enfriamiento y calentamiento y analiza los efectos de los ocupantes, las ganancias internas, infiltraciones y equipos.
- ❖ **Radiación Solar:** Permite visualizar la incidencia solar y la radiación en ventanas y otras superficies, en cualquier período de tiempo.
- ❖ **Luz día:** Calcula los factores de luz día y niveles de luminosidad en cualquier punto del modelo.
- ❖ **Sombras y reflejos:** Muestra la posición solar y el recorrido relativo con respecto al modelo, en cualquier fecha, hora y ubicación.

Estas herramientas nos permiten realizar variados análisis durante la fase de diseño del proyecto. Estas primeras decisiones, utilizando Ecotect nos orientan, en el proceso de diseño para poder lograr un mayor impacto sobre la eficiencia energética del proyecto.

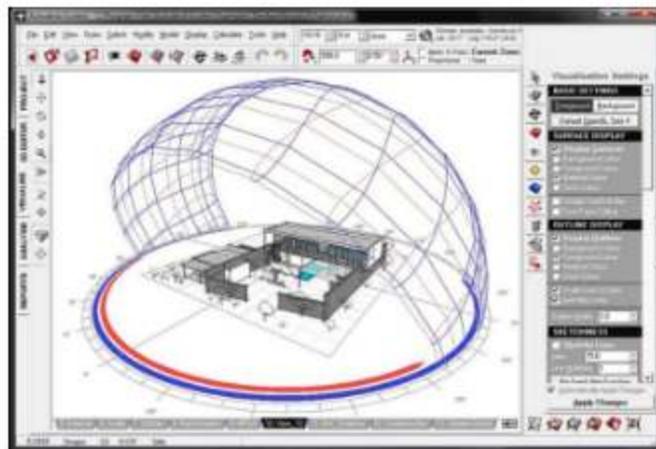


Imagen 5 Ventana Software ECOTECT

3. TEORÍA Y ENFOQUE TEÓRICO INVESTIGATIVO

La presente investigación será desarrollada a través de un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno, para intentar medir o entender, en este caso, se analizará los fenómenos y comportamiento

de la eficiencia energética en el distrito 11 de Tarija, para poder implementarla en el ámbito de la vivienda, utilizando para ello como herramienta de monitoreo primordial el software Ecotect, poder descubrir sus características, ventajas y desventajas, lo cual permitirá comprobar o no la hipótesis planteada en el proyecto de investigación.

A lo largo de la Historia de la Ciencia han surgido diversas corrientes de pensamiento y diversos marcos interpretativos, como el constructivismo, que han originado diferentes rutas en la búsqueda del conocimiento. Sin embargo, y debido a las diferentes premisas que las sustentan desde el siglo pasado tales corrientes se han “polarizado” en dos aproximaciones principales para indagar: el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo de la investigación, que serán realizados en la presente investigación.²²

TEORÍA DEL CONSTRUCTIVISMO

El constructivismo es una corriente pedagógica basada en la teoría del conocimiento constructivista, que postula la necesidad de entregar al investigador las herramientas necesarias que le permitan construir sus propios procedimientos y conocimientos, para resolver una situación problemática, lo que implica que sus ideas puedan verse modificadas y siga aprendiendo. El constructivismo considera holísticamente al ser humano y su necesidad de adquirir nuevos conocimientos. El constructivismo propone un paradigma donde el proceso de la adquisición del conocimiento, se percibe y se lleva a cabo como un proceso dinámico, participativo e interactivo del sujeto, de modo que el conocimiento sea una auténtica construcción operada por la persona que aprende (por el «sujeto cognoscente»). El conocimiento está orientado a la acción. Como figuras clave del constructivismo destacan principalmente Jean Piaget y Vygotsky.²³

ENFOQUE CUANTITATIVO

La investigación cuantitativa que se realizará en el Proyecto de Investigación, es la que analizará diversos elementos que pueden ser medidos, cuantificados. Toda la información se obtendrá durante el proceso y desarrollo del trabajo. También se obtendrán datos e información en base de las pruebas que se vayan generando y sus

resultados, con un determinado nivel de error y nivel de confianza. El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, en base al establecimiento de la hipótesis, se podrán determinar las variables; se desarrollará un plan para probarlas; se medirán y operacionalizarán las variables en un determinado contexto; se analizarán las mediciones y resultados obtenidos (utilizando métodos estadísticos) y se establecerán una serie de conclusiones respecto de la comprobación o no de la hipótesis, la que será sometida a prueba mediante el desarrollo de la investigación.

Si los resultados corroboran las hipótesis o son congruentes con éstas, se aporta evidencia en su favor, si se refutan, se podrán establecer nuevas hipótesis como re

ENFOQUE CUALITATIVO

El enfoque cualitativo utilizado en el presente proyecto, se basará en la recolección de datos para probar la hipótesis, estará enfocada en comprender los fenómenos o características que se vayan dando, a medida que se experimente sobre la eficiencia energética en la vivienda, con el uso del software Ecotect y la incorporación de diversos elementos, explorándolos in situ y en relación con el entorno. Este enfoque permitirá profundizar los conocimientos, experiencias, perspectivas, opiniones y significados, es decir, la forma en que se comporta la eficiencia energética en su realidad.

El enfoque estará basado en métodos de recolección de datos, a medida que se desarrolle la investigación y se realicen diversas pruebas de eficiencia energética en la vivienda. No se efectúa una medición numérica, por lo cual el análisis no es estadístico, los datos y resultados obtenidos permitirán conocer las características, fenomenología, ventajas y desventajas que se presenta al hacer uso de la eficiencia energética en la vivienda.

En una mayoría de los estudios cualitativos no se pueden comprobar las hipótesis, éstas se generan durante el proceso y van refinándose conforme se recaban más datos o son un resultado del estudio.

4. DEFINICIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO DE ESTUDIO

Es una serie de perspectivas o estrategias aplicadas al aprendizaje o a la investigación, útiles para la comprensión y entendimiento. Para así enfrentar los conocimientos desde diferentes percepciones. De este modo, y a través de ensayo y error, llegar a cumplir el objetivo principal de dicha investigación o refutarlo con bases sólidas y consolidadas.

En el presente proyecto de investigación se trabajará con el método explorativo – descriptivo.

4.1. MÉTODO CIENTÍFICO DE ESTUDIO EXPLORATIVO DESCRIPTIVO

INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA

Son las investigaciones que pretenden dar una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada realidad. Este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido, y es difícil formular hipótesis precisas o de cierta generalidad. Suele surgir también cuando aparece un nuevo fenómeno que por su novedad no admite una descripción sistemática o cuando los recursos del investigador resultan insuficientes para emprender un trabajo más profundo.

Los estudios exploratorios en pocas ocasiones constituyen un fin en sí mismos, por lo general determinan tendencias, identifican relaciones potenciales entre variables y establecen el tipo de investigaciones posteriores más rigurosas y el tamaño del muestreo es pequeño.²⁴

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes del fenómeno sometido a análisis. Miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones, comportamientos o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar.

Desde el punto de vista científico, describir es medir, pues, en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente

a medida que se obtienen resultados, para así describir sistemáticamente lo que se investiga.²⁵

El proceso de la descripción se relaciona con condiciones y conexiones existentes, prácticas que tienen validez, opiniones de las personas, puntos de vista, actitudes que se mantienen y procesos en marcha.²⁵

4.2.DEFINICIÓN DE VARIABLES

Una variable de investigación o variable de estudio, es un término que se utiliza para referirse a cualquier tipo de relación de causa y efecto.

Una variable representa un atributo medible que se modifica a lo largo de un experimento. Estos cuentan con diferentes medidas, dependiendo estas de sus variables, contexto del estudio y de los límites que el investigador considere.²⁶

Existen diferentes tipos de variables en una investigación, las cuales están clasificadas en:

1. Variables según su operatividad
2. Variables según su relación con otras variables
3. Variables según su escala

En el presente proyecto se trabajará con el tipo de variables según su operatividad.

VARIABLES SEGÚN SU OPERATIVIDAD

Las variables de operatividad se encuentran entre las más populares para una investigación gracias a que es posible darles un valor numérico y operar a partir de ellos. Éste tipo de variables se clasifican en:

Variables cualitativas: Conocidas también como variables categóricas. Se caracteriza por no utilizar valores numéricos, sino que describe los datos por categorías o características sin un orden natural. Las variables cualitativas pueden ser:

Dicotómicas: Este tipo de variable solamente permiten tomar 2 valores posibles, ejemplo “si o no”.

Politómicas: Permiten que existan múltiples valores, de los cuales puede seleccionarse a uno y omitir los demás.²⁶

Usaremos las **Politómicas** pues se requiere de la obtención de resultados con diversidad de valores, los que podrán ser manipulados hasta la obtención de la variable **Variables cuantitativas**: Son numéricas, es decir, representan una cantidad medible.

Las variables cuantitativas se clasifican en:

Discretas: Son las variables que no permiten el uso de valores intermedios o decimales.

Continuas: En este tipo de variables pueden encontrarse valores intermedios.²⁶

Usaremos las **Continuas** pues se requieren que estas sean medidas y valoradas en registros cuantitativos, elaborándose para ello cuadros valorativos comparativos.

5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Las investigaciones experimentales están diseñadas para sentar la relación entre causa y efecto de una situación. Donde observaremos el efecto que provoca las variables independientes que serán manipuladas para así poder monitorear los cambios sobre la dependiente. Se aplicaran estrategias de reducción de consumo energético, enfatizadas en el tratamiento de envolvente e iluminación.

VARIABLE DEPENDIENTE Y DE INTERES					
EFICIENCIA ENERGÉTICA					
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	OBJETIVO	DIMENSIONES	OPERACIONALIZACIÓN	
				INDICADORES	TECNICAS E INSTRUMENTOS
ENVOLVENTE	La envolvente térmica es la piel que envuelve al edificio y los separa del ambiente exterior, se compone de los cerramientos, horizontales y verticales, los huecos y los puentes térmicos de un edificio.	Reducir demandas de calefacción dentro la vivienda mediante aprovechamiento de energía solar.	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	Reducción del valor U de los materiales de la envolvente	Práctica Estándar Observación Directa mediante software de modelación
		Dar valor a la captación solar a base de las características de la edificación y sus condiciones ambientales.	GANANCIAS SOLARES	Cumplimiento de los porcentajes de superficies acristaladas	Práctica Superior Observación Directa, simulaciones energéticas mediante Software
				Comportamiento Térmico por ambiente	Práctica Superior Observación Directa, simulaciones energéticas mediante Software, Higómetro
Demanda por calefacción y refrigeración	Práctica Superior Observación Directa, simulaciones energéticas mediante Software				

Tabla 3 Variable Envolvente

VARIABLE DEPENDIENTE Y DE INTERES					
EFICIENCIA ENERGÉTICA					
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	OBJETIVO	DIMENSIONES	OPERACIONALIZACIÓN	
				INDICADORES	TECNICAS E INSTRUMENTOS
ILUMINACIÓN	Conjunto de dispositivos que se utilizan para producir efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos.	Incentivar el uso de sistemas eficientes de iluminación en espacios interiores.	ILUMINACIÓN NATURAL	Cuantificar niveles de iluminación por área LUX	Práctica Superior: Observación Directa, simulaciones energéticas mediante Software Usómetro
				Comprobar que zonas húmedas cuenten con iluminación natural.	Práctica Superior: Observación Directa, simulaciones energéticas mediante Software Usómetro
				Cumplimiento de requerimientos mínimos de iluminación	Práctica Superior: Observación Directa, simulaciones energéticas mediante Software Usómetro
		Incentivar el uso de sistemas eficientes de iluminación	ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	Cuantificar niveles de iluminación LUX por área.	Práctica Estándar: Observación Directa Usómetro
				Reducción de Consumo por Luminarias	Práctica Estándar: Cálculo por observación
				Cumplimiento de uso de luminarias eficientes: Mayor a 80lm/W de eficiencia luminosa	Práctica Estándar: Observación Directa Usómetro

Tabla 4 Variable Iluminación

VARIABLE INDEPENDIENTE Y DE INTERES					
EFICIENCIA ENERGÉTICA					
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	OBJETIVO	DIMENSIONES	OPERACIONALIZACIÓN	
				INDICADORES	TECNICAS E INSTRUMENTOS
AGUA CALIENTE SANITARIA	El agua caliente sanitaria es el tipo de agua potable que ha sido calentada y destinada al consumo humano.	Potenciar la eficiencia en distribución de agua caliente sanitaria.	EFICIENCIA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ACS	Límite de metraje respecto a la tubería más desfavorable de ACS al calentador de agua	Práctica Media: Observación Directa, simulaciones mediante Software de modelación
				Verificación de Guía Boliviana de construcción de edificaciones Artículo 386 - (ICOLIGACIÓN DE CALENTADORES DE GAS)	Práctica Media: Observación Directa, simulaciones mediante Software de modelación
			EFICIENCIA DE EQUIPOS DE ACS	Eficiencia térmica del calentador y termotanque	Práctica Media: Observación Directa

Tabla 5 Variable ACS – Energías Alternativas

¹⁵www.arquima.net/que-es-la-eficiencia-energetica-en-la-construccion-de-edificios-y-viviendas

¹⁶Texto Eficiencia energética en edificaciones residenciales/ Energetic efficiency in residential buildings .pdf

¹⁷FUENTE <https://sites.google.com/site/ageraxx/actualidad-en-el-mundo-de-la-gestion-del-medio-ambiente>

¹⁸FUENTE: ENERGIA BOLIVIA Entrevistas al presidente de la Cámara de la Construcción de Santa Cruz (Cadecocruz), Guillermo Schurpp Rivera y a su gerente general, Javier Arze Justiniano.

¹⁹ Fuente: Reporte Ee En Bolivia.Pdf

²⁰ Fuente: Pnueapycvb-Ultima-Version.pdf

²¹www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-62481/ecotect-software-de-diseno

²² Metodología Sampieri 5a edición.pdf

²³ [https://es.wikipedia.org/wiki/Constructivismo_\(pedagogía\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Constructivismo_(pedagogía))

Construcción

²⁴ <https://inveweb.wordpress.com/2016/08/12/investigacion-explorativa>

²⁵<https://sites.google.com/site/metodelainvest1/unidad-tipos-de-investigacion/Investigacion-Descriptiva>

²⁶ <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-variables-en-una-investigacion>

UNIDAD V - MARCO TÉCNICO Y PROCESO INVESTIGATIVO

1. SELECCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA EN VIVIENDAS.

A continuación se presenta una síntesis de los indicadores predominantes que se trabajan y califican en certificaciones internacionales para después ser tomada en cuenta como guía en la investigación

INDICADORES PREDOMINANTES EN MÉTODOS DE CERTIFICACIÓN INTERNACIONALES						
REQUERIMIENTOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES	MÉTODOS DE CERTIFICACIÓN			
			LEED	BREEAM	VERDE	QUALTEL
ENVOLVENTE	Propiedades de materiales	Factor U (W/m ² K)	*	*	*	*
	Diseño pasivo	Orientación y emplazamiento	*		*	
		Ganancia Solar (%)		*		
ILUMINACIÓN	Iluminación natural	Iluminación natural de espacios habitables	*			*
	Iluminación artificial	Eficacia luminosa de las lámparas: Lm/W e índice de reproducción Cromática		*		*
ACS	Eficiencia de equipos	Eficiencia térmica de equipo para el calentamiento de agua	*		*	*
	Eficiencia del diseño del sistema	Rendimiento del sistema (Reducir demanda)			*	
	Tecnologías bajas en carbono	Contribución mínima de energía renovable	*		*	*
ENERGÍAS RENOVABLES	Tecnologías bajas en carbono (solares, hidráulicas, eólicas, biomasa)	Porcentaje de reducción de consumo de energía convencional por el uso de energías renovables	*	*	*	*
ELECTRODOMÉSTICOS	Electrodomésticos energético eficientes	Verificar que los electrodomésticos cuenten con etiqueta de eficiencia Energética	*	*	*	
TASA DE EMISIÓN	Minimizar emisiones de CO ₂	Reducción de emisiones		*		
	Minimizar emisiones óxido nítrico NO _x	Reducción de emisiones		*	*	

Tabla 6 Demografía Distrito 11

Estos indicadores a analizar se determinaron bajo la consideración que hace referencia a la factibilidad de la aplicación de estas en la ciudad y a la existencia de equipos o especialistas para la evaluación de cada indicador.

La eficiencia energética manifiesta que se debe reducir la cantidad de energía requerida en la vivienda, sin afectar la calidad de los servicios de la misma, por lo que es necesario realizar un análisis del confort térmico y el lumínico (pues corresponden de manera directa a los criterios de evaluación de envolvente e iluminación de la categoría energía) considerando estos indicadores como los principales a monitorear, de tal manera que se dé la reducción del consumo energético sin afectar las condiciones del ambiente interior.

1.1. REQUERIMIENTOS DESCARTADOS:

Se ha decidido suprimir el requerimiento de **energías renovables**, este no se tomó en cuenta, por el análisis económico en donde los costes de equipos para la implementación de energía fotovoltaica en nuestro mercado aún se encuentran con valores elevados y no todos tienen acceso a estos, adicionalmente a este factor es la falta de incentivos para el uso de estos, emplear otro tipo de energía alternativa aun no es una práctica habitual en Tarija. También se descarta **Tasa de Emisión**, se hace referencia a la reducción de emisiones de CO₂ y NO_x emitido por calderas utilizadas en sistemas de calefacción mecánica, de uso más frecuente en otros países.

Se descarta de igual manera **electrodomésticos** debido a la falta de equipo de monitoreo de consumo por equipos Kit contador instantáneo de electricidad, que consta de un mini sensor, un transmisor y un monitor inalámbrico, con el cual se registra el consumo eléctrico en tomacorrientes, el cual no se podrá ser cuantificado y trabajar las variables de las mismas, sin embargo se recomienda siempre manejar electrodomésticos verificando que cuenten con etiqueta de eficiencia energética clase A, A+, B.

1.2. REQUERIMIENTOS A CONSIDERAR:

Dentro de la categoría energía se consideró trabajar 3 requerimientos y los cuales fueron seleccionados de los indicadores predominantes que se trabajan y califican en certificaciones internacionales análisis previo de las certificaciones.



Grafico 4 *Requerimientos a considerar*

2. RECOLECCIÓN DE DATOS DISTRITO 11

La ciudad ha sido dividida en 13 distritos cada uno con características internas particulares, el análisis realizado estará emplazado en el distrito 11 con extensión de 558Has formando parte de uno de los 3 distritos de mayor extensión de la ciudad.

2.1. FACTORES DE ANÁLISIS URBANO - ARQUITECTÓNICO

2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL DISTRITO ²⁷



DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

El distrito 11 se encuentra ubicado al sur de la ciudad de Tarija.

Los límites son: al sur con el río Guadalquivir, al este con el Barrio Torrecillas, al norte con los Barrios de San Jorge Y Aeropuerto y al oeste con el río Guadalquivir. Representa el 9,15% con respecto al total de la superficie de la ciudad de Tarija.

DESCRIPCIÓN DEMOGRÁFICA

Cuenta con 5 barrios:

DISTRITO	BARRIO	POBLACION	REDE FAMILIARES ESTIMADAS	SUPERFICIE HECTÁREAS	DENSIDAD HABITADA
11	El Tejar	515	103	34,742	14
	La Terminal	1,826	366	21,549	83
	San Gerónimo	5548	1,110	219,220	25
	Petrolero	413	83	30,885	13
	San Luis	2,238	448	251,604	9
TOTAL		10,543	2,109	558,000	19

Tabla 6 Demografía Distrito 11

DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

Principalmente en la región sur de la ciudad está constituida por superficies de pendientes entre 5 a 30%, clasificada dentro de una categoría media y una altitud 1859msnm. Con piso ecológico mesotérmico o

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La ciudad presenta tipos tectónicos de plegamientos bien definidos el sistema que corresponde al distrito 11 es el sistema cuaternario.

Imagen 6 Descripción del distrito

2.1.2. DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS BASICOS

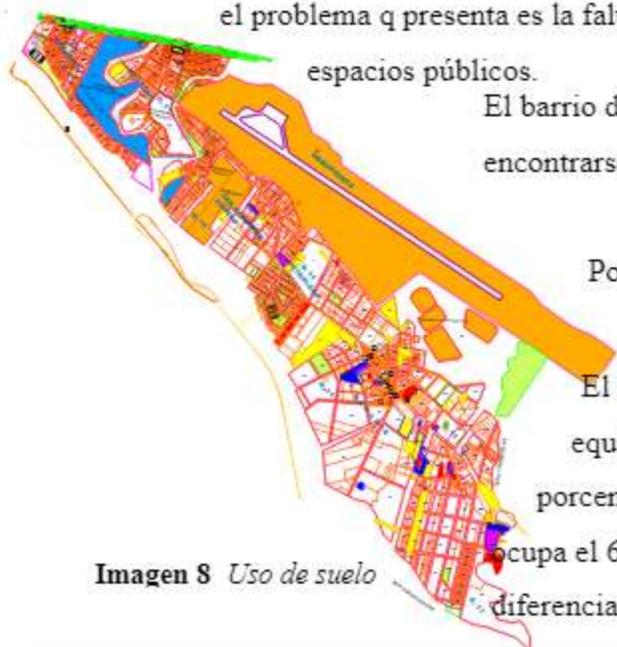


Imagen 7 Disponibilidad de servicios básicos

Tabla 7 Cobertura Servicios básicos

2.1.3. USO DEL SUELO

La zona presenta diferentes equipamientos, plazas, áreas de recreación y esparcimiento, el problema que presenta es la falta de mantenimiento que presentan los espacios públicos.



El barrio de San Gerónimo es caracterizado por encontrarse en la misma cuarteles: Como ser la Base Aérea, Chorolque, Padilla.

Por su ubicación también se observa la presencia de fábricas de cerámica.

El área residencial forma gran parte del equipamiento urbano formándola mayor porcentaje del uso de suelo de la zona, este ocupa el 60.43% del total del suelo, existiendo diferencias en su densidad como en tipologías.

Imagen 8 *Uso de suelo*

ESPACIO TERRITORIAL	SUPERFICIE (M2)	%
Área Residencial	3.944.019	60,429
Área No Edificada	568.671	8,713
Vías	917.275	14,054
Áreas Verdes	146.800	2,249
Área Productiva	456.869	7,000
Equipamiento de Educación	19.775	0,303
Equipamiento de Salud	318	0,005
Equipamiento Deportivo	19.971	0,306
Equipamiento de Comercio	800	0,012
Equipamiento Administrativo o Gestión	283.128	4,338
Equipamiento Transporte	3198	0,049
Equipamiento Industrial	30.675	0,470
Equipamiento Servicios Públicos	127.401	1,952
Equipamiento Diverso	7.800	0,120
TOTAL	6.526.700	100,00

Tabla 8 *Uso de suelo*

2.1.4. TENENCIA DE VIVIENDA DISTRITO 11

La población del distrito tiene un índice de pobreza bajo, es decir la población del distrito se caracterizan por tener recursos económicos aceptables. El nivel de Educación es elevado, la dotación de servicios básicos tiene una cobertura amplia y la categoría de las viviendas caracterizan a los pobladores en buena situación económica.

TENENCIA DE VIVIENDA DISTRITO 11						
VIVIENDA%				TRANSPORTE%		
VIVIENDA PROPIA	VIVIENDA ALQUILADA	DEPARTAMENTO ALQUILADO	OTROS	AUTOMOVIL PROPIO	TRANSPORTE PUBLICO	OTROS
66%	12%	9%	13%	44%	44%	12%

Tabla 9 Tenencia Distrito 11

El estado de la edificaciones en los primeros manzanos la mayoría son buenas y regulares esto se debe a su excelente ubicación comercial al limitar con dos importantes avenidas, al contar con una ubicación comercial se mejora los ingresos. Los manzanos siguientes de carácter habitacional también se catalogan de estado bueno y regular, su mantenimiento de edificaciones. En edificaciones de estado malo que tienen cada una estas un número reducido se encuentran las

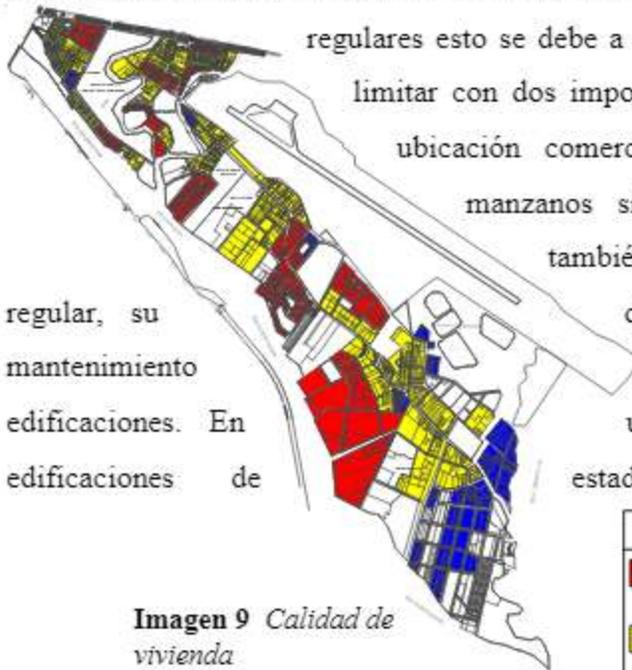


Imagen 9 Calidad de vivienda

CUADRO DE REFERENCIAS	
■	CATEGORIA A: VIV. COSTOSA, AISLADA CON O SIN JARDIN, BUENOS MATERIALES, BUENOS ACABADOS
■	CATEGORIA B: VIV. ECONOMICA, GENERALMENTE VIV. EN CONSTRUCCION
■	CATEGORIA C: VIV. SIN REVOQUE, DE ADOBE

SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL

MATERIAL DE FABRICACIÓN INDUSTRIAL
MANTENIMIENTO
Edificación terminada con buenas características constructivas



SISTEMA CONSTRUCTIVO CON TIERRA

MALA CALIDAD EN EL ACABADO SIN NINGÚN TIPO DE MANTENIMIENTO
MEZCLA DE MATERIALES ENTRE ARTESANALES E INDUSTRIALES
por sus características podrían ser restaurada o demolida



SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL

MATERIAL DE FABRICACIÓN INDUSTRIAL
POCO MANTENIMIENTO
Construcciones sin terminar con poco mantenimiento



NO CUENTA CON NINGÚN SISTEMA CONSTRUCTIVO ESPECIFICO (Precario)

MATERIALES QUE SE USAN PARA SU CONSTRUCCIÓN ES LA MADERA, CALAMINA, ETC.
De características no permanentes



Imagen 10 Calidad de vivienda

2.1.6. NORMATIVA DE USO DEL SUELO

El distrito se encuentra delimitado dentro del área urbana intensiva, se entiende la misma como las superficies efectivamente ocupadas con edificación y población densa, cuentan con infraestructura y servicios básicos mínimos suficientes para su desarrollo, dentro de esta área las funciones que se desarrollan son heterogéneas predominando el uso residencial, cada una siendo asignado los usos posibles, sus recomendaciones y

NORMATIVIDAD	
ZONA	BARRIO
 <p>ZRAD2 Zona Residencial de Alta Densidad</p>	LA TERMINAL
	EL TEJAR
	SAN GERÓNIMO ALTO
<p>*Uso predominante.- Habitacional unifamiliar *Uso compatible.- Servicios de salud, educación, recreación *Sup. Mínima de Lote: 300m² con frente mínimo de 12m *Alturas.- 3 pisos equivalente a 9m *Índice de ocupación y de aprovechamiento.- 50% Máximo, índice de aprovechamiento de 1.80 *Retiro frontal.- 3,5m mínimo. *Retiro lateral - 3m para ambientes habitables y 2m para ambientes de servicio. *Patios internos ventilación: En ambientes de servicio ancho 2m y en esquemas a patio central ancho 6m *Tipologías permitidas: T1 - T2 - T3 - Mb</p>	

Tabla 10 Normativa de Uso del Suelo ZRAD-

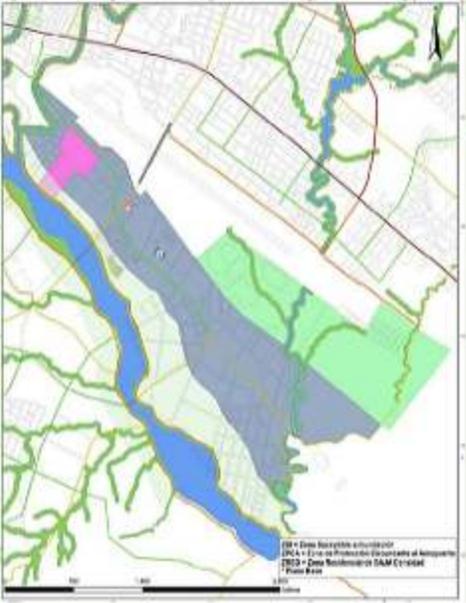
NORMATIVIDAD	
ZONA	BARRIO
 <p>ZRBD3 Zona Residencial de Baja Densidad</p>	SAN GERÓNIMO BAJO
	PETROLERO
	SAN LUIS
<p>*Uso predominante.- Residencial, Casa quinta *Uso compatible.- Servicios de salud, educación, recreación, deportivo, cultural e institucional. *Dimensiones de lote: El lote mínimo debe ser de 1000 m² lo que en términos de densidad neta significa 4 viviendas por hectárea o 20 personas por hectárea. *Lote amientos con la densidad como parámetro: Respetando la densidad se aceptan proyectos en los que los predios para vivienda sean menores hasta un límite menor 500 m² con frente de 20m. *Alturas: 3 pisos equivalente a 9m. *Índice de ocupación y de aprovechamiento: 40% Máximo, índice de aprovechamiento de 1.2 *Retiro frontal.- 5m mínimo. *Retiro lateral - 3m para ambientes habitables y 2m para ambientes de servicio. *Tipologías permitidas: T1 - T2 - T3 T4 - Mb - Ma</p>	

Tabla 11 Normativa de Uso del Suelo ZRBD-3

2.1.7. TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS

Las presentes normas son las que permiten consolidar el plan de uso de suelo, estas se aplican para construcciones futuras, los gráficos que se presentan para cada tipología permitida en el distrito son referenciales y los índices y parámetros definidos en la tabla.

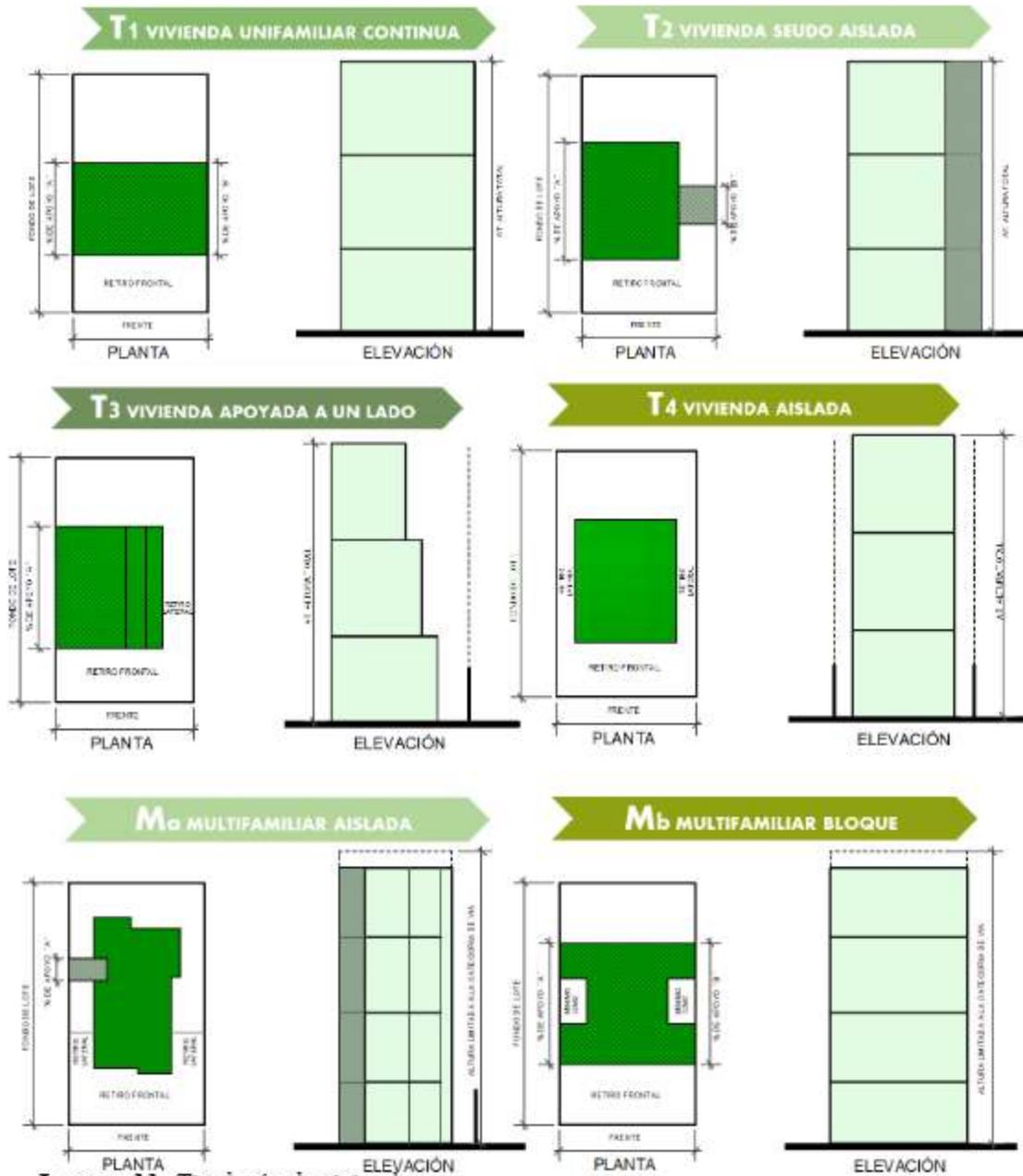


Imagen 11 Tipología de viviendas

TIPOLOGÍA	ZONA	SUP. MÍNIMA	FRENTE MÍNIMO	RETRO FRENTE MÍNIMO	ALTURA TOTAL / N. DE PISOS	AMC (%)	AMI
T1. VIVIENDA UNIFAMILIAR CONTINUA	ZRAD-2	300	12	3,5	9m / 3 pisos	60%	1,80
T2. VIVIENDA SEUDO AISLADA	ZRAD-2	300	12	3,5	9m / 3 pisos	60%	1,80
T3. VIVIENDA APOYADA A UN LADO	ZRAD-2	300	12	3,5	9m / 3 pisos	60%	1,50
T4. VIVIENDA AISLADA	ZRBD-3	1000	20	5	9m / 3 pisos	40%	1,2
Ma. MULTIFAMILIAR AISLADO	ZRAD-2 REGIONALES	600	20	7	21M/7 pisos	35%	2,45
	ZRAD-2 PRINCIPALES	600	20	5	18M/6 pisos	35%	2,10
	ZRAD-2 DISTRITALES	600	20	5	15M/5 pisos	35%	1,75
	ZRAD-2 LOCALES	600	20	5	12M/4 pisos	35%	1,40
	ZRBD-3 REGIONALES	2000	30	7	21M/7 pisos	40%	2,80
	ZRBD-3 PRINCIPALES	2000	30	5	18M/6 pisos	40%	2,40
	ZRBD-3 DISTRITALES	2000	30	5	15M/5 pisos	40%	2,00
	ZRBD-3 LOCALES	2000	30	5	12M/4 pisos	40%	1,60
Mb. MULTIFAMILIAR BLOQUE	ZRAD-2 REGIONALES	600	20	7	21M/7 pisos	35%	2,45
	ZRAD-2 PRINCIPALES	600	20	5	18M/6 pisos	35%	2,10
	ZRAD-2 DISTRITALES	600	20	5	15M/5 pisos	35%	1,75
	ZRAD-2 LOCALES	600	20	5	12M/4 pisos	35%	1,40
	ZRAD-2 VECINALES	300	12	3,5	9M/3 pisos	60%	1,80

Tabla 12 Índices y parámetros por Tipología de

2.2.FACTORES CLIMÁTICOS

Cercado cuenta con 7 estaciones climáticas, solo 2 están ubicadas dentro de la mancha urbana, la de mayor información record es la estación Aeropuerto y la más completa es la estación ubicada dentro del Distrito 11, en El Tejar.

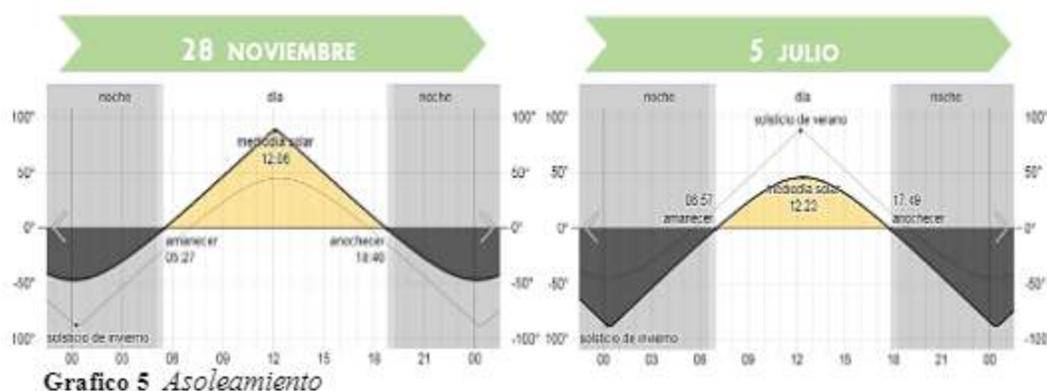
La clasificación climática de la zona está determinada mediante el método de Köppen-Geiger con un piso ecológico mesotérmico o zona templada BSk.

Tarija es considerada por algunos como un clima de estepa local. Dentro del índice de Gaussen 7 meses del año son secos y solo 5 húmedos.

2.2.1. ASOLEAMIENTO

La duración del día (luz solar) varía durante el año, en 2021 el día más corto fue 21 de junio, con 10 horas 49 min de luz natural, el más largo es el 21 de diciembre, con 13 horas 27 min.

La salida del sol más temprana fue a las 05:27 del 28 de noviembre, y la salida del sol más tardía fue 1 hora 30 minutos más tarde a 06:57 del 5 de julio.



La puesta del sol más temprana fue a 17:43 del 6 de junio y la puesta del sol más tardía fue 1 hora 24 minutos más tarde a las 19:07 del 15 de enero.



Tabla 13 Horas de sol al

Agosto es el mes con más horas de sol diarias con una media de 8.15h haciendo 252.8 horas a lo largo del mes y el con menos horas es Enero con 6.15h haciendo un total de 190.76. Durante todo el año se cuentan alrededor de 2432.9 horas de sol en promedio.

2.2.2. ENERGÍA SOLAR

Tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día y otros elementos atmosféricos es que se mide la energía solar de onda corta incidente diaria total que llega a la tierra. Durante el año tiene variaciones estacionales leves

El período del año más resplandeciente dura 3,6 meses, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 7,0 kWh. El periodo más obscuro del año dura 2,5 meses, con promedio de menos de 5,4 kWh.

El mes más resplandeciente del año es noviembre, con un promedio de 7,5 kWh y el mes más oscuro es junio, con un promedio de 5,0 kWh.



MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Energía solar kWh	7.0	6.7	6.3	5.8	5.3	5.0	5.2	6.0	6.7	7.2	7.5	7.3

Tabla 14 Energía solar por

2.2.3. VIENTOS

Los vientos son predominantes en mayor parte del año del sur a este.

En el transcurso del año La velocidad promedio del viento por hora tiene variaciones estacionales leves. El tiempo más ventoso del año dura 5,5 meses, con una velocidad promedio de 10,7 Km/h y el tiempo más calmado del año dura 6,5 meses, con una velocidad promedio de 9,7 Km/h.

El mes más ventoso del año en Taraja es noviembre, con vientos a una velocidad promedio de 11,7 Km/h.



El día más ventoso del año, el 10 de noviembre con 11,7 Km/h.

El día más calmado del año, el 29 de abril, con 9,7 Km/h.

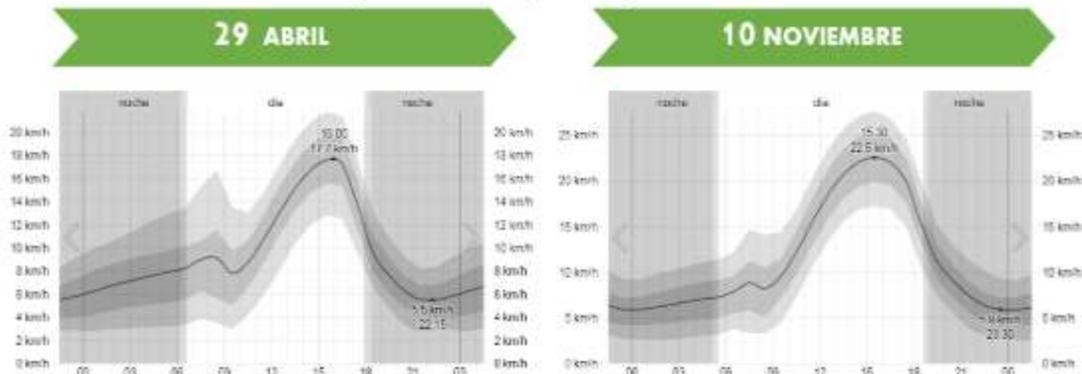


Grafico 8 Velocidad Promedio Viento día más ventoso y más

MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Vel. del viento (kph)	10.5	10.2	9.9	9.7	9.8	10.2	10.7	11.0	11.4	11.6	11.7	11.1

Tabla 15 Velocidad del

2.2.4. TEMPERATURA

De octubre a febrero es la temporada calurosa, con una temperatura máxima promedio diaria es más de 24 °C con el mes de diciembre siendo el más cálido, con una temperatura máxima promedio de 24 °C y mínima de 16 °C.

De mayo a julio es la temporada fría, con una temperatura máxima promedio diaria menor a 21 °C. Julio es el mes más frío del año, con una temperatura mínima promedio de 5 °C y máxima de 20 °C.

TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA PROMEDIO

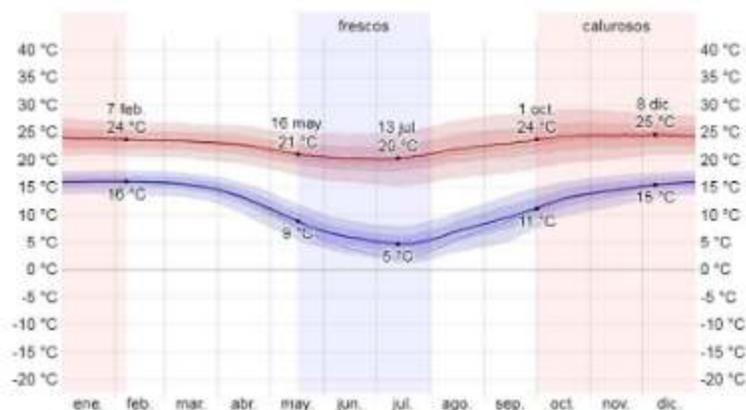


Grafico 9 Temperatura máxima y mínima

MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Máxima	24 °C	24 °C	23 °C	23 °C	21 °C	20 °C	20 °C	22 °C	23 °C	24 °C	24 °C	24 °C
Temp.	20 °C	20 °C	19 °C	18 °C	15 °C	13 °C	12 °C	14 °C	16 °C	19 °C	19 °C	20 °C
Mínima	16 °C	16 °C	15 °C	13 °C	9 °C	6 °C	5 °C	7 °C	10 °C	13 °C	15 °C	16 °C

Tabla 16 Temperaturas promedio



Gráfico 10 Temperatura promedio

La siguiente figura muestra las temperaturas promedio por hora de todo el año de manera compacta.

El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora



Gráfico 101 Temperatura promedio por hora invierno

2.2.5. HUMEDAD

El nivel de humedad relativa percibida más baja del año es en julio con (57.52 %) y marzo es el mes con mayor humedad con (85.86 %)

MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
(%)	83%	85%	86%	83%	75%	62%	58%	59%	60%	71%	75%	81%

Tabla 17 Humedad

NIVELES DE COMODIDAD DE LA HUMEDAD

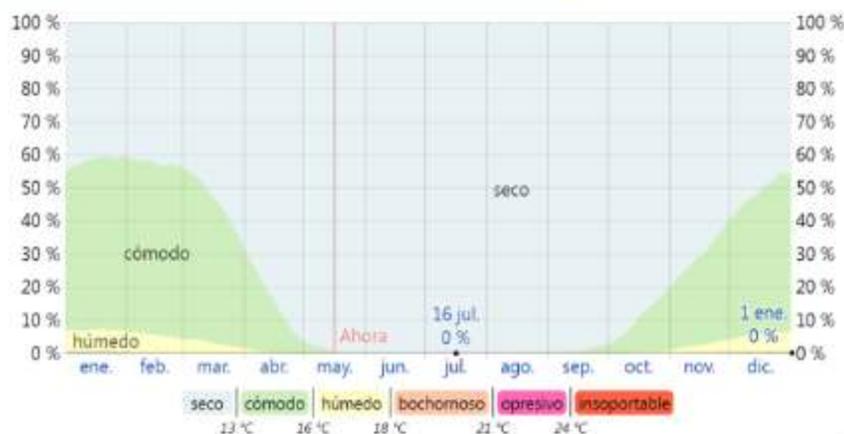


Gráfico 12 Niveles de comodidad de humedad.

2.2.6. PRECIPITACIÓN PLUVIAL

De noviembre a marzo es la temporada más mojada con 40 % de probabilidad siendo enero el mes con más días mojados con un promedio de 155mm de lluvia, de marzo a noviembre la temporada más seca siendo julio el mes con menos días mojados con 39mm.

MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Precipitación (mm)	155,8	128,9	102,0	60,7	48,7	41,8	38,6	45,2	48,6	61,3	81,4	123,1
Días lluviosos (días)	18	17	16	11	6	3	3	4	7	13	16	18

Tabla 18 Precipitación Pluvial



Gráfico 13 Probabilidad y promedio mensual de precipitación

3. SELECCIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO.

Se realizó la selección de las muestras de las viviendas caso de estudio, se planteó realizar un levantamiento de información mediante encuesta fueron escogidas por la tipología constructiva, se las selecciono por su ubicación buscando una dispersión geográfica dentro del Distrito.



Grafico 14 Proceso de estudio

3.1. PROCESO DE ESTUDIO PARA LA EVALUACIÓN DE LA MUESTRA.

Esta investigación se centra principalmente en evaluar el consumo energético y la demanda por calefacción en la estructura de la envolvente de la vivienda e iluminación. Estos parámetros, juegan un papel importante en lo que respecta al diseño arquitectónico. Además, se analizan requerimientos que se consideran aplicables a Tarija, como son: ACS y Energías Alternativas, porque también afectan al consumo energético, pero cabe recalcar que no hay un estudio en profundidad

Las viviendas se evaluaron en su situación actual, mediante levantamientos de datos y mediciones y posteriormente simulaciones del comportamiento energético a través del software Ecotect, finalmente se determinaron cuáles son las variantes con mayores deficiencias y posteriormente emplear las estrategias para lograr un mejor desempeño energético.

ENCUESTAS: Las encuestas se realizaron en el área urbana de Tarija, para esto se elaboró un modelo de encuesta online que luego fue ejecutada mediante redes y entrevista para así obtener los datos requeridos. (ANEXOS). Las encuestas están divididas en dos grupos. El primer grupo corresponde a una toma de muestra representativa de 100 viviendas de la ciudad, el segundo grupo reducido a las 3

viviendas seleccionadas dentro del distrito 11. Esta última toma de muestra, busca obtener resultados detallados respecto al confort y consumo, puesto que esta muestra son las viviendas del caso de estudio, la medición, observación y simulación de datos de la misma. Las preguntas incorporadas en las mismas fueron extraídas de distintas investigaciones relacionadas con la temática.

MEDICIÓN: En las viviendas caso de estudio, se realizaron las mediciones y los levantamientos arquitectónicos, lo que nos permite conocer los datos mediante observación en sus diferentes ambientes, monitoreando de igual manera la temperatura y humedad con un Higrómetro, la monitorización realizada nos da los rangos de temperatura dentro de cada espacio de la vivienda y determinar si estas se encuentran dentro de la franja de confort.

En cuanto a los dispositivos lumínico se cuantificaron y clasificaron según su tipo (incandescentes, fluorescentes o Led), su potencia (W) y temperatura de color (K), fueron monitoreados mediante un Luxómetro para medir si cumplían los lúmenes necesarios por ambiente. En iluminación natural se hizo levantamiento de todos los elementos acristalados en su envolvente, especificando el tipo, espesor y color de sus materiales para que con la ayuda del software se pueda conocer sus propiedades en conjunto además de los niveles de reflectancia de sus ambientes.

Esta monitorización se hizo en el lapso de una semana por vivienda para el levantamiento de las temperaturas y para el caso de la iluminación se tomó datos de un día por horas, de 8:00 am a 6:00pm en invierno y de 7:00 am a 7:pm en verano.

LUXOMETRO	CARACTERISTICAS		TERMOMETRO HIGROMETRO		
	SMART SENSOR AS503 ESPECTRÓMETRO DIGITAL LUX MEDIDOR LUMINAN	TERMOMETRO HIGROMETRO CON Sonda SENSOR			
	Rango de medición:	0-200.000 lux		Rango de temperatura:	-50c a 70c
	Marca:	SMART SENSOR		Rango de humedad :	10% RH a 99% RH
	Frecuencia de muestreo:	1,5 veces/seg		Periodo de muestreo:	10s
	Precisión:	±4porcentaje±10 Unidades		Precisión de la temperatura:	1 C
	Fuente de alimentación:	3 * 1,5V pilas AAA		Tensión de funcionamiento:	1,5 V o 1,844Pilas
	Dimensión:	215 x 145x30mm		Dimensión:	aprox 48x28,5x15,2mm
Peso:	122g	Dimensión LCD:	aprox. 40x22,5mm		

Tabla 20 Equipos de monitoreo

SIMULACIÓN: Para la simulación del caso de estudio, se empleó el software AUTODESK® ECOTECH® Analysis versión educativa, basada en el Método de Admitancias desarrollada por el (CIBSE) Chatered Institute of Building Service Engineers (Instituto autorizado de ingenieros de servicios de construcción) de Londres. La decisión de utilizar el software se debe a que según un estudio realizado por INER en 2013, se evaluó aproximadamente 130 herramientas de simulación en base a la evaluación de características comunes y de estas se rescató 8 programas como los mejores, incluyendo el software ECOTECH dentro de estos 8, donde su característica principal es que tiene una interfaz de modelado 3D, permite la exportación de datos CAD / DXF y tiene una amplia gama de funciones²⁸

En el esquema de simulación se consideró las siguientes variables:

- ❖ Demanda energética anual de toda la vivienda por calefacción y refrigeración.
- ❖ Análisis del comportamiento térmico (temperatura interior y humedad relativa).
- ❖ Análisis lumínico de toda la vivienda. Lux (iluminancia).
- ❖ Análisis de sombras. (porcentaje total en superficies acristaladas en fachadas)
- ❖ Cálculo del Factor U de la envolvente.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS 3 VIVIENDAS DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN DENTRO DISTRITO

Los espacios marcados, son la ubicación de las viviendas que se analizarán en dentro del distrito.



Imagen 12 Ubicación dentro de la muestra dentro del distrito

VIVIENDA N° 2 – CATEGORIA B

		INFORMACION GENERAL		
	ZONA	EL TEJAR	N° HABITANTES	5
	DIRECCION	Sobre Calle Angel Cufiabi	N° DE HABITACIONES	3
	EMPLAZAMIENTO	Adosado al lado sur	N° DE BAÑOS COMPLETOS	2
	ORIENTACION	Noroeste	N° DE MEDIOS BAÑOS	1
	FORMA VIVIENDA	Cuadrada	BALCONES	7
	ÁREA TERRENO	270,51	MATERIALES PREDOMINANTES:	
	ÁREA CONSTRUIDA	175,50	Paredes	Ladrillo 6H
	NÚMERO DE PISOS	2	Pisos	Cerámico
	ESTRUCTURA	Hormigón Armado	Carpintería	Madera, Vidrio
	EDAD VIVIENDA	Mayor a 20	Cubierta:	Teja cerámica



Tabla 22 Información general vivienda 2

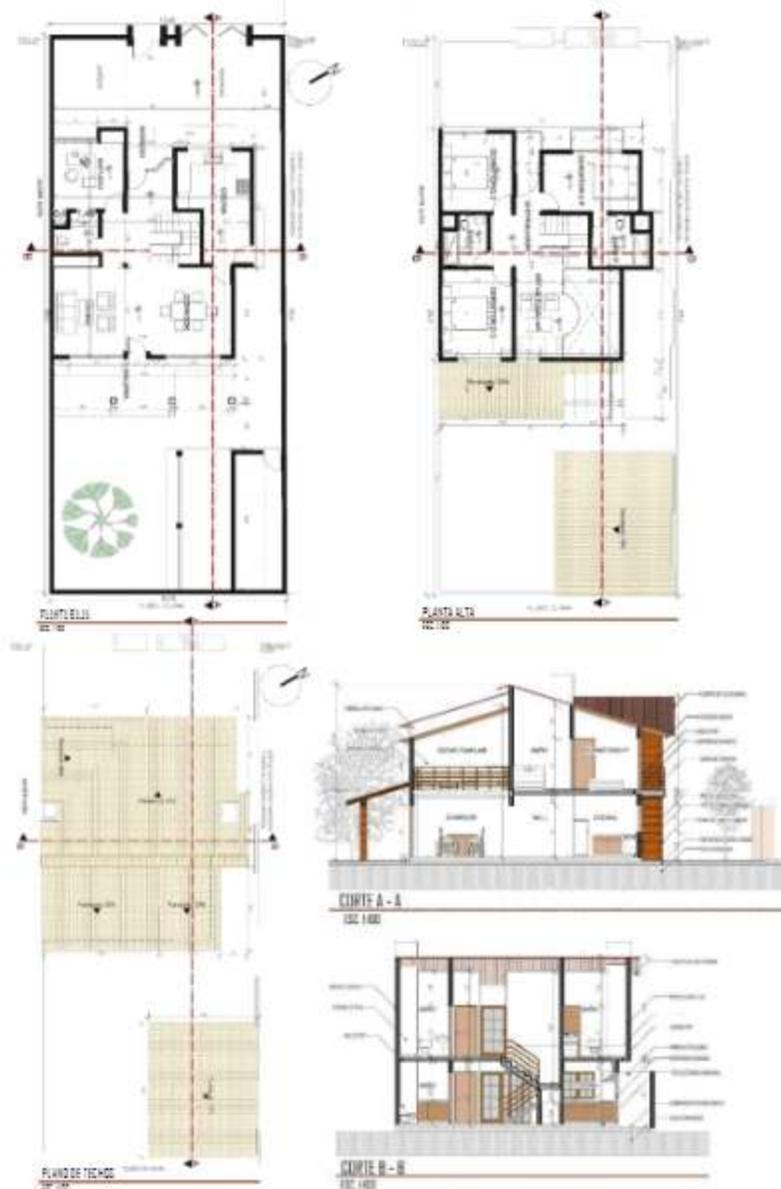


Imagen 14 Planos arquitectónicos

4.3. ANÁLISIS ENERGÉTICO ACTUAL VIVIENDAS CASO DE ESTUDIO

En los siguientes gráficos presentamos la información que requeriremos para la evaluación de la vivienda en su estado energético actual.

4.3.1. ENVOLVENTE (ET) - ESTRUCTURA



Imagen 16 Estructura de las viviendas del caso de estudio

4.3.2. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS (ET)

Se identificó los materiales que constituyen los componentes constructivos de las muestras, las características de estos componentes se especifican en sus respectivas las Tablas.

VIVIENDA - 1					
CUBIERTA DE TEJA CON CIELO DE YESO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	TEJA CERÁMICA	0,080	2760,0	836,800	18,828
2	BRECHA DE AIRE	0,500	1,3	1004,000	5,560
3	YESO	0,010	1250,0	1088,000	4,310
VALOR U			2,15 w/m ² k		
PUERTAS DE MADERA					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	MADERA	0,040	550,0	2301,0	0,343
VALOR U			2,31 w/m ² k		
VENTANAS CON CARPINTERÍA DE MADERA					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	VIDRIO ESTANDAR	0,006	2300,0	836,800	1,046
VALOR U			5,10 w/m ² k		
PISO – HORMIGÓN CICLOPEO Y CERÁMICO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	TIERRA COMPACTADA	1,500	1300,0	1046,000	0,837
2	HORMIGÓN	0,100	3800,0	656,900	0,753
3	MORTERO DE CEMENTO	0,005	2000,0	656,900	0,753
4	CERÁMICO	0,010	1900,0	656,900	0,309
VALOR U			0,88 w/m ² k		
PARED - MURO DE LADRILLO CON REVOQUE DE YESO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
2	MAMPOSTERÍA DE LADRILLO	0,150	2000,0	836,800	0,711
3	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
VALOR U			2,62 w/m ² k		
LOSA ALIVIADA CON PISO CERÁMICO Y CIELO DE YESO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
2	HORMIGÓN	0,170	3800,0	656,900	0,753
3	MORTERO DE CEMENTO	0,005	2000,0	656,900	0,753
4	CERÁMICO	0,010	1900,0	656,900	0,309
VALOR U			2,90 w/m ² k		

Tabla 24 Componentes constructivos Vivienda 1

VIVIENDA - 2					
CUBIERTA DE TEJA CON CIELO DE YESO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	TEJA CERÁMICA	0,080	2760,0	836,800	18,828
2	BRECHA DE AIRE	0,075	1,3	1004,000	5,560
3	YESO	0,010	1250,0	1088,000	4,310
VALOR U			3,10 w/m ² k		
PUERTAS DE CORREDERA VIDRIO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	VIDRIO ESTANDAR	0,006	2300,0	836,800	1,046
VALOR U			5,35 w/m ² k		
VENTANAS CON CARPINTERIA DE MADERA					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	VIDRIO ESTANDAR	0,006	2300,0	836,800	1,046
VALOR U			5,10 w/m ² k		
PISO – HORMIGÓN CICLÓPEO Y CERÁMICO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	TIERRA COMPACTADA	1,500	1300,0	1046,000	0,837
2	HORMIGÓN	0,100	3800,0	656,900	0,753
3	MORTERO DE CEMENTO	0,005	2000,0	656,900	0,753
4	CERÁMICO	0,010	1900,0	656,900	0,309
VALOR U			0,88 w/m ² k		
PARED - MURO DE LADRILLO CON REVOQUE DE YESO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
2	MAMPOSTERÍA DE LADRILLO	0,150	2000,0	836,800	0,711
3	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
VALOR U			2,62 w/m ² k		
LOSA ALIVIADA CON PISO CERAMICO Y CIELO DE YESO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
2	HORMIGÓN	0,170	3800,0	656,900	0,753
3	MORTERO DE CEMENTO	0,005	2000,0	656,900	0,753
4	CERÁMICO	0,010	1900,0	656,900	0,309
VALOR U			2,90 w/m ² k		

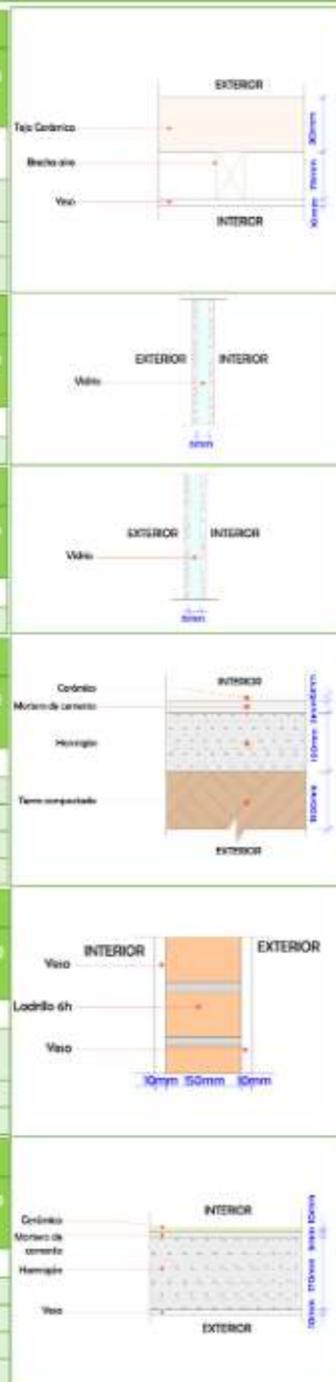


Tabla 25 Componentes constructivos Vivienda 2

VIVIENDA - 3						
CUBIERTA DE CALAMINA						
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (A)	
1	ACERO LAMINADO	0,010	7850,0	480,000	29,000	
VALOR U			5,61w/m ² k			
PUERTAS DE MADERA						
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (A)	
1	MADERA	0,040	550,0	2301,0	0,343	
VALOR U			2,31 w/m ² k			
VENTANAS CON CARPINTERÍA DE MADERA						
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (A)	
1	VIDRIO ESTANDAR	0,006	2300,0	836,800	1,046	
VALOR U			5,10 w/m ² k			
PISO – HORMIGÓN CICLÓPEO Y CERÁMICO						
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (A)	
1	TIERRA COMPACTADA	1,500	1300,0	1046,000	0,837	
2	HORMIGÓN	0,100	3800,0	656,900	0,753	
3	MORTERO DE CEMENTO	0,005	2000,0	656,900	0,753	
4	CERÁMICO	0,010	1900,0	656,900	0,309	
VALOR U			0,88 w/m ² k			
PARED - MURO DE LADRILLO CON REVOQUE DE YESO						
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (A)	
1	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431	
2	MAMPOSTERÍA DE LADRILLO	0,150	2000,0	836,800	0,711	
3	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431	
VALOR U			2,62 w/m ² k			

Tabla 26 Componentes constructivos Vivienda 3

4.3.3. ACCESO SOLAR (ET)

La radiación solar incidente, también denominada insolación, se refiere a la energía radiante de amplio espectro del sol que incide en un objeto o superficie dentro del modelo Ecotect.

Este análisis es uno de los primeros pasos para implementar la selección de materiales, aberturas y dispositivos de sombras.

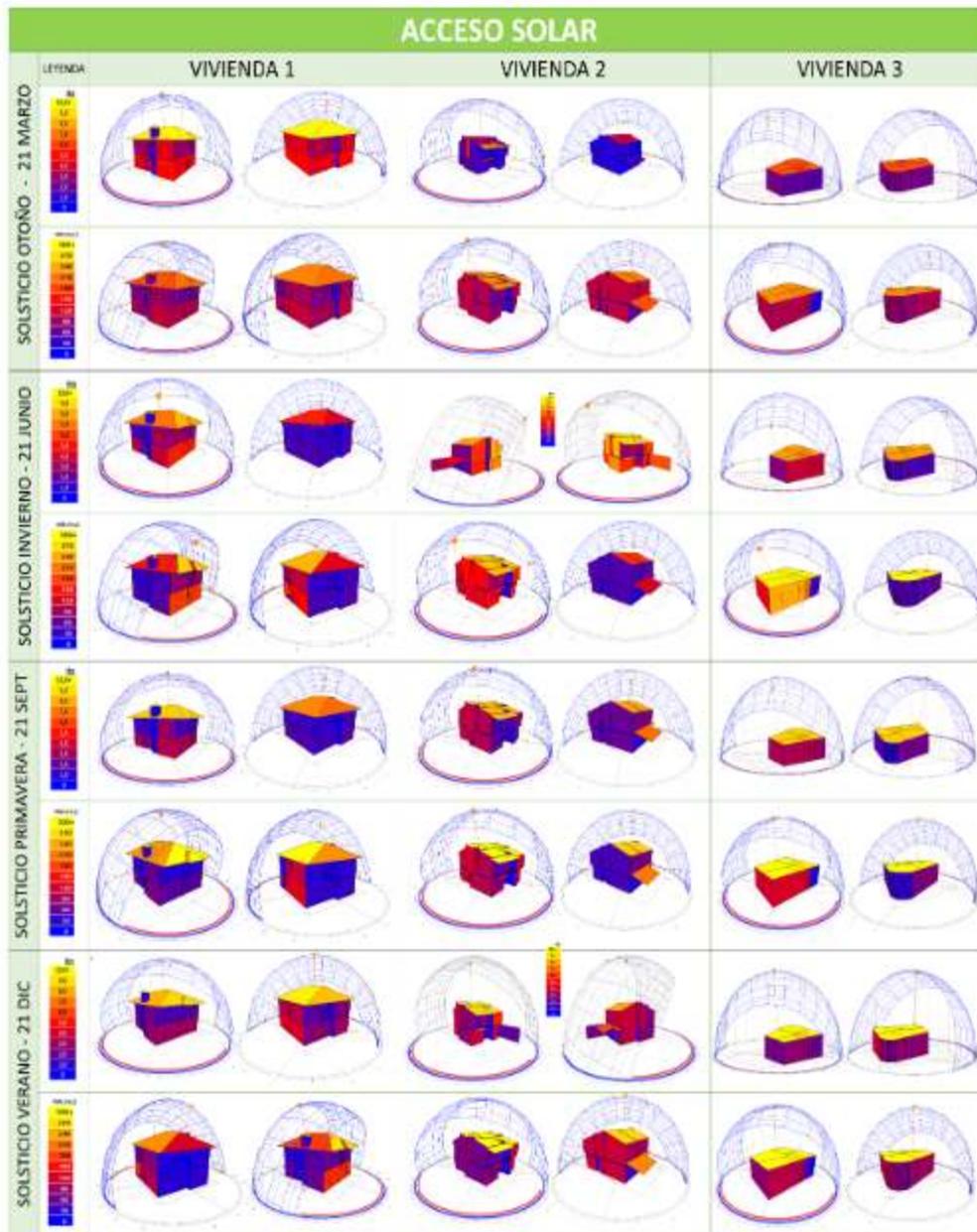


Imagen 17 Porcentajes de superficies y sus aberturas

4.3.4. ESTUDIO DE SOMBRAS (ET)

Se identificaron el recorrido de sombras de cada vivienda para identificar las fachadas con más frías.

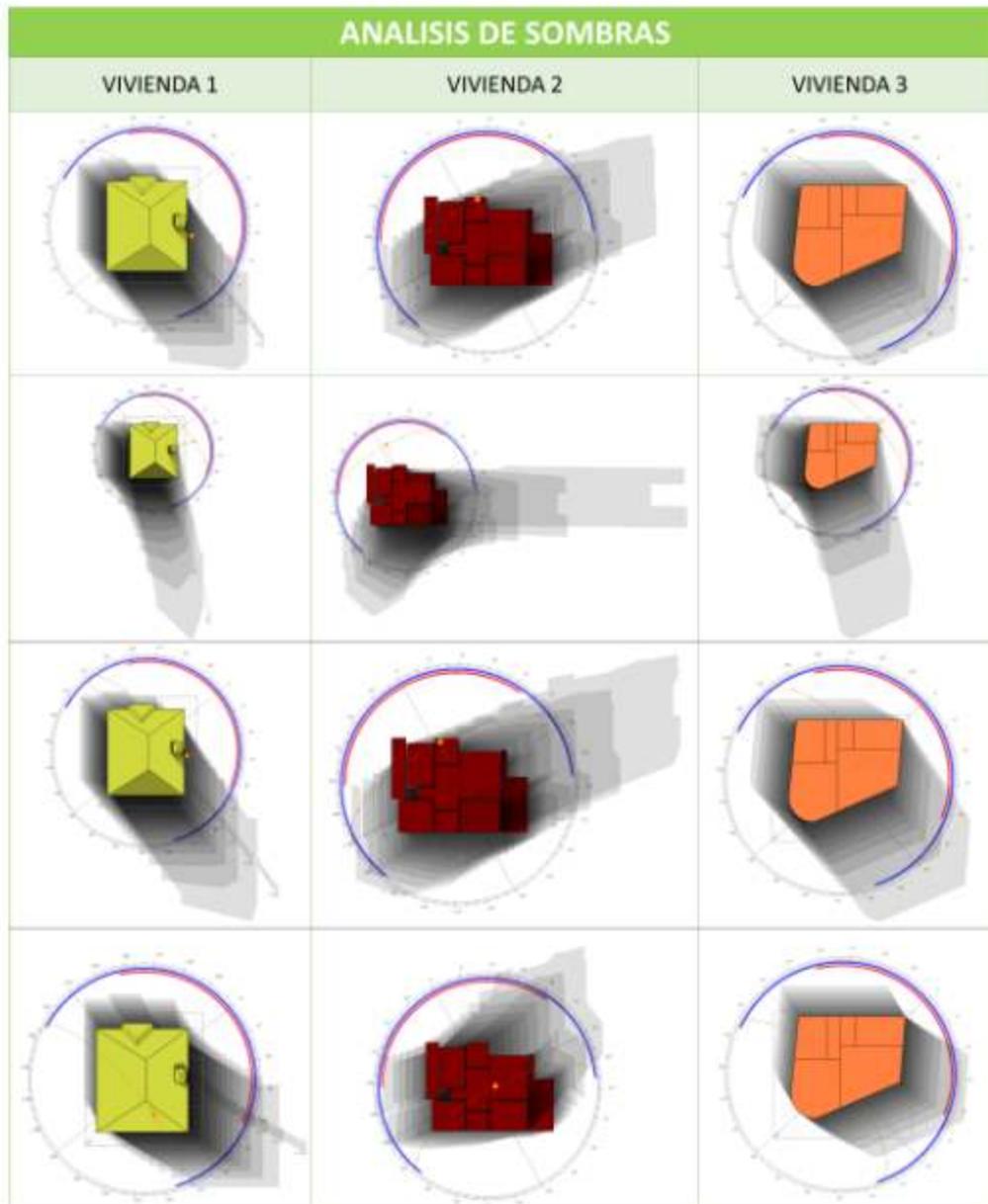


Imagen 18 Porcentajes de superficies y sus aberturas por fachada

4.3.5. GANANCIA SOLAR (ET)

Se identificaron los porcentajes de superficie de aberturas por fachada orientación, para así trabajar aberturas en fachadas recomendadas al norte con porcentajes de 40% a 60%



Imagen 19 Porcentajes de superficies y sus aberturas por fachada

4.3.6. COMPORTAMIENTO TÉRMICO (ET)

El rango de confort térmico, tiene un valor de 18° C a 25° C, se recolecto la información mediante monitorización interna de temperatura(°C), con el fin de determinar el comportamiento de la envolvente, mediante software analizamos el comportamiento térmico por espacios modelados y codificados por color mediante simulación, por último se compararon los datos monitorizados y simulados, durante la misma semana de monitorización, se trabaja con el día de pico máximo y mínimo de temperatura anual para toda la intervención.

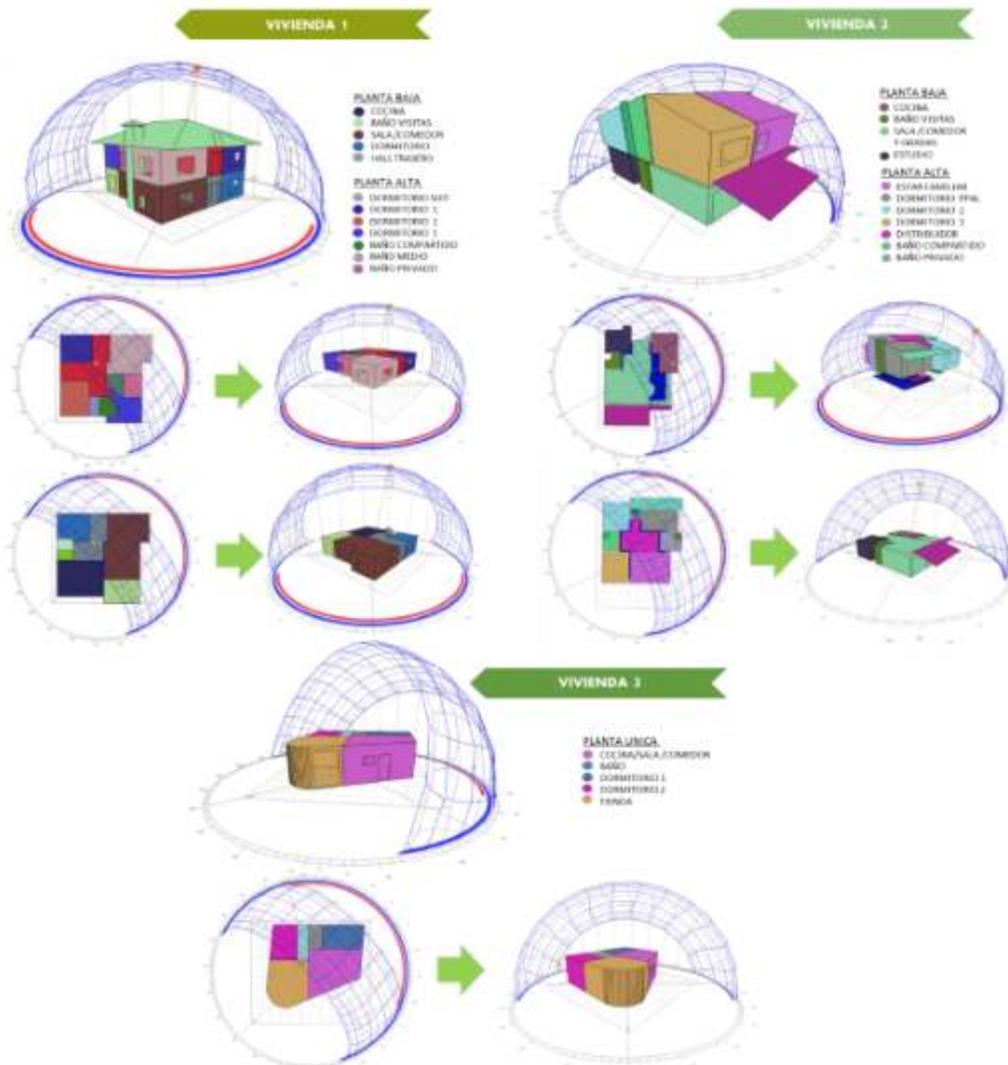
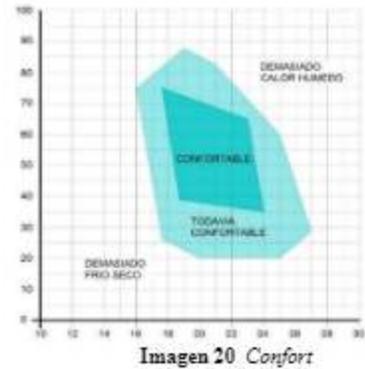


Imagen 21 Espacios modelados y codificados por color.

4.3.7. TEMPERATURAS POR HORA GLOBAL- INVIERNO Y VERANO (ET)

En los resultados arrojados de las simulaciones mediante el programa Ecotect evidenciamos el comportamiento térmico por espacios de la vivienda y sus temperaturas máximas, mínimas y promedio de cada espacio, tomando en cuenta el clima de las fechas de verano e invierno más altos dentro de la base de datos del clima anual incorporados en el software.

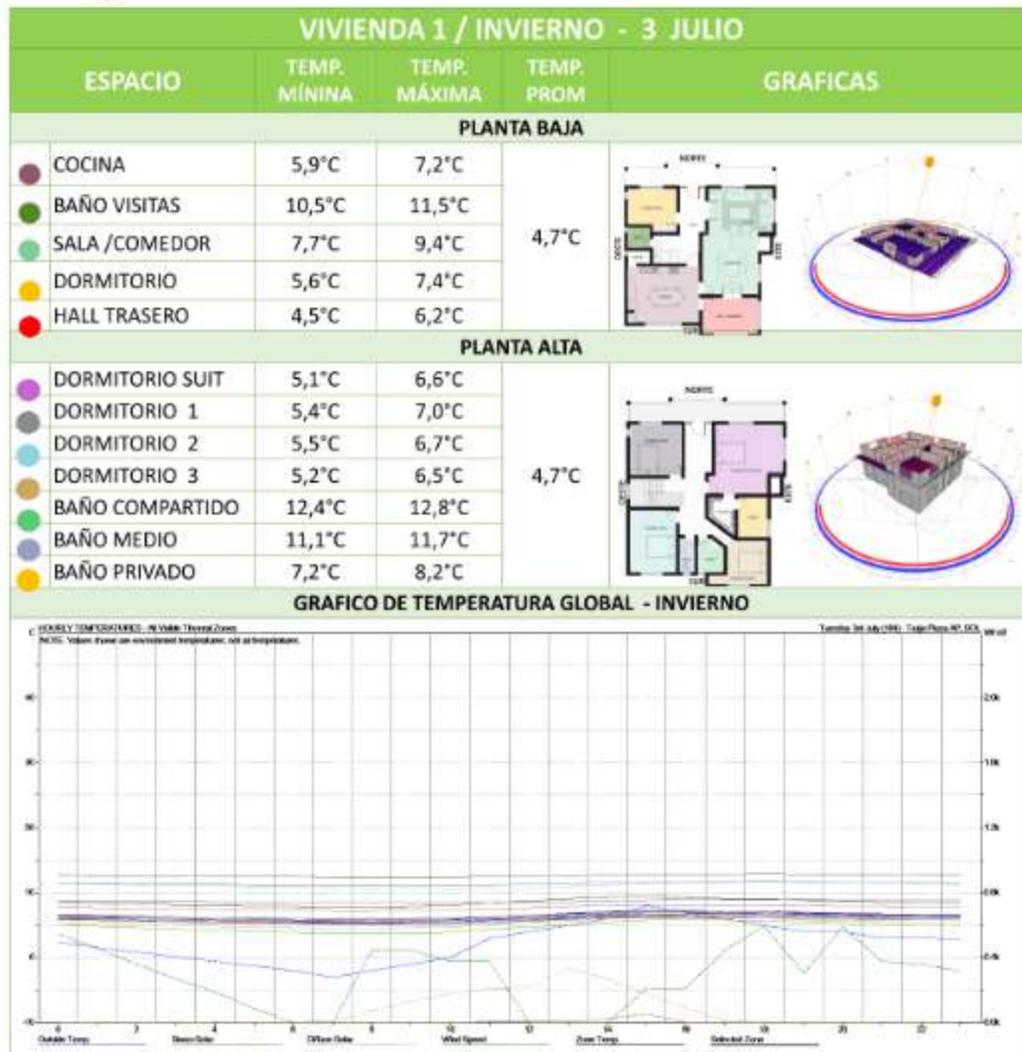


Tabla 27 Temperatura por ambientes Invierno. VIV 1

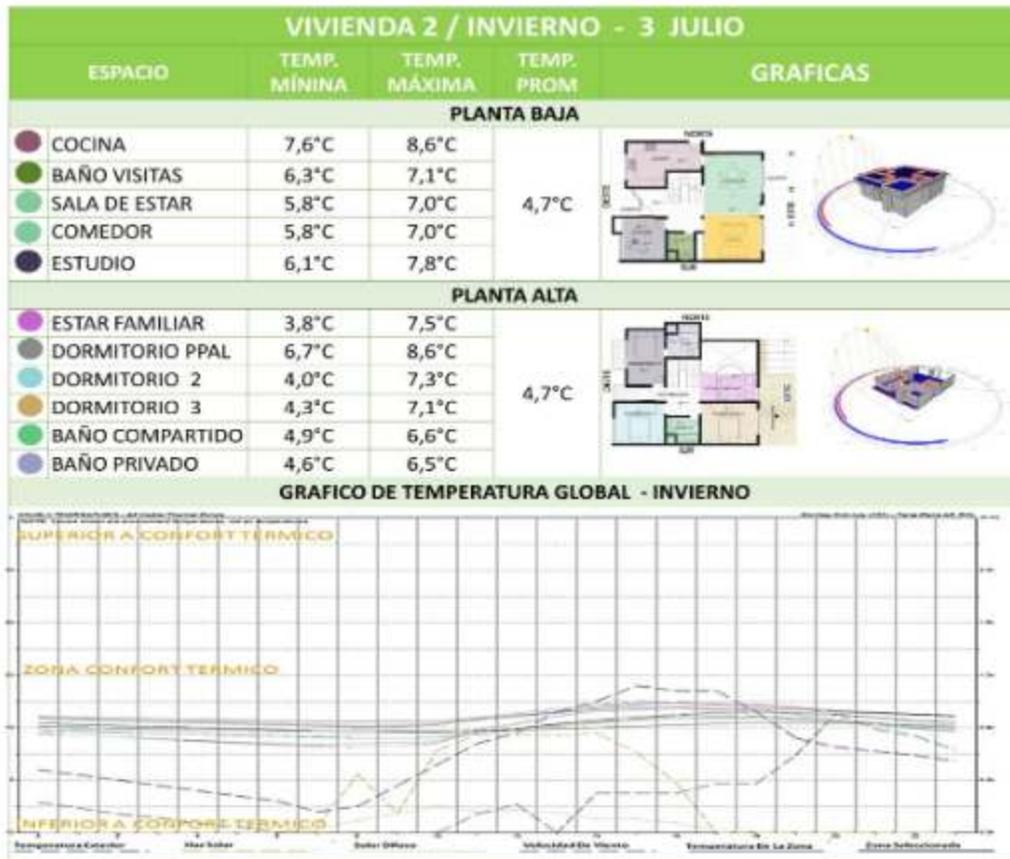


Tabla 28 Temperatura por ambientes Invierno. VIV 2/3

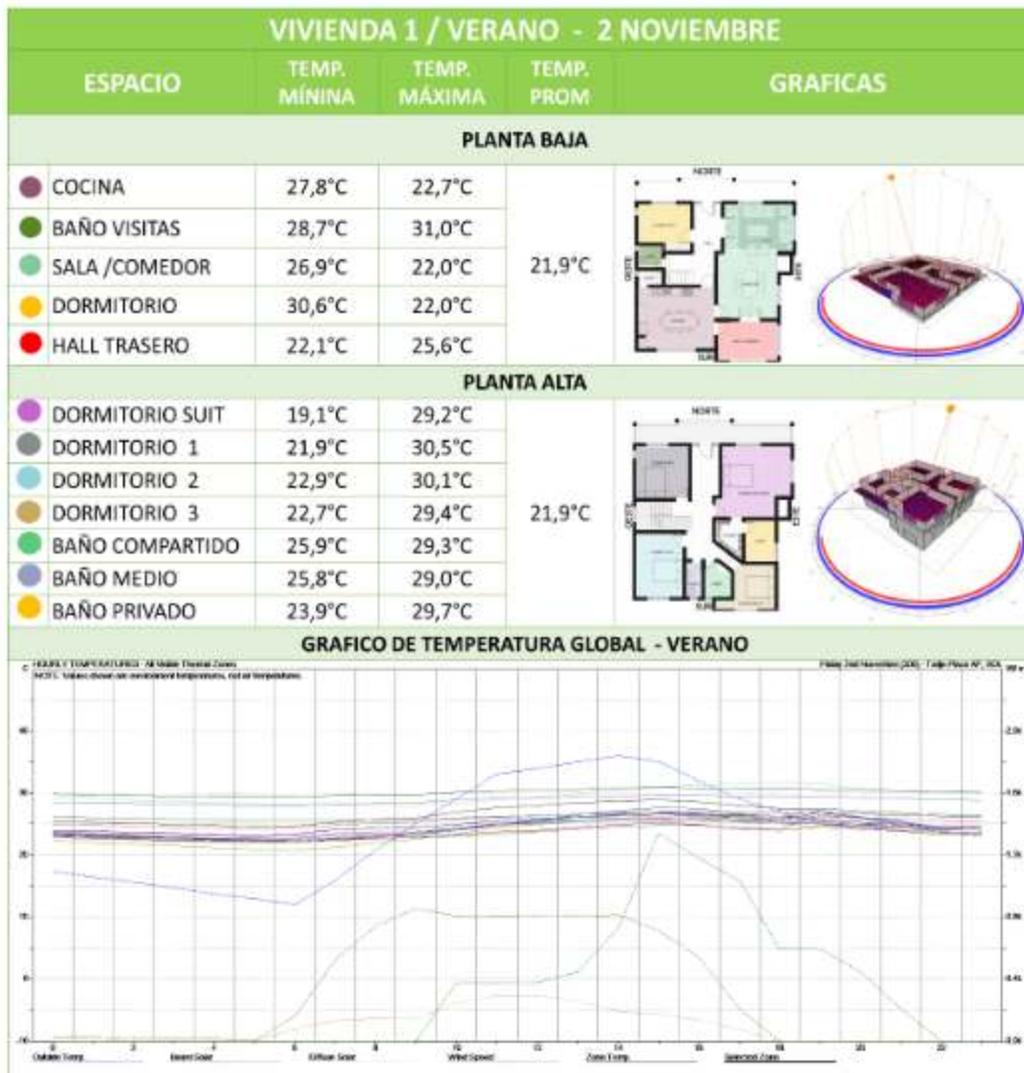


Tabla 29 Temperatura por ambientes Verano.VIV 1

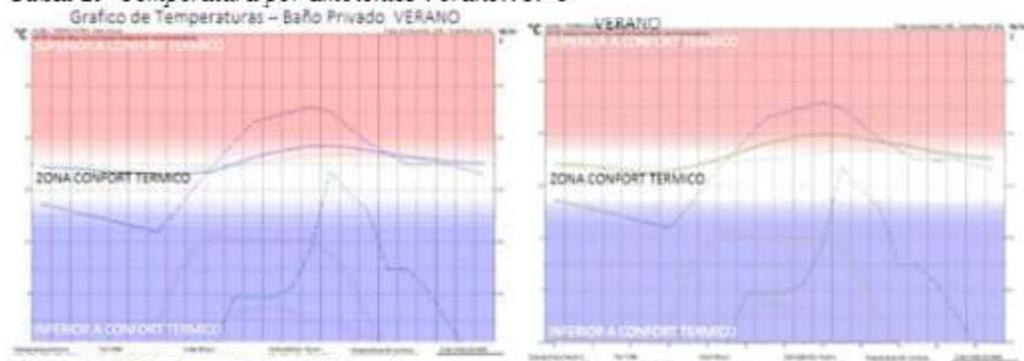


Imagen 23 Ejemplo de gráficos de temperatura de verano por

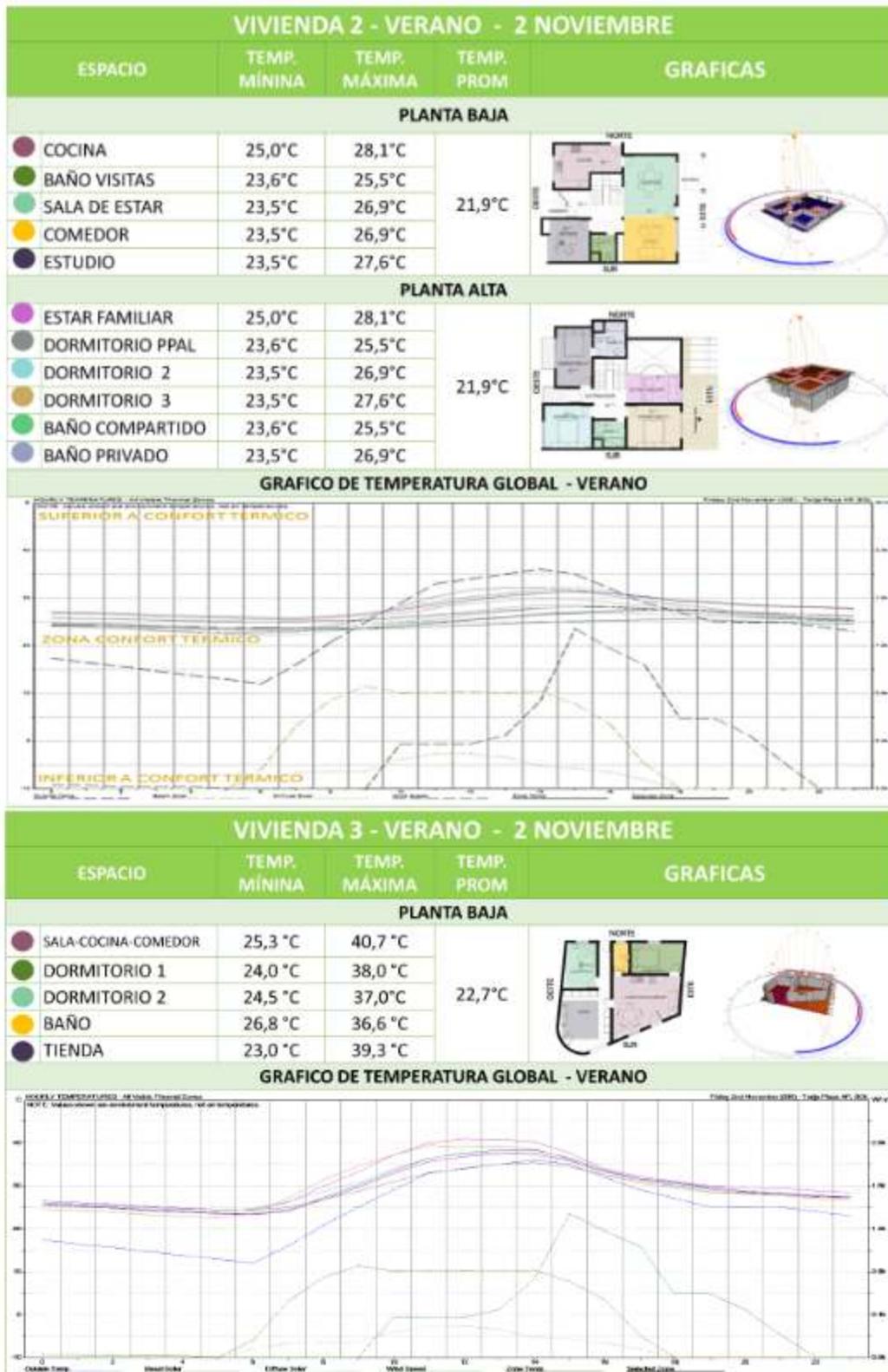


Tabla 30 Temperatura por ambientes Verano. VIV 2/3

4.3.8. DEMANDA ENERGÉTICA (ET)

A través de este software, se ha generado una evaluación para determinar la demanda de energía para calefacción y refrigeración de la casa durante un período de un año (ver Figura)



Grafico 15 Demanda energética - Viv 1

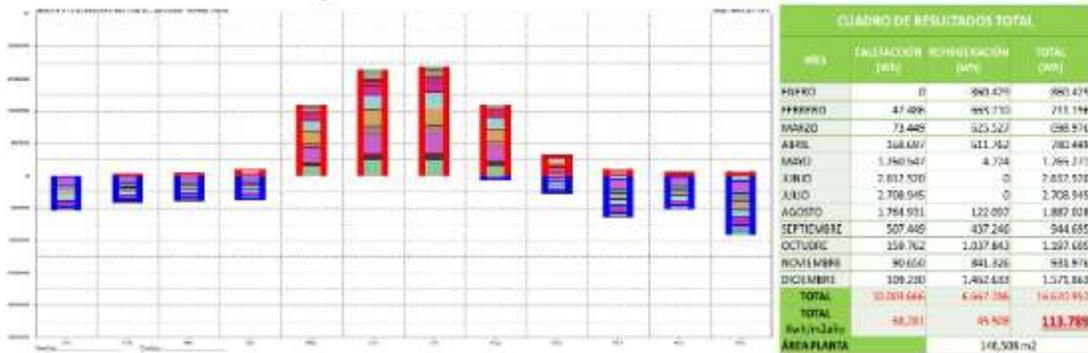


Grafico 16 Demanda energética - Viv 2

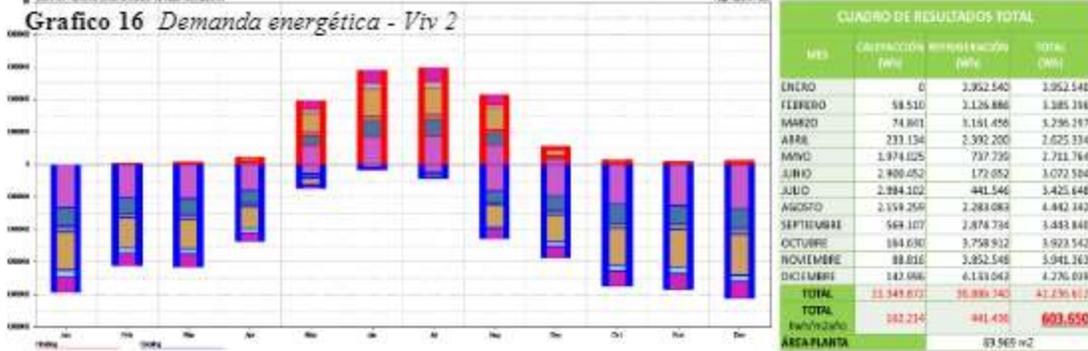


Grafico 17 Demanda energética - Viv 3.

4.3.9. ILUMINACIÓN NATURAL (IN)

Al realizar el análisis de iluminación natural mediante simulación en el programa Ecotect, en puntos específicos de trabajo de los solsticios de invierno y verano, se evidencia y cuantifica la iluminación en lux, lo que ayudara a definir las estrategias a usar para lograr los requerimientos mínimos de iluminación.

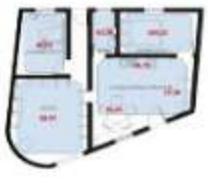
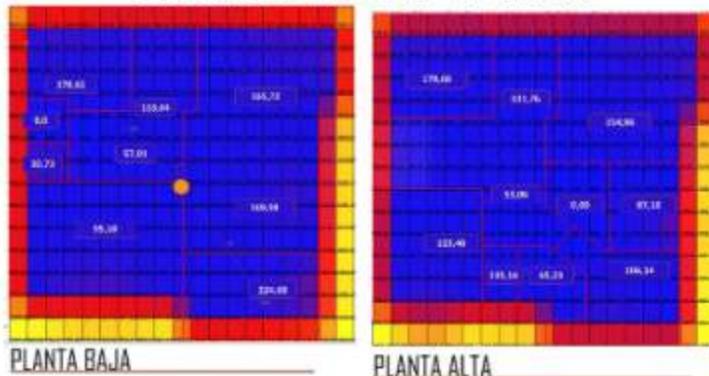
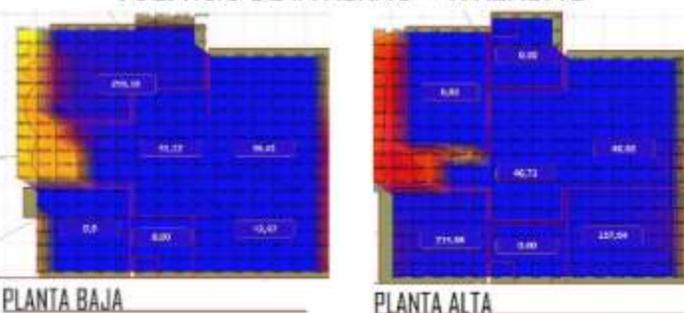
ILUMINACIÓN NATURAL VIVIENDA 1				
ÁREA	ESTADO ACTUAL		INVIERNO	VERANO
	INVIERNO LUX	VERANO LUX		
PLANTA BAJA				
COCINA	68,65	68,65		
BAÑO VISITAS	0,00	0,00		
SALA /COMEDOR	169,75	169,78		
DORMITORIO	186,19	195,71		
HALL TRASERO	280,11	280,00		
PLANTA ALTA				
DORMITORIO SUIT	154,96	157,75		
DORMITORIO 1	179,00	193,09		
DORMITORIO 2	183,43	130,35		
DORMITORIO 3	154,96	113,06		
BAÑO COMPARTIDO	65,23	78,31		
BAÑO MEDIO	135,16	147,13		
BAÑO PRIVADO	87,16	78,31		
ILUMINACIÓN NATURAL VIVIENDA 2				
ÁREA	ESTADO ACTUAL		INVIERNO	VERANO
	INVIERNO LUX	VERANO LUX		
PLANTA BAJA				
COCINA	293,18	178,96		
BAÑO VISITAS	0,00	0,00		
LIVING	42,97	30,74		
COMEDOR	36,41	36,18		
ESTUDIO	0,90	0,90		
PLANTA ALTA				
ESTAR FAMILIAR	46,66	46,46		
DORMITORIO PPAL	0,80	0,00		
DORMITORIO 2	215,08	213,81		
DORMITORIO 3	157,64	154,99		
DISTRIBUIDOR	46,71	46,71		
BAÑO COMPARTIDO	0,00	0,00		
BAÑO PRIVADO	0,00	0,00		
ILUMINACIÓN NATURAL VIVIENDA 3				
ÁREA	ESTADO ACTUAL		INVIERNO	VERANO
	INVIERNO LUX	VERANO LUX		
PLANTA BAJA				
SALA-COCINA-COMEDOR	24,72	18,94		
DORMITORIO 1	109,22	118,28		
DORMITORIO 2	47,72	35,82		
BAÑO	61,78	70,72		
TIENDA	42,97	174,64		

Tabla 31 Iluminación natural por áreas.

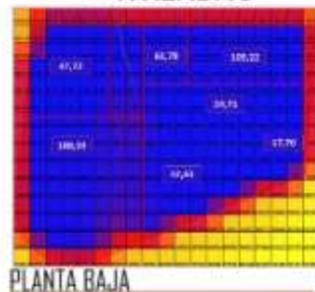
SOLSTICIO DE INVIERNO – VIVIENDA 1



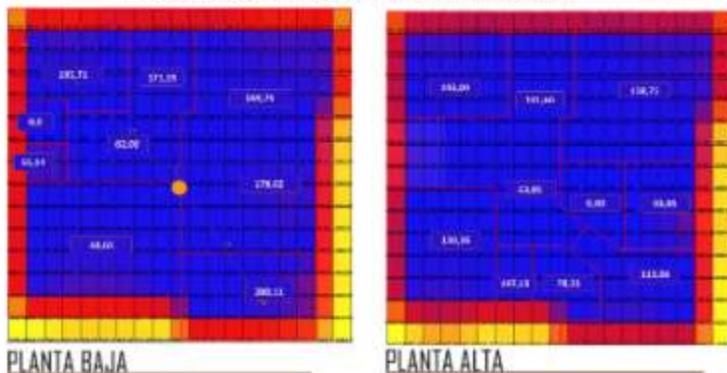
SOLSTICIO DE INVIERNO – VIVIENDA 2



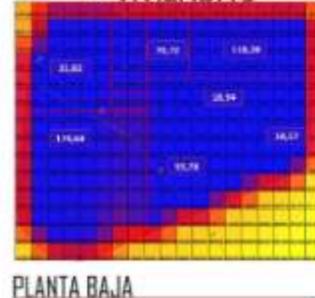
SOLSTICIO DE INVIERNO – VIVIENDA 3



SOLSTICIO DE VERANO – VIVIENDA 1



SOLSTICIO DE VERANO – VIVIENDA 3



SOLSTICIO DE VERANO – VIVIENDA 2



Imagen 24 Iluminación natural en grilla Ecotect – Solsticio de Invierno – Verano

4.3.10. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL (IA)

Se realizó el levantamiento y cuantificación de niveles de Iluminancia (LUX) de iluminación artificial por área y su radio de influencia por lámpara, sacando los siguientes resultados.

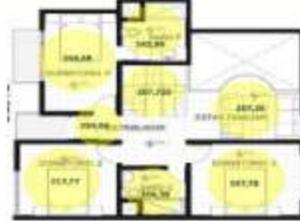
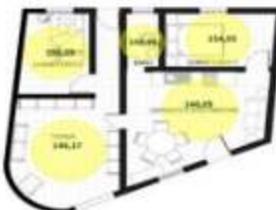
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 1		
PLANTA BAJA	LUX	
COCINA	263,10	
BAÑO VISITAS	214,24	
SALA /COMEDOR	162,00	
DORMITORIO	161,33	
HALL TRASERO	170,32	
PLANTA ALTA	LUX	
DORMITORIO SUIT	166,87	
DORMITORIO 1	161,78	
DORMITORIO 2	164,02	
DORMITORIO 3	158,81	
BAÑO COMPARTIDO	174,77	
BAÑO MEDIO	175,85	
BAÑO PRIVADO	172,02	
ILUMINACIÓN NATURAL VIVIENDA 2		
PLANTA BAJA	LUX	
COCINA	207,63	
BAÑO VISITAS	204,38	
LIVING	247,78	
COMEDOR	264,01	
ESTUDIO	201,03	
PLANTA ALTA	LUX	
ESTAR FAMILIAR	207,28	
DORMITORIO PPAL	207,63	
DORMITORIO 2	217,77	
DORMITORIO 3	247,73	
DISTRIBUIDOR	207,72	
BAÑO COMPARTIDO	204,38	
BAÑO PRIVADO	242,89	
ILUMINACIÓN NATURAL VIVIENDA 3		
PLANTA BAJA	LUX	
SALA-COCINA-COMEDOR	146,05	
DORMITORIO 1	154,93	
DORMITORIO 2	151,23	
BAÑO	148,86	
TIENDA	146,17	

Tabla 32 Iluminación Artificial por áreas –LUX

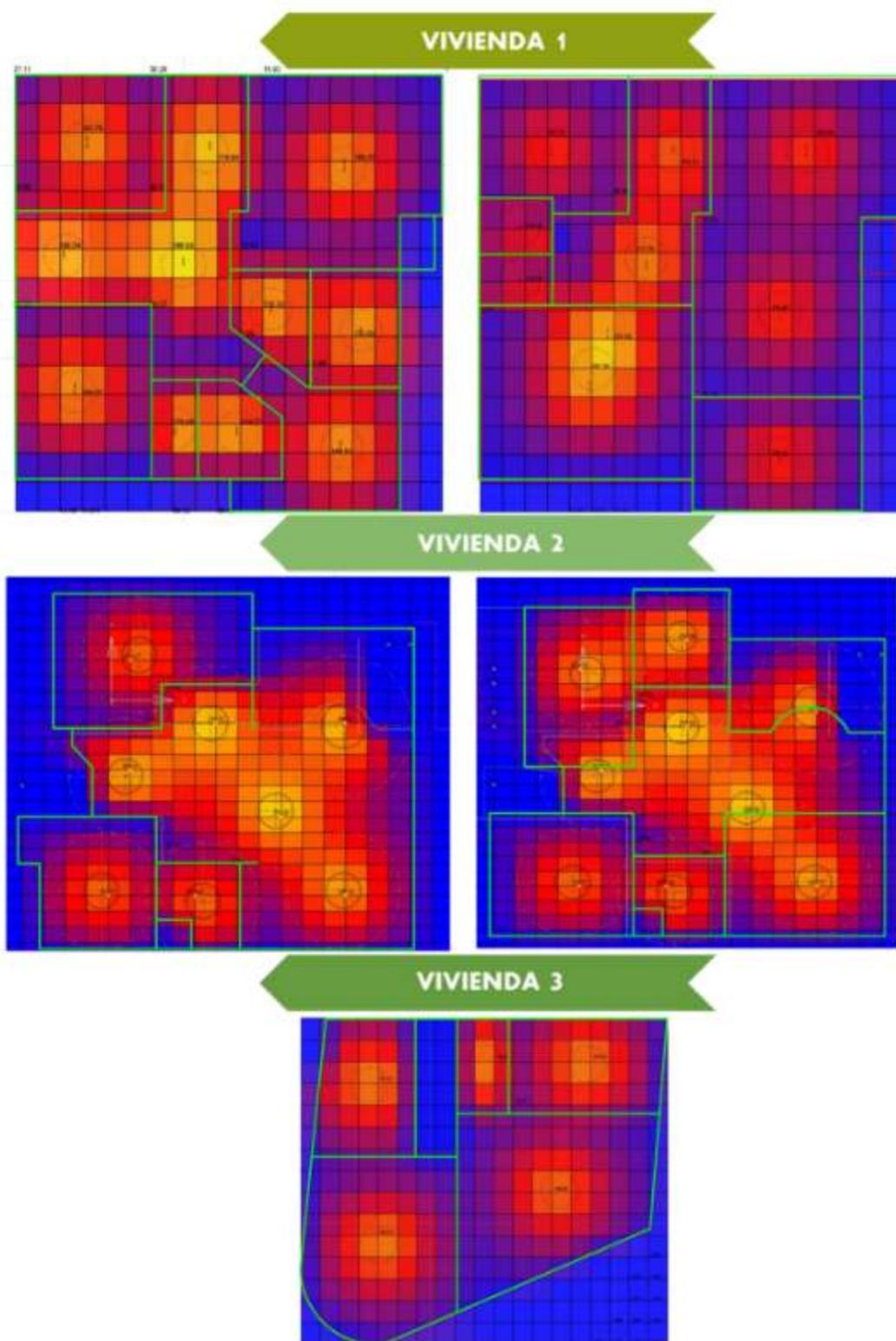


Imagen 25 Iluminación Artificial y Radio de influencia por lámpara en grilla Ecotect

4.3.11. EFICIENCIA LUMINOSA

Como resultado se puede indicar que los espacios habitables cuentan con 93.7% de luminarias con una eficiencia luminosa mayor a 55 lm/W, sin embargo no se cumple en su totalidad el de uso de luminarias eficientes recomendables de Mayor a 80lm/W.

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 1					
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	TEMPERATURA DE COLOR	POTENCIA (W)	EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)
COCINA	FLUORECENTE C	1	6500	32	62
DEPOSITO	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
BAÑO VISITAS	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
ESTAR /COMEDOR	FLUORECENTE C	2	6500	32	62
DORMITORIO	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
HALL	FLUORECENTE C	2	6500	20	58
HALL TRASERO	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
PLANTA ALTA					
DORMITORIO SUIT	FLUORECENTE C	1	6500	32	62
DORMITORIO 1	FLUORECENTE C	1	6500	32	62
DORMITORIO 2	FLUORECENTE C	1	6500	32	62
DORMITORIO 3	FLUORECENTE C	1	6500	32	62
CLOSET	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
DISTRIBUIDOR	FLUORECENTE C	2	6500	20	58
BAÑO COMPARTIDO	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
BAÑO PRIVADO	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
BAÑO VISITA	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 2					
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	POTENCIA (W)	POTENCIA (W)	EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)
COCINA	FLUORECENTE C	1	6500	32	62
BAÑO VISITAS	FLUORECENTE C	2	6500	20	58
LIVING /COMEDOR	FLUORECENTE C	2	6500	20	58
ESTUDIO	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
PLANTA ALTA					
ESTAR FAMILIAR	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
DORMITORIO PPAL	LED	1	6500	11	80
DORMITORIO 2	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
DORMITORIO 3	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
DISTRIBUIDOR	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
BAÑO COMPARTIDO	FLUORECENTE C	2	6500	20	58
BAÑO PRIVADO	FLUORECENTE C	2	6500	20	58
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 3					
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	POTENCIA (W)	POTENCIA (W)	EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)
COCINA/LIVING /COMEDOR	LED	1	6500	11	80
BAÑO	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
DORMITORIO 1	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
DORMITORIO 2	FLUORECENTE C	1	6500	20	58
TIENDA	FLUORECENTE C	1	6500	20	58

Tabla 33 Eficiencia luminosa por lámparas de la vivienda

CONSUMO DE ENERGÍA POR ILUMINACION

Como resultado en el consumo de energía por iluminación se indican los siguientes.

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 1						
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	POTENCIA (W)	USO (h/d)	ENERGÍA (Wh/d)	ENERGÍA ANUAL (Wh/año)
COCINA	FLUORECENTE C	1	32	8	256	93,440
DEPOSITO	FLUORECENTE C	1	20	2	40	14,600
BAÑO VISITAS	FLUORECENTE C	1	20	1	20	7,300
ESTAR /COMEDOR	FLUORECENTE C	2	32	5	160	58,400
DORMITORIO	FLUORECENTE C	1	20	8	160	58,400
HALL	FLUORECENTE C	2	20	5	200	73,000
HALL TRASERO	FLUORECENTE C	1	20	5	100	36,500
PLANTA ALTA						
DORMITORIO SUIT	FLUORECENTE C	1	32	8	256	93,440
DORMITORIO 1	FLUORECENTE C	1	32	8	256	93,440
DORMITORIO 2	FLUORECENTE C	1	32	8	256	93,440
DORMITORIO 3	FLUORECENTE C	1	32	8	256	93,440
CLOSET	FLUORECENTE C	1	20	2	40	14,600
DISTRIBUIDOR	FLUORECENTE C	2	20	5	200	73,000
BAÑO COMPARTIDO	FLUORECENTE C	1	20	5	100	36,500
BAÑO PRIVADO	FLUORECENTE C	1	20	2	40	14,600
BAÑO VISITA	FLUORECENTE C	1	20	2	40	14,600
TOTAL CONSUMO					868,700 Wh/año	
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 2						
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	POTENCIA (W)	USO (h/d)	ENERGÍA (Wh/d)	ENERGÍA ANUAL (Wh/año)
COCINA	FLUORECENTE C	1	32	8	256	93,440
BAÑO VISITAS	FLUORECENTE C	2	20	5	200	73,000
LIVING /COMEDOR	FLUORECENTE C	2	20	5	200	73,000
ESTUDIO	FLUORECENTE C	1	20	8	160	58,400
PLANTA ALTA						
ESTAR FAMILIAR	FLUORECENTE C	1	20	5	100	36,500
DORMITORIO PPAL	LED	1	11	8	88	32,120
DORMITORIO 2	FLUORECENTE C	1	20	8	160	58,400
DORMITORIO 3	FLUORECENTE C	1	20	8	160	58,400
DISTRIBUIDOR	FLUORECENTE C	1	20	8	160	58,400
BAÑO COMPARTIDO	FLUORECENTE C	2	20	5	200	73,000
BAÑO PRIVADO	FLUORECENTE C	2	20	5	200	73,000
TOTAL CONSUMO					687,660 Wh/año	
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 3						
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	POTENCIA (W)	USO (h/d)	ENERGÍA (Wh/d)	ENERGÍA ANUAL (Wh/año)
COCINA/LIVING /COMEDOR	LED	1	8	10	80	29,200
BAÑO	FLUORECENTE C	1	20	5	100	36,500
DORMITORIO 1	FLUORECENTE C	1	20	8	160	58,400
DORMITORIO 2	FLUORECENTE C	1	20	8	160	58,400
TIENDA	FLUORECENTE C	1	20	5	100	36,500
TOTAL CONSUMO					219,000 Wh/año	

Tabla 34 Consumo por iluminación Artificial por

4.3.13. AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

La evaluación sobre la variante ACS se analiza el tipo de sistema utilizado para calentar el agua, las características del espacio destinado al sistema, el metraje de tubería y la eficiencia de los equipos.

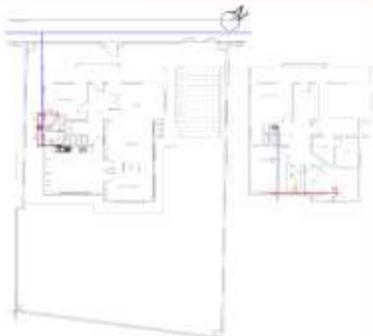
AGUA CALIENTE SANITARIA - VIVIENDA 1				
EFICIENCIA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ACS	Limite de metraje respecto a la tubería más desfavorable de ACS al calentador de agua	Metraje	Metraje P/BAJA 3,42m P/ALTA 11,96m	
		Aislamiento Térmico en tuberías	NO CUENTA	
	Verificación de Guía Boliviana de construcción Artículo 186	Garantizar que el espacio designado esté protegido de riesgos climáticos	CUMPLE	
	Distancia mínima entre el la estufa y las paredes de 50 mm	CUMPLE		
EFICIENCIA DE EQUIPOS DE ACS	Eficiencia térmica		SIN DATO	
	Etiquetado Clase A		SIN DATO	
AGUA CALIENTE SANITARIA - VIVIENDA 2				
EFICIENCIA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ACS	Limite de metraje respecto a la tubería más desfavorable de ACS al calentador de agua	Metraje	NO CUENTA	CUENTA CON SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL CALENTADO DE AGUA
		Aislamiento Térmico en tuberías	NO CUENTA	
	Verificación de Guía Boliviana de construcción Artículo 186	Instalación en lugares interiores:	NO CUENTA	
	Instalación en lugares exteriores:	NO CUENTA		
EFICIENCIA DE EQUIPOS DE ACS	Eficiencia térmica		NO CUENTA	
	Etiquetado Clase A		NO CUENTA	
AGUA CALIENTE SANITARIA - VIVIENDA 3				
EFICIENCIA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ACS	Limite de metraje respecto a la tubería más desfavorable de ACS al calentador de agua	Metraje	NO CUENTA	CUENTA CON SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL CALENTADO DE AGUA
		Aislamiento Térmico en tuberías	NO CUENTA	
	Verificación de Guía Boliviana de construcción Artículo 186	Instalación en lugares interiores:	NO CUENTA	
	Instalación en lugares exteriores:	NO CUENTA		
EFICIENCIA DE EQUIPOS DE ACS	Eficiencia térmica		NO CUENTA	
	Etiquetado Clase A		NO CUENTA	

Tabla 35 Agua Caliente Sanitaria estado actual.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL ESTADO ACTUAL DE LAS MUESTRAS

5.1. ENVOLVENTE

En las encuestas de la muestra más amplia se observó que en nuestra ciudad se demanda consumo por calefacción dentro de la vivienda, pues hay un porcentaje mayor de usuarios que creen que su vivienda necesita calefacción. En los casos de estudio de las

muestras se observa, que existe demanda de calefacción en las 3 viviendas en épocas de invierno y refrigeración en vivienda 3 en verano

Esto nos indica que la envolvente de las viviendas está generando una demanda energética para calefacción y refrigeración evidente.

En lo que refiere a las simulaciones y monitorizaciones complementarias con los equipos, se pueden observar una comparación entre ambas, que el rango de diferencias relativamente bajo, pues la simulación se acerca a los datos monitorizados en la semana que se realizó el levantamiento de datos, estos 2 muestran picos de temperatura bajos y altos, se presentan variaciones entre 1°C y 5 °C en comparación con las mediciones de campo y las simulaciones, es así que se observan que las dos líneas, mantienen una misma secuencia.



Grafico 18 comparación con las mediciones de campo y las



5.2.ILUMINACIÓN

En las encuestas respecto al tema de iluminación, un bajo porcentaje indica que sus ambientes están correctamente iluminados solo por luz natural, el 55% utilizan entre 3-5 horas al día de luz artificial y un 28.3 más de 5 para compensar la falta de IN, lo que refleja que la mayoría de viviendas presenta discomfort.

En los casos de estudio los baños coinciden con las encuestas pues son los de menor iluminación natural tienen de los espacios en general de cada vivienda, los dormitorios llegan a un rango entre 183 a 109 Lux en invierno y 195 a 118 lux en verano siendo espacios mejor iluminados, y las salas de estar llegan a 169 a 24 lux en invierno y 169 a 18 lux en verano.

En iluminación artificial, se observa que las personas en su mayoría enciende los focos en su vivienda con un 16.7% a partir de las 10:00hr por la mañana y con un 25% a 18:00 a 19:00hr por la tarde, y con un 13.3% el uso de 6:00am a 7:00am y un 10% desde las 17:00pm, evidenciando así el uso de energía por iluminación artificial durante estas horas, que teniendo un adecuado diseño arquitectónico y manejo de aberturas apropiado es posible tener iluminación natural de 6:00 a 18:00hr, la mayoría de los encuestados afirman que tienen prácticas de ahorro de energía, los datos de las mediciones y monitorización, respecto a la eficiencia de las lámparas que se usan, se tiene que cuentan con 95% de luminarias con una eficiencia luminosa mayor a 55 lm/W, Si se analiza una eficiencia luminosa mayor o igual a 80 lm/W (LED), ninguno de los espacios llegaría a esta, pues las viviendas hacen uso en su mayoría de un tipo de luminaria fluorescente tipo C, a pesar de que estas lámparas son eficientes, es recomendable actualmente usar luminarias tipo LED que tiene eficiencia luminosa mínima a 80 lm/W, que es lo recomendable en eficiencia luminosa.

El consumo total de energía en iluminación, se encuentra en 1, 311,080 Wh/año en la vivienda 1, en 687,660 Wh/año en vivienda 2 y 265,720 Wh/año en vivienda 3 (tabla. 33).

Las simulaciones y monitorizaciones complementarias con los equipos, nos demuestran datos similares, con un rango de diferencias medio, pues la simulación se acerca a los datos monitorizados en las horas del día que se realizó el levantamiento de

datos, en los puntos alejados de las entradas de luz natural y en puntos localizados de luz artificial, se presentan variaciones entre 30 y 50 lux en entre sí en lo que es luz natural, y entre 80 a 100 lux siendo más elevadas las diferencias en luz artificial, por la deficiencia de algunas lámparas de las viviendas

5.3.AGUA CALIENTE SANITARIA ACS

En levantamiento de las 3 viviendas, solo la vivienda 1 cuenta con sistema de agua caliente sanitaria ACS por termo tanque del cual no se pudo valorar la eficiencia térmica del equipo, ya que este no presenta su información necesaria en el mismo. La vivienda 2 y 3 no cuenta con ningún sistema de ACS a gas, solo eléctrica.

6. APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN Y EL AHORRO DE ENERGÍA ENFOCADO A LA ENVOLVENTE E ILUMINACIÓN.

Tomando en cuenta que se realizara una rehabilitación energética en las viviendas seleccionadas es que antes de realizar la aplicación de estrategias se definió las condicionantes de las mismas, siendo estas la estructura o envolvente existente y la reglamentación que norma al lugar. Luego de determinar las variantes que exhiben el mayor grado de insuficiencia, continuamos aplicando la estrategia más adecuada para cada una, una vez sean aplicadas estas se procederá a realizar nuevas simulaciones.

Bajo estos factores se presenta las siguientes propuestas:



Imagen 27 Planos arquitectónicos de la vivienda 1 (Intervenido)



Imagen 28 Planos arquitectónicos de la vivienda 2 (Intervenido)



Imagen 29 Planos arquitectónicos de las viviendas 3 (Intervenido)

6.1. ESTRATEGIAS APLICADAS

6.1.1. ENVOLVENTE TÉRMICA (ET)

ET01 INERCIA TÉRMICA EN MUROS Y CUBIERTAS

Esta consiste en la capacidad de los materiales de construcción para almacenar calor dentro de su estructura e ir liberándola progresivamente (Palme, et al. 2016).

MATERIAL	ESPOSOR	CALOR ESPECIFICO J/kgK	DENSIDAD Kg/m3	CONDUCTIVIDAD (W/m.K)
Ladrillo	15	836,8	2000	0,75
Yeso	1,2	840,9	1.200	0,16
Enlucido de cemento	2	840	1860	0,72
Hormigón	20	0.156	2300	1,4
Tejido de lana	2,5	840	140	0,04
Poliuretano	1,2	0,38	24	0,02
Madera	1,8	2385	825	0,209
Cerámica	0,5	656,9	1900	0,309
Teja de arcilla	0,5	836,8	2760	18,83
Impermeabilizante	0,5	1700	1000	0,2

Tabla 36 Propiedades térmicas de los materiales de construcción

MATERIAL	ESPOSOR (cm)	RETARDO (horas)
Ladrillo	10	2,5
	20	5
	40	10
Hormigón	10	2,3
	20	5,5
	30	8,5
Adobe	20	5,5
	25	7
	30	8,5

Tabla 37 Retardo

ET02 AISLAMIENTO DE MUROS Y CUBIERTA

Esta estrategia bioclimática es fundamental para el invierno, ya que es necesario y esencial evitar que el calor que producimos en el interior se escape. En verano el aislamiento nos protege del calor exterior en cierta medida

Para evitar las pérdidas de calor, se tiene la opción de aislar el espacio interior de la vivienda mediante la envolvente, por lo que es importante lograr un aislamiento efectivo a través de la incorporación de materiales de aislación con baja conductividad térmica (U)

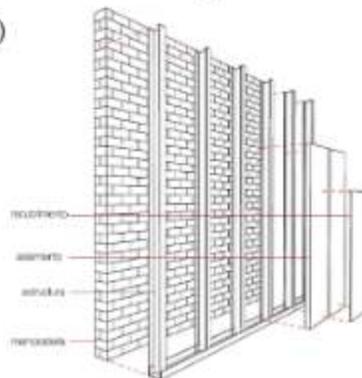
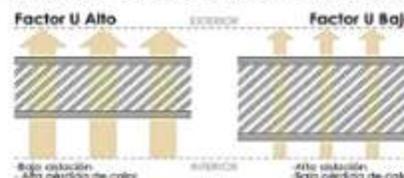


Imagen 30 Aislamiento en

MATERIALES	COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD (U)
Lana mineral	0,050 y 0,031 W/m.K
Lana de vidrio	0,032 a 0,044 W/m.K
Poliuretano	0,022-0,028 W/m.K
Poliestireno expandido	0,034 a 0,045 W/m.K

Tabla 38 Coeficiente de conductividad



ET03 AISLAMIENTO EN PUERTAS Y VENTANAS

Aberturas con buen aislamiento térmico deben ser herméticas. Es decir, que cuando están cerradas no dejan escapar o entrar calor por ningún lugar. Los sistemas de doble acristalamiento ayudan a reducir la transmitancia térmica, disminuye la ganancia interior de calor por radiación solar, esta disminución no es significativa a comparación al mayor aporte que logra en el correcto aislamiento de la misma

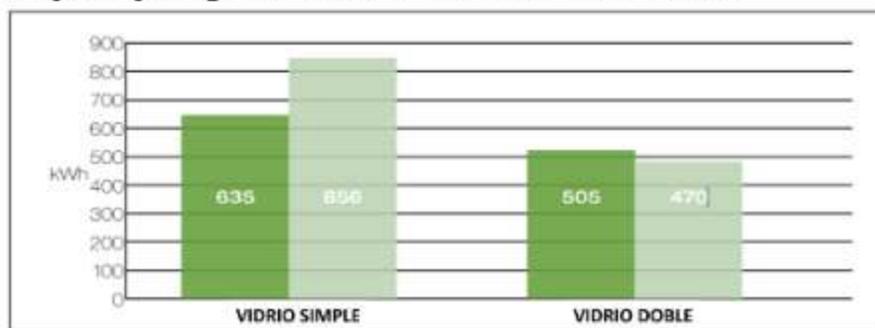


Gráfico 19 Desempeño térmico de la ventana de vidrio

6.1.2. ILUMINACIÓN (IN) (IA)

ILUMINACIÓN NATURAL (IN) - CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS

Basados en los valores de requerimientos lumínicos generales, la cantidad de luxes requeridos de iluminación natural para los diferentes espacios de la vivienda son los siguientes:

NIVELES DE ILUMINACIÓN EN VIVIENDAS					
ÁREA	ILUMINACIÓN EN LUX	NIVEL DE MEDIDA	ÁREA	ILUMINACIÓN EN LUX	NIVEL DE MEDIDA
COCINA			DORMITORIO NIÑOS		
General	200	Suelo	General	200	Suelo
Mesón / isla	500	Área de trabajo	Escritorio	500	Mesa
BAÑO			SALÓN COMEDOR		
General	100	Suelo	General	100	Suelo
Espejo	300	Altura del rostro	Tv	50	Luz ambiental
DORMITORIO			Lectura	150 -300	Luz de lectura
General	50 - 100	Suelo	comedor	150	mesa
Cabecera cama	150 - 300	Luz de lectura	Pasillo y escalera	100	1m

Tabla 39 Requerimientos de iluminación para vivienda

IN01 UBICACIÓN DE LAS VENTANAS

La ubicación de las ventanas deberá ser contemplada a base de un estudio de implantación de la vivienda, a base de los resultados del estudio de proyección de sombras, considerando la carta solar del lugar en el que estará desplazada. La mejor ubicación para maximizar la ganancia solar directa para las aberturas de captación solar es el norte

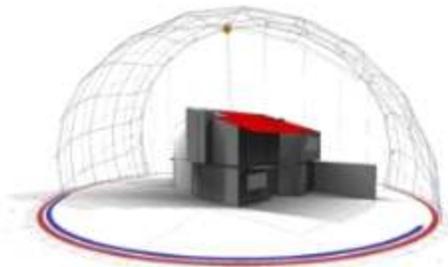


Imagen 31 Proyección de sombras

NORTE	Captación sol todo el día
ESTE	Captación sol mañana
OESTE	Captación sol tarde

Igual hay que tomar en cuenta que entre más arriba se encuentren ubicadas mayor entrada del ángulo del sol hay en los espacios

IN02 FORMA Y TAMAÑO DE LAS VENTANAS

Se recomienda aumentar la altura de la ventana de acuerdo a la profundidad, para que el espacio a considerar tenga una correcta iluminación.

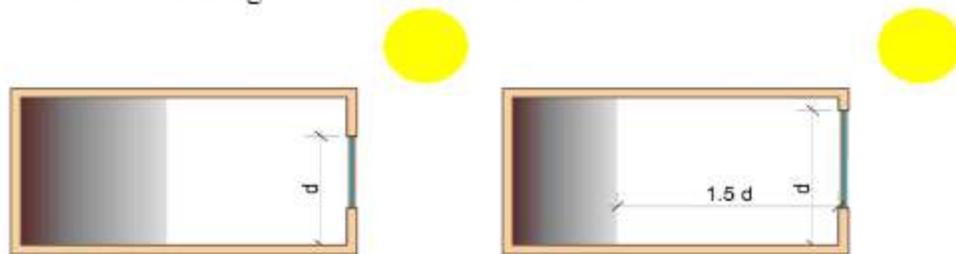


Imagen 32 Forma y tamaño de ventanas

IN03 DISEÑO DE LOS MARCOS

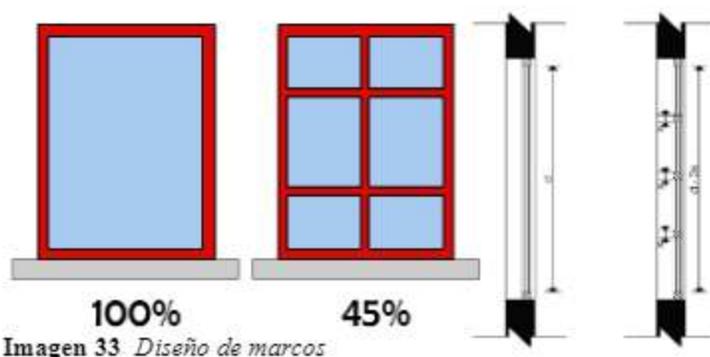


Imagen 33 Diseño de marcos

El diseño de los marcos de una ventana cumple un rol importante en el ingreso de la luz al espacio, pues esta aparte de estructurar a la misma, pueden llegar

aportar de forma negativa reduciendo al área de superficie vidriada, obstruir la visión

al exterior y como resultado también llegan a reducir la cantidad de luz que se recibe hacia el interior del espacio (Monroy, 2006).

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL (IA)

IA01 ELECCIÓN DE LOS FOCOS

La elección de los focos del sistema de IA se basa en unidades de lumen que emiten y la potencia eléctrica en Watts (W). La capacidad de una luminaria para reproducir fielmente los colores, se lo denomina como IRC (Índice de Reproducción Cromática), en los sistemas tradicionales este valor se encuentra entre 20 y 50, mientras que la tecnología LED supera el valor de 80 La temperatura de color se mide en grados Kelvin (K), se denomina como luz cálida, de 3500K y 5000K luz neutra y superiores a 5000K luz fría, Cordero (2015), las luminarias frías se asocian con actividad, mientras que al contrario las luminarias cálidas con descanso.

Los sistemas tradicionales tienen una vida útil generalmente de 10.000 a 18.000 h y los sistemas LED alcanzan las 50.000 h, la depreciación del flujo luminoso en las lámparas LED a sus 50.000 h alcanza un 70%, a diferencia de las tradicionales que a las 5.000 h alcanzan la misma cifra (Álvarez, 2013).

TIPO DE LÁMPARA	POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (lm)	EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)	RENDIMIENTO DE COLOR (0-100)	TEMPERATURA DE COLOR (K)	VIDA UTIL (h)
Incandescente	25 - 500	220 - 8200	9 - 16	100	2700	1000
Halógena	40 - 2000	500 - 50000	12.5 - 25	100	3000	2000
Tubo fluorescente	15 - 48	1150 - 5200	64 - 104	60 - 90	27000 - 65000	14000 - 18000
Fluorescente compacta	5 - 50	200 - 4800	39 - 87	80	2700 - 4000	8000 - 13000
LED	1.3 - 30	50 - 2800	64 - 100	75 - 92	2600 - 6000	50000

Tabla 40 Características los focos

IA02 EFICIENCIA LUMINOSA E ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA (IRC).

La eficacia luminosa (lm/w) es la relación entre el flujo que emite la lámpara y la potencia, esta indica el rendimiento de la misma, entonces cuanto mayor sea la eficiencia luminosa, más económico es su uso.

El índice de reproducción cromática o IRC es la relación con el modo en que se ve un objeto bajo una fuente de luz. El IRC bajo hace que los objetos parezcan poco naturales, mientras que un índice alto los hacen ver más naturales. Es así que un IRC mayor a 80lm/w es excelente para el reconocimiento del color.

Para estas dos magnitudes se identifican en el método de certificación BREEAM unos valores mínimos a cumplir para asegurar que las luminarias son energéticamente eficientes, además de que necesitan tener una calificación energética mínima de B. Por lo que al momento de la compra de una nueva lámpara se debe verificar su cumplimiento en la especificación del producto: Para lámparas, la eficacia luminosa debe ser superior a 55lm/W mejor por el IRC llegar a los 80lm/W con calificación mínima de B.

LAMPARAS	POTENCIA (W)	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	LAMPARAS	POTENCIA (W)	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
FLUORESCENTE	15	B	LED	4,5	A
	20	B		5	A
	25	B		6	A
	10	B		7	A
	11	B		8	A
	15	B		10	A
	20	B		13	A
INCANDESCENTE	60	B	Las lámparas y potencias que se muestran en la tabla son las encontradas en el mercado		
	80	C			
	100	D			
	110	F			

Tabla 41 Calificación energética de distintos tipos de lámparas.

6.1.3. AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

ACS 01 CALENTADOR DE AGUA QUE USA GLP

De acuerdo al artículo 186 (COLOCACIÓN DE CALENTADORES DE GAS de la Guía Boliviana de Construcción de Edificaciones). El calentador de agua a gas debe colocarse en el patio, azotea o en locales con una ventilación mínima de veinticinco cambios por hora del volumen de aire del local. Está prohibido ponerlo en el baño

Requerimientos para instalación en lugares exteriores: Requisitos de instalación en exteriores: se deberá garantizar que el espacio designado esté protegido de la lluvia, el viento y otros riesgos climáticos, para esto, se pueden utilizar compartimentos en ellos, y los compartimentos serán de mampostería u otros materiales no combustibles.

La distancia mínima entre el la estufa y las paredes del compartimento debe ser de 50 mm, si hay puerta, se debe respetar esta distancia. Requerimientos para instalación en lugares interiores: El volumen mínimo de espacio interior debe ser de 8 m³. El borde superior de la rejilla de evacuación de aire debe ubicarse 100 mm por debajo del techo. El borde inferior de la rejilla de entrada de aire está a 100 mm del suelo.

ACS02 EFICIENCIA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ACS

A la hora de diseñar una vivienda hay que asegurarse de que el punto de consumo de ACS (baño, cocina) debe estar lo más cerca posible del sistema de almacenamiento y recolección ($\leq 15m$), para que la pérdida de calor al transportar el líquido por la tubería sea mínima.

ACS 03 AISLAMIENTO TÉRMICO EN TUBERÍAS

Para disminuir las pérdidas de calor del líquido Se recomienda aislar térmicamente a las tuberías de ACS más desfavorables. Para lograr la estabilidad térmica del líquido trasportado es esencial tener un aislamiento de tuberías de alta tecnología pues esta ofrecerá el aislamiento térmico necesario, reducirá la perdida de calor y disminuirá las emisiones de CO₂



Imagen 34 Aislamiento térmico en tuberías

ACS04 EFICIENCIA DE EQUIPOS DE ACS

Entre los métodos de evaluación analizados se pide como requisito que el equipo a usar para calentar el agua cuente con etiqueta de eficiencia térmica donde debe señalarse la eficiencia térmica mínima, sin embargo en el único equipo observado en el levantamiento no se pudo encontrar este valor.

EFICIENCIA ENERGÉTICA	
Eficiencia Térmica	
<small>DETERMINADO COMO ESTABLECE EN EL REGLAMENTO</small>	
<small>Modelo:</small> NPH 10	<small>Caja de Termostato:</small> 10
<small>Modelo:</small> 45.037	<small>Funcionamiento:</small> Automático
<small>Cap. Tipo de gas:</small>	<small>Capacidad:</small> 40 litros
Eficiencia Térmica Mínima (%)	76
Eficiencia Térmica del Producto (%)	85
<small>Compare la eficiencia térmica de este equipo, con otros de similar funcionamiento antes de comprar.</small>	
Eficiencia térmica adicional	
<small>Algunos equipos pueden obtener</small>	
9 %	
<small>75% 76% 77% 78% 79% 80% 81% 82% 83% 84% 85% 86%</small>	
<small>menor eficiencia</small>	<small>mayor eficiencia</small>
Importante	
<small>El aumento de la eficiencia térmica obtenida del producto dependerá de la calidad del gas combustible, el mantenimiento preventivo y la ubicación del producto.</small>	
<small>La etiqueta no debe retirarse del producto hasta que haya sido sellado por el consumidor final.</small>	

Imagen 35 Eficiencia en equipos

7. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS EN LAS VIVIENDAS CASO DE ESTUDIO

7.1. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS (ET)

Las características de estos componentes propuestos se especifican en sus respectivas la Tablas con su valor U reducido.

VIVIENDA - 1					
CUBIERTA DE TEJA CON AISLANTE DE FIBRA DELANA Y CIELO DE YESO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	TEJA CERÁMICA	0,050	2760,0	836,800	18,828
2	FIBRA DE LANA	0,075	48,0	710,00	0,032
3	PAPEL ALUMINIO	0,001	2698,0	920,500	225,940
4	YESO	0,010	1250,0	1088,000	4,310
VALOR U				0,36 w/m ² k	
VENTANAS DOBLE CON CARPINTERIA DE MADERA					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	VIDRIO ESTANDAR	0,006	2300,0	836,800	1,046
2	CAMARA DE AIRE	0,030	1,3	1004,000	5,560
3	VIDRIO ESTANDAR	0,006	2300,0	836,800	1,046
VALOR U				2,9 w/m ² k	
PISO – HORMIGÓN CICLÓPEO Y CERÁMICO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	TIERRA COMPACTADA	1,500	1300,0	1046,000	0,837
2	HORMIGÓN	0,100	3800,0	656,900	0,753
3	MORTERO DE CEMENTO	0,005	2000,0	656,900	0,753
4	CERÁMICO	0,010	1900,0	656,900	0,309
VALOR U				0,88 w/m ² k	
PARED - MURO DE LADRILLO CON REVOQUE DE YESO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	MAMPOSTERÍA DE LADRILLO	0,150	2000,0	836,800	0,711
2	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
3	AISLANTE	0,075	1,3	1004,000	0,251
4	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
VALOR U				2,2 w/m ² k	
VIVIENDA - 2					
CUBIERTA DE TEJA CON AISLANTE DE FIBRA DELANA Y CIELO DE YESO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	TEJA CERÁMICA	0,050	2760,0	836,800	18,828
2	FIBRA DE LANA	0,075	48,0	710,00	0,032
3	PAPEL ALUMINIO	0,001	2698,0	920,500	225,940
4	YESO	0,010	1250,0	1088,000	4,310
VALOR U				0,36 w/m ² k	
VENTANAS DOBLE CON CARPINTERIA DE MADERA					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	VIDRIO ESTANDAR	0,006	2300,0	836,800	1,046
2	CAMARA DE AIRE	0,030	1,3	1004,000	5,560
3	VIDRIO ESTANDAR	0,006	2300,0	836,800	1,046
VALOR U				2,9 w/m ² k	
PARED - MURO DE LADRILLO CON AISLANTE Y REVOQUE DE YESO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	MAMPOSTERÍA DE LADRILLO	0,150	2000,0	836,800	0,711
2	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
3	AISLANTE	0,075	1,3	1004,000	0,251
4	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
VALOR U				2,2 w/m ² k	

Tabla 42 Componentes constructivos viv 1 – 2

VIVIENDA - 3					
CUBIERTA DE CALAMINA					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECIFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (A)
1	ACERO LAMINADO	0,010	7850,0	480,000	29,000
2	FIBRA DE LANA	0,090	12,0	840,000	0,040
3	PAPEL ALUMINIO	0,001	2698,0	920,500	225,940
4	YESO	0,010	1250,0	1088,000	4,310
VALOR U				0,50 w/m ² k	
VENTANAS DOBLE CON CARPINTERIA DE MADERA					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECIFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (A)
1	VIDRIO ESTANDAR	0,006	2300,0	836,800	1,046
2	CAMARA DE AIRE	0,030	1,3	1004,000	5,560
3	VIDRIO ESTANDAR	0,006	2300,0	836,800	1,046
VALOR U				2,5 w/m ² k	
PARED - MURO DE LADRILLO CON REVOQUE DE YESO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECIFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (A)
1	MAMPOSTERIA DE LADRILLO	0,150	2000,0	836,800	0,711
2	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
3	AISLANTE	0,075	1,3	1004,000	0,251
4	YESO	0,010	1250,0	1088,000	0,431
VALOR U				2,2 w/m ² k	

Tabla 43 Componentes constructivos viv 3

7.2.GANANCIA SOLAR (ET)



Imagen 36 Porcentajes de superficies y sus aberturas por

7.3.COMPORTAMIENTO TÉRMICO (ET)

TEMPERATURAS GLOBAL- INVIERNO Y VERANO

VIVIENDA 1 / INVIERNO - 3 JULIO					
ESPACIO	TEMP. MÍNIMA	TEMP. MÁXIMA	TEMP. PROM	GRAFICAS	
PLANTA BAJA					
● COCINA	11,8°C	13,3°C	8,6°C		
● BAÑO VISITAS	13,6°C	16,5°C			
● SALA /COMEDOR	12,1°C	14,7°C			
● DORMITORIO	10,3°C	16,9°C			
● HALL TRASERO	9,8°C	10,5°C			
PLANTA ALTA					
● DORMITORIO SUIT	10,0°C	17,7°C	8,6°C		
● DORMITORIO 1	10,2°C	17,0°C			
● DORMITORIO 2	10,1°C	11,2°C			
● DORMITORIO 3	10,1°C	11,0°C			
● BAÑO COMPARTIDO	14,0°C	16,2°C			
● BAÑO MEDIO	16,1°C	17,3°C			
● BAÑO PRIVADO	11,5°C	12,2°C			
VIVIENDA 2 / INVIERNO - 3 JULIO					
ESPACIO	TEMP. MÍNIMA	TEMP. MÁXIMA	TEMP. PROM	GRAFICAS	
PLANTA BAJA					
● COCINA	10,9 °C	14,2 °C	8,1°C		
● BAÑO VISITAS	11,3 °C	14,3 °C			
● SALA DE ESTAR	10,5 °C	13,8 °C			
● COMEDOR	9,6 °C	13,6 °C			
● ESTUDIO	8,1 °C	14,1 °C			
PLANTA ALTA					
● ESTAR FAMILIAR	10,4 °C	13,9 °C	8,1°C		
● DORMITORIO PPAL	11,7 °C	14,1 °C			
● DORMITORIO 2	9,1 °C	13,2 °C			
● DORMITORIO 3	7,8 °C	11,5 °C			
● BAÑO COMP	9,5 °C	13,0 °C			
● BAÑO PRIVADO	9,2 °C	12,7 °C			
VIVIENDA 3 / INVIERNO - 3 JULIO					
ESPACIO	TEMP. MÍNIMA	TEMP. MÁXIMA	TEMP. PROM	GRAFICAS	
PLANTA BAJA					
● SALA-COCINA-COMEDOR	15,1°C	19,7°C	8,3°C		
● DORMITORIO 1	11,9°C	20,9°C			
● DORMITORIO 2	12,0°C	19,7°C			
● BAÑO	14,2°C	20,9°C			
● TIENDA	12,2°C	19,5°C			

Tabla 44 Temperatura por ambiente – Invierno (Intervenido)

VIVIENDA 1 / VERANO - 2 NOVIEMBRE				
ESPACIO	TEMP. MÍNIMA	TEMP. MÁXIMA	TEMP. PROM.	GRAFICAS
PLANTA BAJA				
● COCINA	25,5°C	27,8°C	22,8°C	
● BAÑO VISITAS	25,1°C	27,4°C		
● SALA /COMEDOR	24,2°C	27,8°C		
● DORMITORIO	22,4°C	26,8°C		
● HALL TRASERO	21,6°C	25,7°C		
PLANTA ALTA				
● DORMITORIO SUIT	22,4°C	26,1°C	22,8°C	
● DORMITORIO 1	20,1°C	26,9°C		
● DORMITORIO 2	20,0°C	26,2°C		
● DORMITORIO 3	22,9°C	27,7°C		
● BAÑO COMPARTIDO	20,7°C	30,8°C		
● BAÑO MEDIO	28,7°C	29,7°C		
● BAÑO PRIVADO	23,2°C	23,7°C		
VIVIENDA 2 - VERANO - 2 NOVIEMBRE				
ESPACIO	TEMP. MÍNIMA	TEMP. MÁXIMA	TEMP. PROM.	GRAFICAS
PLANTA BAJA				
● COCINA	26,0 °C	29,0 °C	21,9°C	
● BAÑO VISITAS	25,5 °C	28,7 °C		
● SALA DE ESTAR	24,1 °C	27,5 °C		
● COMEDOR	24,4 °C	27,8 °C		
● ESTUDIO	23,3 °C	27,8 °C		
PLANTA ALTA				
● ESTAR FAMILIAR	25,9 °C	28,1 °C	21,9°C	
● DORMITORIO PPAL	25,5 °C	28,9 °C		
● DORMITORIO 2	22,5 °C	28,1 °C		
● DORMITORIO 3	23,2 °C	27,1 °C		
● BAÑO COMP	24,0 °C	27,9 °C		
● BAÑO PRIVADO	23,4 °C	27,1 °C		
VIVIENDA 3 - VERANO - 2 NOVIEMBRE				
ESPACIO	TEMP. MÍNIMA	TEMP. MÁXIMA	TEMP. PROM.	GRAFICAS
PLANTA BAJA				
● SALA-COCINA-COMEDOR	26,7 °C	28,0°C	21,9°C	
● DORMITORIO 1	22,8 °C	25,6°C		
● DORMITORIO 2	22,6 °C	27,0°C		
● BAÑO	22,8 °C	27,5°C		
● TIENDA	20,8 °C	26,0°C		

Tabla 45 Temperatura por ambiente – Verano (Intervenido)

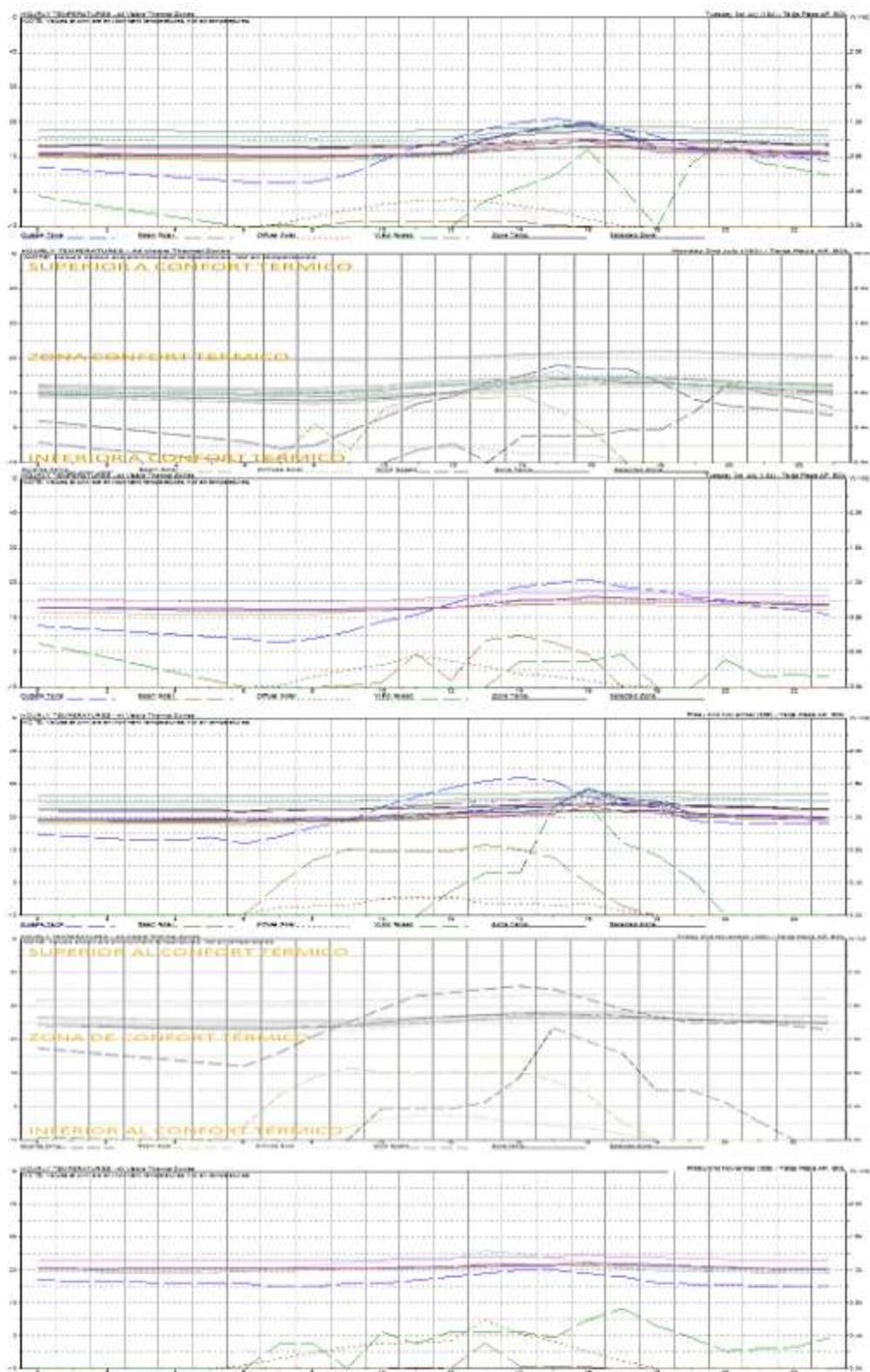


Gráfico 20 Temperaturas global- invierno y verano

7.4.DEMANDA ENERGÉTICA (ET)

A través de este software, se ha generado una evaluación para determinar la demanda

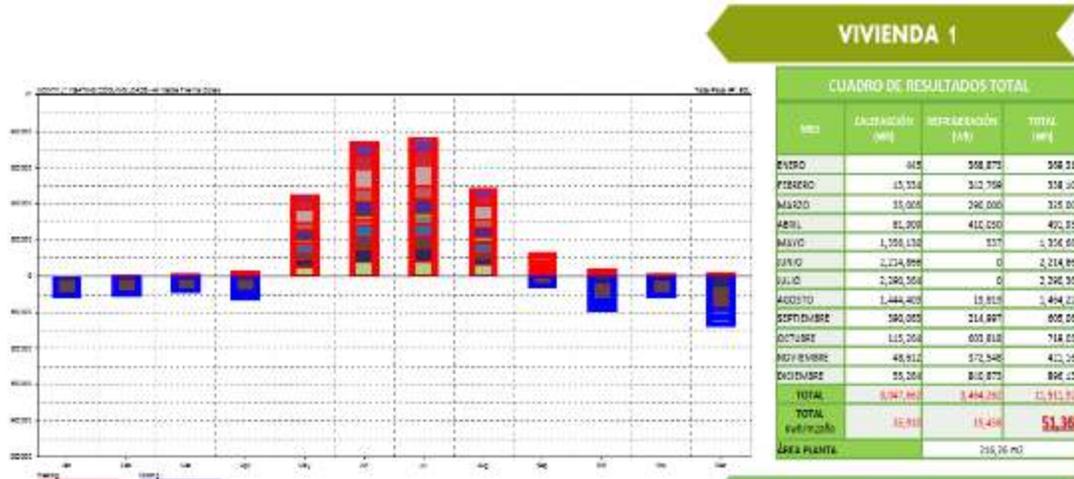


Grafico 21 Demanda energética - Viv 1

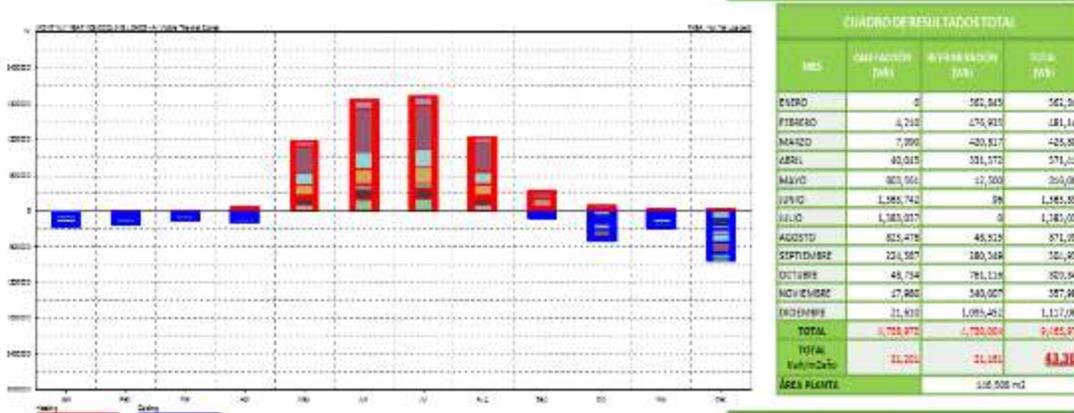


Grafico 22 Demanda energética - Viv 2

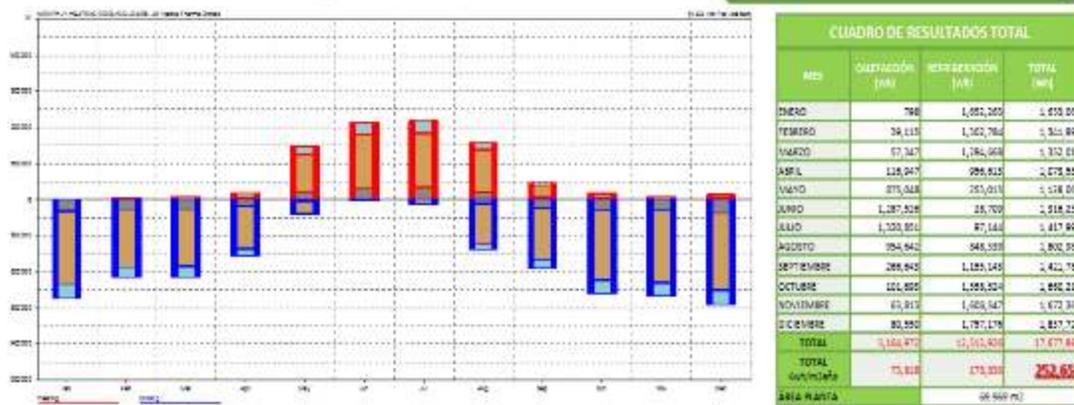


Grafico 23 Demanda energética - Viv 3

7.5.ILUMINACIÓN NATURAL (IN)

Con las nuevas dimensiones y ubicación de las ventanas al realizar el análisis de iluminación natural mediante simulación en el programa Ecotect, en los solsticios de invierno y verano, se evidencia y cuantifica la iluminación en lux

ILUMINACIÓN NATURAL VIVIENDA 1				
ÁREA	ESTADO ACTUAL		INVIERNO	VERANO
PLANTA BAJA	INVIERNO LUX	VERANO LUX		
COCINA	350,63	246,09		
BAÑO VISITAS	200,08	203,78		
SALA /COMEDOR	224,24	209,31		
DORMITORIO	350,63	241,28		
HALL TRASERO	224,62	306,20		
PLANTA ALTA				
DORMITORIO SUIT	240,84	213,87		
DORMITORIO 1	229,38	277,56		
DORMITORIO 2	233,21	201,24		
DORMITORIO 3	215,22	257,03		
BAÑO COMPARTIDO	198,25	215,10		
BAÑO MEDIO	280,69	208,1		
BAÑO PRIVADO	232,22	212,35		

ILUMINACIÓN NATURAL VIVIENDA 2				
ÁREA	ESTADO ACTUAL		INVIERNO	VERANO
PLANTA BAJA	INVIERNO LUX	VERANO LUX		
COCINA	411,56	333,55		
BAÑO VISITAS	0,0	0,0		
LIVING	778,94	468,55		
COMEDOR	503,55	476,80		
ESTUDIO	820,85	205,30		
PLANTA ALTA				
ESTAR FAMILIAR	280,27	153,12		
DORMITORIO PPAL	485,77	209,39		
DORMITORIO 2	239,48	218,26		
DORMITORIO 3	451,75	241,29		
BAÑO COMPARTIDO	0,90	0,90		
BAÑO PRIVADO	119,93	118,88		

ILUMINACIÓN NATURAL VIVIENDA 3				
ÁREA	ESTADO ACTUAL		INVIERNO	VERANO
PLANTA BAJA	INVIERNO LUX	VERANO LUX		
SALA-COCINA-COMEDOR	382,25	387,35		
DORMITORIO 1	224,89	233,94		
DORMITORIO 2	275,10	224,91		
BAÑO	164,45	190,76		
TIENDA	286,72	204,36		

Tabla 46 Iluminación natural por áreas.

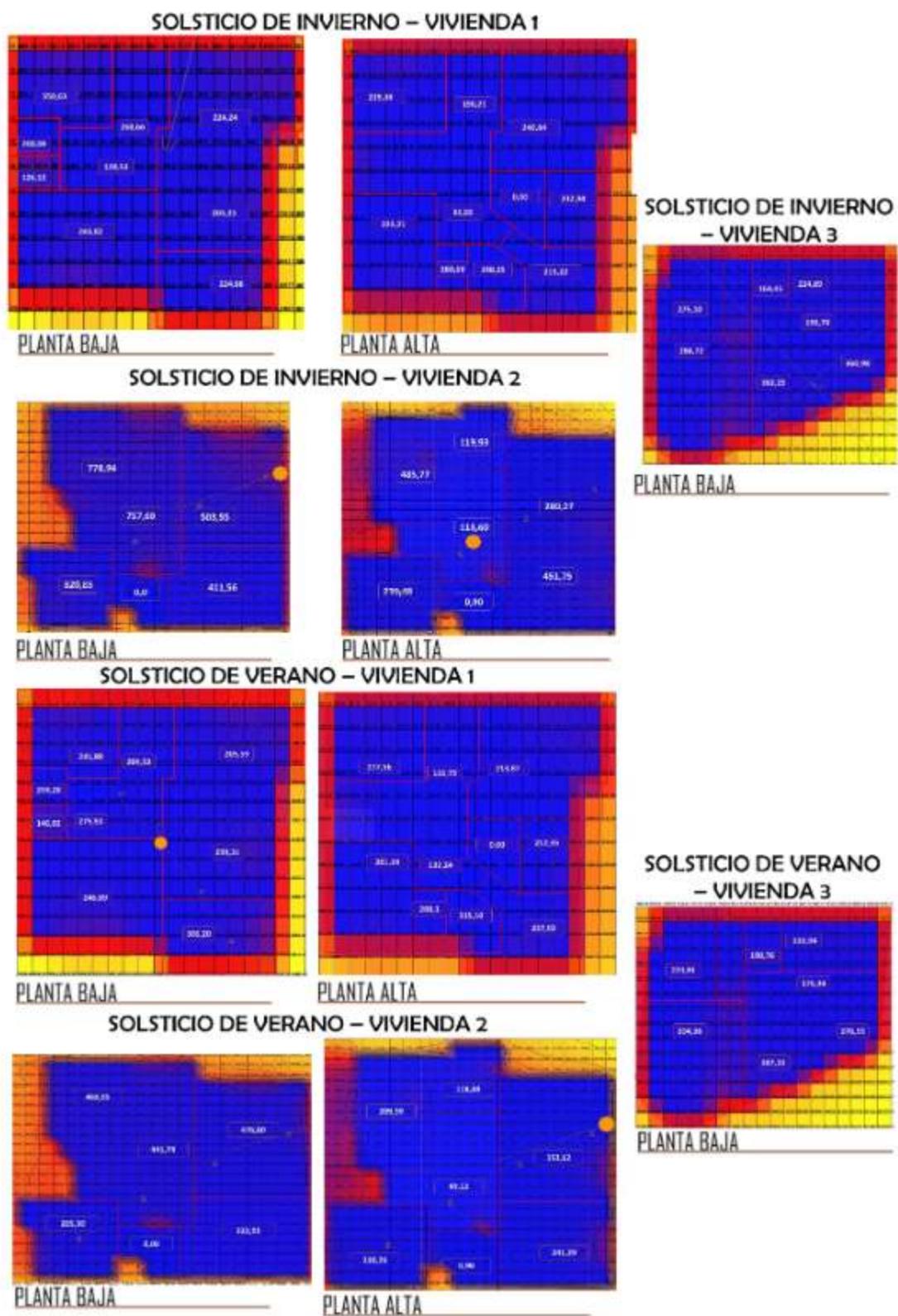


Imagen 37 Iluminación natural en grilla Ecotect – Solsticio de Invierno – Verano (Intervenido)

7.6.ILUMINACIÓN ARTIFICIAL (IA)

El resultado del cambio del sistema de iluminación, indica que los espacios habitables cuentan con 100% de luminarias con una eficiencia luminosa de 80 lm/W, al igual que en las zonas comunes tienen 100% de eficiencia luminosa $\geq 55\text{lm/W} \leq 86\text{lm/W}$.

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 1					
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	TEMPERATURA DE COLOR	POTENCIA (W)	EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)
COCINA	LED	1	6500	13	85
DEPOSITO	LED	1	6500	11	82
BAÑO VISITAS	LED	1	6500	11	82
ESTAR /COMEDOR	LED	2	6500	13	85
DORMITORIO	LED	1	6500	13	85
HALL	LED	2	6500	11	82
HALL TRASERO	LED	1	6500	13	85
PLANTA ALTA					
DORMITORIO SUIT	LED	1	6500	13	85
DORMITORIO 1	LED	1	6500	13	85
DORMITORIO 2	LED	1	6500	13	85
DORMITORIO 3	LED	1	6500	13	85
CLOSET	LED	1	6500	11	82
DISTRIBUIDOR	LED	2	6500	11	82
BAÑO COMPARTIDO	LED	1	6500	11	82
BAÑO PRIVADO	LED	1	6500	11	82
BAÑO VISITA	LED	1	6500	11	82
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 2					
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	POTENCIA (W)	POTENCIA (W)	EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)
COCINA	LED	1	6500	13	85
BAÑO VISITAS	LED	2	6500	11	82
LIVING /COMEDOR	LED	2	6500	13	85
ESTUDIO	LED	1	6500	11	82
PLANTA ALTA					
ESTAR FAMILIAR	LED	1	6500	13	85
DORMITORIO PPAL	LED	1	6500	13	80
DORMITORIO 2	LED	1	6500	13	85
DORMITORIO 3	LED	1	6500	13	85
DISTRIBUIDOR	LED	1	6500	11	82
BAÑO COMPARTIDO	LED	2	6500	11	82
BAÑO PRIVADO	LED	2	6500	11	82
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 3					
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	POTENCIA (W)	POTENCIA (W)	EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)
COCINA/LIVING /COMEDOR	LED	1	6500	13	85
BAÑO	LED	1	6500	11	82
DORMITORIO 1	LED	1	6500	13	85
DORMITORIO 2	LED	1	6500	13	85
TIENDA	LED	1	6500	13	85

Tabla 47 Eficiencia luminosa por lámparas de la vivienda (Intervenido).

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 1		
PLANTA BAJA	LUX	
COCINA	295,15	
BAÑO VISITAS	214,24	
SALA /COMEDOR	235,03	
DORMITORIO	244,62	
HALL TRASERO	240,14	
PLANTA ALTA	LUX	
DORMITORIO SUIT	196,84	
DORMITORIO 1	208,82	
DORMITORIO 2	229,21	
DORMITORIO 3	207,46	
BAÑO COMPARTIDO	225,16	
BAÑO MEDIO	224,06	
BAÑO PRIVADO	209,07	
ILUMINACIÓN NATURAL VIVIENDA 2		
PLANTA BAJA	LUX	
COCINA	330,56	
BAÑO VISITAS	322,93	
LIVING	244,68	
COMEDOR	380,30	
ESTUDIO	227,76	
PLANTA ALTA	LUX	
ESTAR FAMILIAR	354,52	
DORMITORIO PPAL	335,03	
DORMITORIO 2	321,14	
DORMITORIO 3	327,58	
DISTRIBUIDOR	423,71	
BAÑO COMPARTIDO	307,10	
BAÑO PRIVADO	331,97	
ILUMINACIÓN NATURAL VIVIENDA 3		
PLANTA BAJA	LUX	
SALA-COCINA-COMEDOR	224,41	
DORMITORIO 1	239,20	
DORMITORIO 2	214,37	
BAÑO	218,46	
TIENDA	216,66	

Tabla 48 Iluminación artificial Lux (Intervenido).

7.7.CONSUMO DE ENERGÍA ILUMINACIÓN (IA)

Como resultado en el consumo de energía se puede indicar los siguientes

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 1						
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	POTENCIA (W)	USO (h/d)	ENERGÍA (Wh/d)	ENERGÍA ANUAL (Wh/año)
COCINA	LED	1	13	8	104	37,960
DEPOSITO	LED	1	11	2	22	8,030
BAÑO VISITAS	LED	1	11	1	11	4,015
ESTAR /COMEDOR	LED	2	13	5	130	47,450
DORMITORIO	LED	1	13	8	104	37,960
HALL	LED	1	11	5	55	20,075
HALL TRASERO	LED	1	13	5	65	23,725
PLANTA ALTA						
DORMITORIO SUIT	LED	1	13	8	104	37,960
DORMITORIO 1	LED	1	13	8	104	37,960
DORMITORIO 2	LED	1	13	8	104	37,960
DORMITORIO 3	LED	1	13	8	104	37,960
CLOSET	LED	1	11	2	22	8,030
DISTRIBUIDOR	LED	1	11	5	55	20,075
BAÑO COMPARTIDO	LED	1	11	5	55	20,075
BAÑO PRIVADO	LED	1	11	2	22	8,030
BAÑO VISITA	LED	1	11	2	22	8,030
TOTAL CONSUMO						395,295 Wh/año
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 2						
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	POTENCIA (W)	USO (h/d)	ENERGÍA (Wh/d)	ENERGÍA ANUAL (Wh/año)
COCINA	LED	1	13	8	104	37,960
BAÑO VISITAS	LED	2	11	5	110	40,150
LIVING /COMEDOR	LED	2	13	5	130	47,450
ESTUDIO	LED	1	11	8	88	32,120
PLANTA ALTA						
ESTAR FAMILIAR	LED	1	13	5	130	47,450
DORMITORIO PPAL	LED	1	13	8	104	37,960
DORMITORIO 2	LED	1	13	8	104	37,960
DORMITORIO 3	LED	1	13	8	104	37,960
DISTRIBUIDOR	LED	1	11	8	88	32,120
BAÑO COMPARTIDO	LED	2	11	5	110	40,150
BAÑO PRIVADO	LED	2	11	5	110	40,150
TOTAL CONSUMO						468,790 Wh/año
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL VIVIENDA 3						
PLANTA BAJA	TIPO LUMINARIA	CANT	POTENCIA (W)	USO (h/d)	ENERGÍA (Wh/d)	ENERGÍA ANUAL (Wh/año)
COCINA/LIVING /COMEDOR	LED	1	13	10	130	47,450
BAÑO	LED	1	11	5	55	20,075
DORMITORIO 1	LED	1	13	8	104	37,960
DORMITORIO 2	LED	1	13	8	104	37,960
TIENDA	LED	1	13	5	65	23,725
TOTAL CONSUMO						167,170 Wh/año

Tabla 49 Consumo por iluminación Artificial por áreas (Intervenido).

7.8.AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

Actualmente la vivienda 1 cuenta con sistema de agua caliente por termotanque por lo que no hay propuesta para la misma, la vivienda 2 cuenta con sistema eléctrico para agua caliente, por lo que se propone el uso de termo tanque a GLP, con bomba, como la opción más viable, para la instalación de este es fundamental tomar en consideración su ubicación, ya que debe encontrarse lo más cerca posible de los puntos de consumo de ACS.

En el caso de la vivienda 3 el usuario no desea termotanque por el poco uso que le da a lo que es el agua caliente.

AGUA CALIENTE SANITARIA - VIVIENDA 2			
EFICIENCIA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ACS	Límite de metraje respecto a la tubería más desfavorable de ACS al calentador de agua	Metraje	Metraje P/BAJA 8,89m P/ALTA 17,99m
		Aislamiento Térmico en tuberías	NO CUENTA
	Verificación de Guía Boliviana de construcción Artículo 186	Garantizar que el espacio designado esté protegido de riesgos climáticos Distancia mínima entre el la estufa y las paredes de 50 mm	CUMPLE
EFICIENCIA DE EQUIPOS DE ACS	Eficiencia térmica		SIN DATO
	Etiquetado Clase A		SIN DATO

Tabla 50 ACS (Intervenido).



Imagen 38 Fotografías de instalación de termotanque V 2

8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

El proceso de operacionalización de variables, ha sido elaborado con la intención fundamental de obtener los resultados posibles a las variables de la investigación, permitiendo a las mismas medirse a través de varios indicadores, la operacionalización es un proceso que requirió de varias revisiones a medida que se profundizaba en el tema de cada variable a indagar.

ENVOLVENTE												
OPERACIONALIZACIÓN												
DIMENSIONES	INDICADORES		RESULTADOS ACTUALES		RESULTADOS C/ESTRATEGIAS	VALOR A CUMPLIR						
			ITEM	ESTADO ACTUAL	PROPUESTA	REDUCCION						
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	Reducción del valor U de los materiales de la envolvente	V1	PARED	7,67 w/m2k	2,30 w/m2k	-0,42						
			VENTANA	5,10 w/m2k	2,90 w/m2k	-2,20						
			CUBIERTA	3,10 w/m2k	0,35 w/m2k	-2,74						
		V2	PARED	7,67 w/m2k	2,20 w/m2k	-0,47						
			VENTANA	5,10 w/m2k	2,90 w/m2k	-2,20						
			CUBIERTA	5,10 w/m2k	0,35 w/m2k	-2,74						
		V3	PARED	7,67 w/m2k	2,20 w/m2k	0,42						
			VENTANA	5,10 w/m2k	2,90 w/m2k	-2,20						
			CUBIERTA	5,61 w/m2k	0,60 w/m2k	-5,11						
GANANCIAS SOLARES	Cumplimiento de los porcentajes de superficies acristaladas	V1	FACHADA	% ABERTURAS	% ABERTURAS	%						
			NORTE	30,38%	32,60%	40 - 60						
			SUR	27,52%	23,52%	30						
		V2	ESTE	18,52%	19,64%	< 35%						
			OESTE	7,04%	07,04%	< 35%						
			NORTE	0 %	40 %	40 - 60						
		V3	SUR	0 %	0 % (ADOSADA A LINDERO)	30						
			ESTE	52,22 %	40 %	< 35%						
			OESTE	25,81 %	42 %	< 35%						
		V3	NORTE	14,68%	21,05%	40 - 60						
			SUR	18,81%	29,79%	30						
			ESTE	0%	0 % (ADOSADA A LINDERO)	< 35%						
OESTE	0%	0%	< 35%									
DIMENSIONES	INDICADORES		RESULTADOS ACTUALES		RESULTADOS C/ESTRATEGIAS		VALOR A CUMPLIR					
			ÁREA	INVIERNO MIN-MAX	VERANO MIN-MAX	INVIERNO MIN-MAX	VERANO MIN-MAX	AUMENTO INV				
GANANCIAS SOLARES	Comportamiento Térmico	V1	COCINA	5,9°C	7,2°C	22,7°C	27,8°C	11,8°C	18,3°C	25,5°C	27,8°C	+5 a 8°C INV
			BAÑO VISITAS	10,5°C	11,5°C	28,7°C	31,0°C	13,6°C	16,5°C	25,1°C	27,4°C	+3 a 5°C INV
			SALA /COMEDOR	7,7°C	9,4°C	22,0°C	26,9°C	12,1°C	14,7°C	24,2°C	27,8°C	+4 a 6°C INV
			DORMITORIO	5,6°C	7,4°C	22,0°C	30,6°C	10,3°C	16,9°C	22,4°C	26,8°C	+4 a 9°C INV
			HALL TRASERO	4,5°C	6,2°C	22,1°C	25,6°C	9,8°C	10,5°C	21,6°C	25,7°C	+4 a 5°C INV
			DORM. SUIT	5,1°C	6,6°C	19,1°C	29,2°C	10,0°C	17,7°C	22,4°C	26,1°C	+4 a 11°C INV
			DORMITORIO 1	5,4°C	7,0°C	21,9°C	30,5°C	10,2°C	17,0°C	20,1°C	26,9°C	+5 a 10°C INV
			DORMITORIO 2	5,5°C	6,7°C	22,9°C	30,1°C	10,1°C	11,2°C	20,0°C	26,2°C	+4 a 9°C INV
			DORMITORIO 3	5,2°C	6,5°C	22,7°C	29,4°C	10,1°C	11,0°C	22,9°C	27,7°C	+4 a 5°C INV
			BAÑO COMP	12,4°C	12,8°C	29,9°C	29,3°C	14,0°C	16,2°C	20,7°C	30,8°C	+2 a 4°C INV
		V2	BAÑO MEDIO 2	11,1°C	11,7°C	29,8°C	29,0°C	16,1°C	17,3°C	28,7°C	29,7°C	+5 a 8°C INV
			BAÑO PRIV	7,2°C	8,2°C	23,9°C	29,7°C	11,5°C	12,2°C	23,2°C	23,7°C	+4 a 5°C INV
			COCINA	7,6°C	8,6°C	25,0°C	28,1°C	10,9°C	14,2°C	26,0°C	27,0°C	+5 a 8°C INV
			BAÑO VISITAS	6,3°C	7,1°C	23,6°C	25,5°C	11,3°C	14,3°C	25,5°C	28,7°C	+5 a 7°C INV
			LIVING	5,8°C	7,0°C	23,5°C	26,9°C	10,5°C	13,8°C	24,1°C	27,5°C	+5 a 6°C INV
			COMEDOR	5,8°C	7,0°C	23,5°C	26,9°C	9,6°C	13,6°C	24,4°C	27,8°C	+4 a 6°C INV
			ESTUDIO	6,1°C	7,8°C	23,5°C	27,8°C	8,1°C	14,1°C	23,3°C	27,8°C	+4 a 7°C INV
			ESTAR FAMILIAR	3,8°C	7,5°C	25,0°C	28,1°C	10,4°C	13,9°C	25,9°C	28,1°C	+4 a 8°C INV
			DORMIT. PPAL	6,7°C	8,6°C	23,6°C	25,5°C	11,7°C	14,1°C	25,3°C	27,9°C	+5 a 8°C INV
			DORMITORIO 2	4,0°C	7,4°C	23,5°C	26,9°C	9,1°C	13,2°C	22,5°C	28,1°C	+5 a 8°C INV
		V3	DORMITORIO 3	4,3°C	7,1°C	23,5°C	27,8°C	7,8°C	11,5°C	23,2°C	27,1°C	+3 a 6°C INV
			BAÑO COMPARTIDO	4,9°C	6,6°C	23,6°C	25,5°C	9,5°C	13,0°C	24,0°C	27,9°C	+5 a 7°C INV
			BAÑO PRIVADO	4,6°C	6,5°C	23,5°C	26,9°C	9,2°C	12,7°C	23,4°C	27,1°C	+5 a 8°C INV
			SALA-COCINA-COMEDOR	7,2°C	18,7°C	25,3°C	40,7°C	15,1°C	19,7°C	26,7°C	28,0°C	+1 a 8°C INV
			DORMITORIO 1	7,1°C	18,2°C	24,0°C	38,0°C	11,9°C	20,9°C	22,8°C	25,6°C	+3 a 5°C INV
			DORMITORIO 2	6,9°C	17,8°C	24,5°C	37,0°C	12,0°C	19,7°C	22,6°C	27,0°C	+5 a 6°C INV
			BAÑO	10,5°C	17,9°C	26,8°C	36,6°C	14,2°C	20,9°C	22,8°C	27,5°C	+3 a 4°C INV
			TENDA	6,1°C	17,3°C	23,0°C	39,3°C	12,2°C	19,5°C	20,8°C	26,0°C	+3 a 6°C INV

Tabla 51 Operacionalización de variable Envolvente

ENVOLVENTE								
OPERACIONALIZACIÓN								
DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADOS ACTUALES			RESULTADOS C/ESTRATEGIAS		VALOR A CUMPLIR	
GANANCIAS SOLARES	Demanda por calefacción y refrigeración	AREA	CALEFACCIÓN kwh/m2año	REFRIGERACIÓN N kwh/m2año	CALEFACCIÓN kwh/m2año	REFRIGERACIÓN kwh/m2año	REDUCCIÓN	
		V1	ENERO	46.690	2.024.175	445	368.873	
		FEBRERO	215.890	1.677.740	15.334	342.769		
		MARZO	329.697	1.771.727	35.005	290.000		
ABRIL	492.994	1.565.972	81.909	410.030				
MAYO	3.316.192	302.059	1.356.130	537				
JUNIO	4.762.747	56.897	2.214.866	0				
JULIO	4.922.302	100.685	2.290.364	0				
AGOSTO	3.563.920	1.055.929	1.444.403	19.819				
SEPTIEMBRE	1.149.116	1.636.144	390.063	214.997				
OCTUBRE	537.872	2.402.527	115.264	603.818				
NOVIEMBRE	305.340	2.162.694	48.612	372.548				
DICIEMBRE	345.851	2.720.386	55.264	840.873				
TOTAL	20.046.580	17.476.934	8.047.662	3.464.262	- 293.826			
TOTAL	kwh/m2año	345.194	51.368					
V2	ENERO	0	860.429	0	562.845			
FEBRERO	47.496	663.710	4.210	476.935				
MARZO	73.449	623.527	7.990	420.817				
ABRIL	168.607	611.762	40.045	531.372				
MAYO	1.760.547	4.724	803.561	12.500				
JUNIO	2.632.520	0	1.363.742	96				
JULIO	2.708.945	0	1.383.037	0				
AGOSTO	1.764.931	122.097	823.478	48.515				
SEPTIEMBRE	507.449	437.246	224.587	280.349				
OCTUBRE	159.762	1.037.843	48.734	761.116				
NOVIEMBRE	90.650	841.326	17.980	540.007				
DICIEMBRE	109.230	1.462.633	21.610	1.095.452				
TOTAL	10.003.668	6.667.286	4.736.973	4.730.004	- 70.428			
TOTAL	kwh/m2año	113.789	43.361					
V3	ENERO	0	3.952.540	798	1.652.263			
FEBRERO	58.510	3.126.886	39.115	1.302.784				
MARZO	74.841	3.161.456	57.347	1.294.668				
ABRIL	233.134	2.392.200	116.947	956.613				
MAYO	1.974.025	737.739	875.048	253.015				
JUNIO	2.900.452	172.052	1.287.526	28.709				
JULIO	2.964.102	441.546	1.320.851	97.144				
AGOSTO	2.159.258	2.283.083	954.642	848.339				
SEPTIEMBRE	569.107	2.874.734	266.643	1.155.143				
OCTUBRE	164.630	3.758.912	101.693	1.558.524				
NOVIEMBRE	88.816	3.852.548	63.813	1.608.547				
DICIEMBRE	142.996	4.133.043	80.550	1.757.176				
TOTAL	11.349.872	30.886.740	798	1.652.263	- 350.996			
TOTAL	kwh/m2año	603.650	252.654					

Tabla 52 Operacionalización de variable Envolvente

ILUMINANCION																											
OPERACIONALIZACIÓN																											
DIMENSIONES	INDICADORES		RESULTADOS ACTUALES		RESULTADOS C/ESTRATEGIAS		VALOR A CUMPLIR																				
ILUMINACIÓN NATURAL	Cuantificar niveles de iluminación por área LUX	Y	Cumplimiento de requerimientos mínimos de iluminación	AREA	INVIERNO LUX	VERANO LUX	INVIERNO LUX	VERANO LUX																			
				COCINA	68,65	68,65	350,63	246,09		200																	
				BAÑO VISITAS	0,00	0,00	200,08	203,78		100																	
Comprobar que zonas húmedas cuente con iluminación natural	V1	COCINA	169,75	169,78	224,24	209,31	150																				
			V2	DORMITORIO	186,19	195,71	350,63	241,28	200																		
					V3	HALL TRASERO	280,11	280,00	224,62	306,20	100																
							V1	DORM. SUIT	154,96	157,75	240,84	213,87	200														
									V2	DORMITORIO 1	179,00	193,09	229,38	277,56	200												
											V3	DORMITORIO 2	183,43	130,35	233,21	201,24	200										
													V1	DORMITORIO 3	154,96	113,06	215,22	257,03	200								
															V2	BAÑO COMP.	65,23	78,31	198,25	215,10	100						
																	V3	BAÑO MEDIO	135,16	147,13	280,69	208,01	100				
																			V1	BAÑO PRIVADO	87,16	78,31	232,22	212,35	100		
																					V2	COCINA	293,18	178,96	411,56	333,55	200
																							V3	BAÑO VISITAS	0,00	0,00	0,0
	V1	LIVING																							42,97	30,74	778,94
			V2	COMEDOR																					36,41	36,18	503,55
					V3	ESTUDIO																			0,90	0,90	820,85
							V1	ESTAR FAMILIAR																	46,66	46,46	280,27
									V2	DORM. PPAL															0,80	0,00	485,77
											V3	DORMITORIO 2													215,08	213,81	239,48
													V1	DORMITORIO 3											157,64	154,99	451,75
															V2	DISTRIBUIDOR									46,71	46,71	0,90
																	V3	BAÑO COMP.							0,00	0,00	119,93
																			V1	BAÑO PRIVADO					0,00	0,00	280,27
																					V2	SALA-COCINA-COMEDOR			24,72	18,94	382,25
																							V3	DORMITORIO 1	109,22	118,28	224,89
V1	DORMITORIO 2	47,72																							35,82	275,10	224,91
		V2	BAÑO	61,78																					70,72	164,45	190,76
				V3	TIENDA	42,97																			174,64	286,72	204,36
						V1	COCINA	CUENTA CON 68,65 – 68,65 LUX																	CUENTA CON 350,63 LUX I – 246,09 LUX V		200 LUX
								V2	BAÑO VISITAS	NO CUMPLE 0,00 LUX															CUENTA CON 200,08 LUX I – 246,09 LUX V		100 LUX
										V3	BAÑO COMPARTIDO	CUENTA CON 65,23 – 78,31 LUX													CUENTA CON 198,25 LUX I – 215,10 LUX V		100 LUX
												V1	BAÑO MEDIO	CUENTA CON 135,16 LUX – 147,13 LUX											CUENTA CON 280,69 LUX I – 208,01 LUX V		100 LUX
														V2	BAÑO PRIVADO	CUENTA CON 87,16 – 78,31 LUX									CUENTA CON 198,25 LUX I – 212,35 LUX V		100 LUX
																V3	COCINA	CUENTA CON 293,18LUX – 178,96 LUX							CUENTA CON 411,56 LUX - 333,55 LUX		200 LUX
																		V1	BAÑO VISITAS	NO CUMPLE 0,00 LUX					NO CUMPLE 0,00 LUX adosado a vecino no permite aberturas por norma		100 LUX
																				V2	BAÑO COMPARTIDO	NO CUMPLE 0,00 LUX			NO CUMPLE 0,90 LUX adosado a vecino no permite aberturas por norma		100 LUX
																						V3	BAÑO PRIVADO	NO CUMPLE 0,00 LUX		CUMPLE 119,93 I - 118,88 V	
V1	COCINA																							CUENTA CON 65,23 – 78,31 LUX		CUENTA CON 382,25 LUX I – 387,35 LUX V	
		V2	BAÑO																					CUENTA CON 65,23 – 78,31 LUX		CUENTA CON 164,45 LUX I – 204,36 LUX V	

Tabla 53 Operacionalización de variable Iluminación Natural

ILUMINACION OPERACIONALIZACIÓN											
DIMENSIONES	INDICADORES		RESULTADOS ACTUALES		RESULTADOS C/ESTRATEGIAS		VALOR A CUMPLIR				
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	Cumplimiento de uso de luminarias eficientes Mayor a 80lm/W de eficiencia luminosa	V1	TIPO DE LÁMPARA	TIPO DE LÁMPARA ACTUAL	TIPO DE LÁMPARA ESTRATEGIAS		Mayor a 80lm/W de eficiencia luminosa				
			Fluorescente compacta	EL 100% DE LAMPARAS EFICIENCIA LUMINOSA DE 58 Y 62 (lm/W)	-						
		LED	-	EFICIENCIA LUMINOSA DE 82 – 85 (lm/W)							
		V2	Fluorescente compacta	EL 90,91% DE LAMPARAS EFICIENCIA LUMINOSA DE 58 Y 62 (lm/W)	-						
			LED	-	EFICIENCIA LUMINOSA DE 82 – 85 (lm/W)						
		V3	Fluorescente compacta	EL 80% DE LAMPARAS EFICIENCIA LUMINOSA DE 58 Y 62 (lm/W)	-						
			LED	-	EFICIENCIA LUMINOSA DE 82 – 85 (lm/W)						
		ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	Cuantificar niveles de iluminación por área	V1	ÁREA	LUX		ENERGÍA ANUAL (Wh/año)	LUX	ENERGÍA ANUAL (Wh/año)	VALOR A CUMPLIR
					COCINA	263,10		93,440	295,15	37,960	200 LUX
	DEPOSITO				214,24	14,600	214,24	8,030	100 LUX		
	BAÑO VISITAS				214,24	7,300	214,24	4,015	100 LUX		
	ESTAR /COMEDOR				162,00	58,400	235,03	47,450	150 LUX		
	DORMITORIO				161,33	58,400	244,62	37,960	200 LUX		
	HALL				185,12	73,000	240,78	20,075	100 LUX		
	HALL TRASERO				170,32	36,500	240,14	23,725	100 LUX		
	DORMITORIO SUIT				166,87	93,440	196,84	37,960	200 LUX		
	DORMITORIO 1				161,78	93,440	208,82	37,960	200 LUX		
	DORMITORIO 2				164,02	93,440	229,21	37,960	200 LUX		
	DORMITORIO 3				158,81	93,440	207,46	37,960	200 LUX		
	CLOSET				179,33	14,600	224,46	8,030	100 LUX		
	DISTRIBUIDOR				198,02	73,000	213,39	20,075	100 LUX		
	BAÑO COMP				174,77	36,500	225,16	20,075	100 LUX		
	BAÑO PRIVADO				175,85	14,600	224,06	8,030	100 LUX		
	BAÑO VISITA				172,02	14,600	209,07	8,030	100 LUX		
	Reducción de Consumo Energía anual por Luminarias				V2	COCINA	207,63	93,440	330,56	37,960	200 LUX
			BAÑO VISITAS	204,38		73,000	322,03	40,150	100 LUX		
			LIVING	247,78		73,000	339,29	47,450	150 LUX		
COMEDOR			264,01	73,000		380,30	47,450	150 LUX			
ESTUDIO			217,77	58,400		227,76	32,120	150 LUX			
ESTAR FAMILIAR			207,28	47,450		354,52	36,500	100 LUX			
DORMT. PPAL			207,63	32,120		335,03	37,960	100 LUX			
DORMITORIO 2			217,77	58,400		321,14	37,960	200 LUX			
DORMITORIO 3			247,73	58,400		327,58	37,960	200 LUX			
V3	DISTRIBUIDOR		207,72	58,400	423,71	32,120	100 LUX				
	BAÑO COMP	204,38	73,000	307,10	40,150	100 LUX					
	BAÑO PRIVADO	242,89	73,000	331,97	40,150	100 LUX					
	SALA-COCINA-COMEDOR	146,05	29,200	224,41	47,450	150 LUX					
DORMITORIO 1	154,93	36,500	239,20	20,075	200 LUX						
DORMITORIO 2	151,23	58,400	214,37	37,960	200 LUX						
BAÑO	148,86	58,400	218,46	37,960	100 LUX						
TIENDA	146,17	36,500	216,66	23,725	100 LUX						

Tabla 54 Operacionalización de variable Iluminación Artificial

AGUA CALIENTE SANITARIA							
OPERACIONALIZACIÓN							
DIMENSIONES	INDICADORES		RESULTADOS ACTUALES	RESULTADOS C/ESTRATEGIAS	VALOR A CUMPLIR		
EFICIENCIA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ACS	Limite de metraje respecto a la tubería más desfavorable de ACS al calentador de agua	V1	Metraje	Metraje P/BAJA 3,42m P/ALTA 11,96m	----	≤ 15m	
			Aislamiento Térmico en tuberías	NO CUENTA	11,96m de aislante térmico en tubería desfavorable		
		V2	Metraje	NO CUENTA	Metraje P/BAJA 8,89m P/ALTA 16,2m	≤ 15m	
			Aislamiento Térmico en tuberías	NO CUENTA	16,2m de aislante térmico en tubería desfavorable		
		V3	Metraje	NO CUENTA	No se entrega propuesta por el cliente y el poco uso que le da al ACS	—	
			Aislamiento Térmico en tuberías	NO CUENTA			
	Verificación de Guía Boliviana de construcción de edificaciones Artículo 186 - (COLOCACIÓN DE CALENTADORES DE GAS).	V1	ÁREA		ACTUAL	CON ESTRATEGIAS	REQUERIMIENTO
			Instalación en lugares interiores:		----	----	Prohibido ponerlo en el baño
			Instalación en lugares exteriores:		CUMPLE	----	El volumen mínimo de espacio interior debe ser de 8 m ³ .
		V2	Instalación en lugares interiores:		NO hay ACS a Gas	----	Garantizar que el espacio designado esté protegido de riesgos climáticos
			Instalación en lugares exteriores:		NO hay ACS a Gas	Dispuesto en galería, protegido	Distancia mínima entre el la estufa y las paredes de 50 mm
			Instalación en lugares interiores:		NO hay ACS a Gas	----	Prohibido ponerlo en el baño
V3	Instalación en lugares interiores:		NO hay ACS a Gas	----	El volumen mínimo de espacio interior debe ser de 8 m ³ .		
	Instalación en lugares exteriores:		NO hay ACS a Gas	CUMPLE	Garantizar que el espacio designado esté protegido de riesgos climáticos		
	Instalación en lugares interiores:		NO hay ACS a Gas	----	Distancia mínima entre el la estufa y las paredes de 50 mm		
EFICIENCIA DE EQUIPOS DE ACS	Eficiencia térmica del calefón y termotanque	V1	Eficiencia térmica	SIN DATO	----		
			Etiquetado Clase A	SIN DATO	----		
		V2	Eficiencia térmica	NO CUENTA	CUMPLE		
			Etiquetado Clase A	NO CUENTA	CUMPLE		
V3	----	----	----	----			

Tabla 55 Operacionalización de variable ACS

9. INTERPRETACIÓN, VALIDÉZ Y CONFIABILIDAD DE DATOS OBTENIDOS

Como último paso de la investigación, verificaremos la efectividad de las estrategias a través de comparación de los resultados obtenidos en el estado actual y posterior a la aplicación de las mismas a la vivienda caso de estudio, los cuales mostrarán las mejoras ocurridas en cada una de las variables, validando de esta manera los resultados obtenidos

9.1.ENVOLVENTE

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA						
VIVIENDA	ITEM	ESTADO ACTUAL VALOR U	PROPUESTA VALOR U	DIFERENCIA	RESULTADO	
V1 – V2	PARED	2,62 w/m2k	2,20 w/m2k	0,42 w/m2k	MEJORA	
	VENTANA	5,10 w/m2k	2,90 w/m2k	2,20w/m2k	MEJORA	
	CUBIERTA	3,10 w/m2k	0,36 w/m2k	2,74w/m2k	MEJORA	
V3	CUBIERTA	5,61 w/m2k	0,50 w/m2k	5,11w/m2k	MEJORA	
SUPERFICIE ABERTURAS PORCENTAJES						
VIVIENDA	FACHADA	ESTADO ACTUAL	PROPUESTA		RESULTADO	
V1	NORTE	0 %	40 %		MEJORA	
	SUR	0 %	0 %		NO VARIA	
	ESTE	32,22 %	40 %		MEJORA	
	OESTE	35,81 %	42%		MEJORA	
V2	NORTE	0 %	40 %		MEJORA	
	SUR	0 %	0 % (ADOSADA)		NO VARIA	
	ESTE	32,22 %	40 %		MEJORA	
	OESTE	35,81 %	42 %		MEJORA	
V3	NORTE	14,48%	21,03%		MEJORA	
	SUR	18,81%	29,79%		MEJORA	
	ESTE	0%	0 % (ADOSADA)		NO VARIA	
	OESTE	0%	0%		NO VARIA	
DEMANDA ENERGÉTICA						
VIVIENDA	DEMANDA	ESTADO ACTUAL	PROPUESTA	DIFERENCIA	RESULTADO	
V1	DEMANDA ENERGÉTICA	345.194 Kwh/m2año	51.368 Kwh/m2año	293,826 Kwh/m2año	MEJORA	
V2	DEMANDA ENERGÉTICA	113.789 Kwh/m2año	43.361 Kwh/m2año	70,428 Kwh/m2año	MEJORA	
V3	DEMANDA ENERGÉTICA	603.650 Kwh/m2año	252.654 Kwh/m2año	350,996 Kwh/m2año	MEJORA	
COMPORTAMIENTO TÉRMICO						
VIVIENDA	TEMP	ESTADO ACTUAL		PROPUESTA		RESULTADO
		INVIERNO	VERANO	INVIERNO	VERANO	
V1	TEMPERATURA PROMEDIO	4,7°C	21,9°C	8,6°C	22,8°C	MEJORA
V2	TEMPERATURA PROMEDIO	4,7°C	21,9°C	8,1°C	21,9°C	MEJORA
V3	TEMPERATURA PROMEDIO	4,1°C	22,7°C	8,3°C	21,9°C	MEJORA

Tabla 56 Comparación de resultados Variable

Las mejoras en conductividad térmica (valor u) se puede evidenciar que se produjeron en paredes, ventanas y cubierta reflejan la mejora y menor pérdida de calor en la envolventes de la vivienda. Como consecuencia de haber aumentado las superficies de aberturas a las aconsejadas en las fachadas, sobretodo norte, el valor de la ganancia solar dentro de las viviendas experimentaron un aumento que se ve reflejado en la demanda energética al ayudar que ingrese más sol, como también se refleja en la variante de iluminación natural. El comportamiento térmico en lo que es invierno se ve reflejado con un aumento de casi el doble a las temperaturas actuales, estas aun así no llegan a un nivel de confort térmico por sí mismo, pero se ve una mejora que

repercute directamente con la demanda energética que se requiere para calentar cada ambiente haciendo una disminución en los kwh/m² año significativa en cada vivienda, por lo que se valida una mejora notable en las mismas. De 86 indicadores tabulados el 96.51% nos garantiza mejoras en las viviendas.

9.2.ILUMINACION

ILUMINACIÓN NATURAL								
ÁREA	ESTADO ACTUAL		PROPUESTA		DIFERENCIA		RESULTADO	
	INVIERNO LUX	VERANO LUX	INVIERNO LUX	VERANO LUX	INVIERNO LUX	VERANO LUX		
V1 PLANTA BAJA	COCINA	68,65	68,65	350,63	246,09	281,98	177,44	MEJORA
	BAÑO VISITAS	0,00	0,00	200,08	203,78	200,08	203,78	MEJORA
	SALA /COMEDOR	169,75	169,78	224,24	209,31	54,49	39,53	MEJORA
	DORMITORIO	186,19	195,71	350,63	241,28	164,44	45,57	MEJORA
	HALL TRASERO	280,11	280,00	224,62	306,20	-55,49	26,2	MEJORA
	DORM. SUIT	154,96	157,75	240,84	213,87	85,88	56,12	MEJORA
	DORMITORIO 1	179,00	193,09	229,38	277,56	50,38	84,47	MEJORA
	DORMITORIO 2	183,43	130,35	233,21	201,24	49,78	70,89	MEJORA
	DORMITORIO 3	154,96	113,06	215,22	257,03	60,26	143,97	MEJORA
	BAÑO COMP.	65,23	78,31	198,25	215,10	133,02	136,79	MEJORA
	BAÑO MEDIO	135,16	147,13	280,69	208,01	145,53	60,88	MEJORA
	BAÑO PRIVADO	87,16	78,31	232,22	212,35	145,06	134,04	MEJORA
	COCINA	293,18	178,96	411,56	333,55	118,38	154,59	MEJORA
	V2	BAÑO VISITAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LIVING		42,97	30,74	778,94	464,55	735,97	433,81	MEJORA
COMEDOR		36,41	36,18	503,55	476,80	467,14	440,62	MEJORA
ESTUDIO		0,90	0,90	820,85	205,30	819,95	204,4	MEJORA
ESTAR FAMILIAR		46,66	46,46	281,27	153,12	234,61	106,66	MEJORA
DORMITORIO PPAL		0,80	0,00	485,77	209,39	484,97	209,39	MEJORA
DORMITORIO 2		215,08	213,81	239,48	218,26	24,4	4,45	MEJORA
DORMITORIO 3		157,64	154,99	451,75	241,29	294,11	86,3	MEJORA
DISTRIBUIDOR		46,71	46,71	118,60	49,12	71,89	2,41	LEVE MEJORA
BAÑO COMPARTIDO		0,00	0,00	0,90	0,90	0,90	0,90	LEVE MEJORA
BAÑO PRIVADO		0,00	0,00	119,93	118,88	119,93	118,88	MEJORA
V3	SALA-COCINA-COMEDOR	24,72	18,94	382,25	387,35	357,53	368,41	MEJORA
	DORMITORIO 1	109,22	118,28	224,89	233,94	115,67	124,72	MEJORA
	DORMITORIO 2	47,72	35,82	275,10	224,91	227,38	189,09	MEJORA
	BAÑO	61,78	70,72	164,45	190,76	102,67	120,04	MEJORA
	TIENDA	42,97	174,64	286,72	204,36	243,75	29,72	MEJORA

Tabla 57 Comparación de resultados Variable Iluminación

Posterior a la aplicación de las estrategias a la vivienda se produce una mejora en iluminación natural de 29 indicadores tabulados en iluminación natural, un 89.65% garantizan mejoras, haciendo llegar a cada espacio a su LUX mínimo requerido. De 11 indicadores de ambientes húmedos el 81.80% se garantiza el lux mínimo.

ILUMINACIÓN NATURAL						
INDICADORES	ESTADO ACTUAL		PROPUESTA	VALOR A CUMPLIR	RESULTADO	
	AREA	INVIERNO VERANO	INVIERNO VERANO			
V1	COCINA	CUENTA CON 68,65 – 68,65 LUX	350,63 LUX I – 246,09 LUX V	CUENTA CON	200 LUX	MEJORA
	BAÑO VISITAS	NO CUMPLE 0,00 LUX	200,08 LUX I – 246,09 LUX V	CUENTA CON	100 LUX	MEJORA
	BAÑO COMPARTIDO	CUENTA CON 65,23 – 78,31 LUX	198,25 LUX I – 215,10 LUX V	CUENTA CON	100 LUX	MEJORA
	BAÑO MEDIO	135,16 LUX – 147,13 LUX	280,69 LUX I – 208,01 LUX V	CUENTA CON	100 LUX	MEJORA
	BAÑO PRIVADO	CUENTA CON 87,16 – 78,31 LUX	198,25 LUX I – 212,35 LUX V	CUENTA CON	100 LUX	MEJORA
V2	COCINA	CUENTA CON 293,18 LUX – 178,96 LUX	411,56 LUX I – 333,55 LUX	CUENTA CON	200 LUX	MEJORA
	BAÑO VISITAS	NO CUMPLE 0,00 LUX	NO CUMPLE 0,00 LUX	NO CUMPLE 0,00 LUX	100 LUX	NO VARIA
	BAÑO COMPARTIDO	NO CUMPLE 0,00 LUX	NO CUMPLE 0,90 LUX	NO CUMPLE 0,90 LUX	100 LUX	NO VARIA
	BAÑO PRIVADO	NO CUMPLE 0,00 LUX	CUMPLE 119,93 I - 118,88 V	CUMPLE 119,93 I - 118,88 V	100 LUX	MEJORA
V3	COCINA	CUENTA CON 65,23 – 78,31 LUX	382,25 LUX I – 387,35 LUX V	CUENTA CON	200 LUX	MEJORA
	BAÑO	CUENTA CON 65,23 – 78,31 LUX	164,45 LUX I – 204,36 LUX V	CUENTA CON	100 LUX	MEJORA

Tabla 58 Comparación de resultados Variable Iluminación Natural2.

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL (CONSUMO)					
VIVIENDA	ESTADO ACTUAL		PROPUESTA	DIFERENCIA	RESULTADO
	ENERGÍA (Wh/año)		ENERGÍA (Wh/año)	(Wh/d)	
V1	868,700		395,295	152	MEJORA
V2	687,660		468,790	90	MEJORA
V3	219,000		167,170	70	MEJORA

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL (EFICIENCIA LUMINOSA)						
VIV	ESTADO ACTUAL			PROPUESTA	RESULTADO	
	EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)			EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)		
V1	10AMB – 58	6AMB – 62		8AMB – 82	8AMB – 85	MEJORA
V2	9AMB – 58	1AMB – 62	1AMB – 80	5AMB – 82	6AMB – 85	MEJORA
V3	4AMB – 58	1AMB – 80		1AMB – 82	4AMB – 85	MEJORA

Tabla 59 Comparación de resultados Variable Iluminación artificial1.

La iluminación artificial de las viviendas, tiene una mejora significativa, ya que al cambiar el sistema de luminarias fluorescente a un sistema LED es que el 100% de éstas garantiza una eficiencia luminosa mayor a 80 lmW/h, se da un 34% de ahorro mayor a las actuales y tiene una vida útil mayor, como consecuencia es que se puede evidenciar de igual forma que se da un ahorro en el consumo de Wh/año en cada vivienda, reduciendo significativamente el consumo de energía y gasto económico.

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL (LUX)					
PLANTA BAJA	ESTADO ACTUAL LUX	PROPUESTA LUX	DIFERENCIA LUX	RESULTADO	
V1	COCINA	263,10	295,15	32,05	MEJORA
	DEPOSITO	214,24	214,24	-	NO VARIA
	BAÑO VISITAS	214,24	214,24	-	NO VARIA
	ESTAR /COMEDOR	162,00	235,03	73,03	MEJORA
	DORMITORIO	161,33	244,62	83,29	MEJORA
	HALL	185,12	240,78	55,66	MEJORA
	HALL TRASERO	170,32	240,14	69,82	MEJORA
	DORMITORIO SUIT	166,87	196,84	29,97	LEVE MEJORA
	DORMITORIO 1	161,78	208,82	47,04	MEJORA
	DORMITORIO 2	164,02	229,21	65,19	MEJORA
	DORMITORIO 3	158,81	207,46	48,65	MEJORA
	CLOSET	179,33	224,46	45,13	MEJORA
	DISTRIBUIDOR	198,02	213,39	15,37	LEVE MEJORA
	BAÑO COMP	174,77	225,16	50,39	MEJORA
	BAÑO PRIVADO	175,85	224,06	48,21	MEJORA
	BAÑO VISITA	172,02	209,07	37,05	MEJORA
	V2	COCINA	207,63	330,56	122,93
BAÑO VISITAS		204,38	322,03	117,65	MEJORA
LIVING		247,78	339,29	91,51	MEJORA
COMEDOR		264,01	380,30	116,29	MEJORA
ESTUDIO		217,77	227,76	9,99	LEVE MEJORA
ESTAR FAMILIAR		207,28	354,52	147,24	MEJORA
DORMITORIO PPAL		207,63	335,03	127,4	MEJORA
DORMITORIO 2		217,77	321,14	103,37	MEJORA
DORMITORIO 3		247,73	327,58	79,85	MEJORA
DISTRIBUIDOR		207,72	423,71	215,99	MEJORA
V3	BAÑO COMPARTIDO	204,38	307,10	102,72	MEJORA
	BAÑO PRIVADO	242,89	331,97	89,08	MEJORA
	SALA-COCINA-COMEDOR	146,05	224,41	78,36	MEJORA
	DORMITORIO 1	154,93	239,20	84,27	MEJORA
	DORMITORIO 2	151,23	214,37	63,14	MEJORA
	BAÑO	148,86	218,46	69,60	MEJORA
	TIENDA	146,17	216,66	70,49	MEJORA

Tabla 60 Comparación de resultados Variable Iluminación artificial1.

De igual manera aumenta su LUX de cada ambiente, de 32 indicadores que fueron tabulados el 93.75% hay mejora, el 9.37% presenta una leve mejora y el 6.25% no varía, lo que significa que los focos Led alumbran más y a un menor consumo de energía.

9.3.AGUA CALIENTE SANITARIA

AGUA CALIENTE SANITARIA (EFICIENCIA EN DISEÑO - METRAJE)				
VIV	INDICADOR	ESTADO ACTUAL	PROPUESTA	RESULTADO
V1	SISTEMA DE ACS	Termotanque a Gas	NO HAY	NO VARIA
	Metraje	P/BAJA 3,42m P/ALTA 11,96m	NO HAY	NO VARIA
	Aislamiento Térmico en tuberías	NO HAY	11,96m de aislante térmico en tubería desfavorable	MEJORA
V2	SISTEMA DE ACS	ACS Eléctrico	Termotanque a Gas	MEJORA
	Metraje	No hay ACS a Gas/ no hay metraje medible	P/BAJA 8,89m P/ALTA 17,99m	MEJORA
	Aislamiento Térmico en tuberías	NO HAY	16,2m de aislante térmico en tubería desfavorable	MEJORA
V3	----	-----	-----	NO VARIA
AGUA CALIENTE SANITARIA (EFICIENCIA EN DISEÑO – ART 186)				
VIV	INDICADOR	ESTADO ACTUAL	PROPUESTA	RESULTADO
V1	GARANTIZAR QUE EL ESPACIO DESIGNADO ESTÉ PROTEGIDO DE RIESGOS CLIMÁTICOS	CUMPLE	-----	NO VARIA
	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE EL TERMOTANQUE Y LA PARED DE 50mm	CUMPLE	-----	NO VARIA
V2	GARANTIZAR QUE EL ESPACIO DESIGNADO ESTÉ PROTEGIDO DE RIESGOS CLIMÁTICOS	No hay ACS a Gas	Dispuesto en galería, protegido	MEJORA
	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE EL TERMOTANQUE Y LA PARED DE 50mm	No hay ACS a Gas	Cumple requerimiento	MEJORA
V3	----	-----	-----	NO VARIA
AGUA CALIENTE SANITARIA (EFICIENCIA EN EL EQUIPO)				
VIV	INDICADOR	ESTADO ACTUAL	PROPUESTA	RESULTADO
V1	Eficiencia térmica	SIN DATO	-----	NO VARIA
	Etiquetado Clase A	SIN DATO	-----	NO VARIA
V2	Eficiencia térmica	NO CUENTA	CUMPLE	MEJORA
	Etiquetado Clase A	NO CUENTA	CUMPLE	MEJORA
V3	-----	-----	-----	NO VARIA

Tabla 61 Comparación de resultados Variable Agua Caliente Sanitaria

En cuanto a la variable de ACS se puede ver que al no ser una variable aplicada en profundidad se puede valorar lo siguiente, se puede observar que en la V1 se hace la mejora en lo que es el indicador de aislamiento térmico, pues la vivienda ya cuenta con termotanque a gas y cumplen los requerimientos mínimos de metraje y de verificación del Artículo 186.- (COLOCACIÓN DE CALENTADORES DE GAS) de la Guía

Boliviana de construcción, en la V2 se propone termotanque cumpliendo el artículo 186 y la V3 no hay variación alguna al no ser parte de la propuesta ningún sistema de ACS manteniendo la eléctrica, por gusto del cliente.

En lo que respecta a eficiencia de los equipos en la V1 no se pudo verificar la eficiencia térmica ni la clase A, por la antigüedad del mismo y no tener los datos en el equipo, en V2 se garantiza el equipo con verificación de eficiencia y es un equipo de clase A, que fue instalado ya para junio del 2022, garantizando la mejora de estos indicadores y V3 no varía. De 21 indicadores analizadas y tabuladas el 57.14% garantiza una mejora y el 42.85% no varía.

10. RESULTADOS OBTENIDOS

Al cuantificar el % total de mejora de las variables trabajadas, llegamos al resultado de un 88.41% de efectividad, verificando así que si se logró un alto porcentaje de mejora energética en la rehabilitación energética de las muestras trabajadas utilizando las estrategias bioclimáticas mediante el soporte de software y los equipos utilizados.

RESULTADOS OBTENIDOS			
VARIABLE	INDICADORES TRABAJADOS	NO DE INDICADORES	% DE MEJORA
ENVOLVENTE	Conductividad térmica, sup de aberturas, demanda energética, comportamiento térmico	86	96,51%
	Requerimiento de LUX mínimo por ambiente	29	89,65%
ILUMINACION NAT	Zonas húmedas	11	81,80%
	Requerimiento de LUX mínimo por ambiente	33	93,75%
ILUMINACION ART	Eficiencia luminosa	33	100 %
	Consumo	33	100 %
ACS	Eficiencia en el diseño y eficiencia en el equipo	21	57,14%
TOTAL		246	88,41%

Tabla 62 Resultados obtenidos

11. VERIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN DE OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVO GENERAL.	Investigar la eficiencia energética mediante la recopilación de datos técnicos de viviendas de estudio emplazadas dentro del distrito 11, datos que serán introducidos en el software Ecotect para su análisis y estudio de comportamiento energético en su condición actual, para posteriormente realizar la optimización de dichas viviendas aplicando estrategias bioclimáticas, logrando así un mayor confort ambiental	✓
OBJETIVOS ESPECIFICOS.	Recopilar información mediante levantamiento de datos técnicos en una muestra de viviendas del distrito 11 de la ciudad.	✓
	Introducir datos técnicos al software Ecotect, para conseguir así simulaciones del comportamiento energético actual de las viviendas del caso de estudio.	✓
	Analizar e identificar falencias existentes en el comportamiento energético actual de viviendas del caso de estudio	✓
	Seleccionar y aplicar las estrategias bioclimáticas de eficiencia energética a las viviendas del caso de estudio.	✓
	Validar los resultados de la utilización de las estrategias de eficiencia energética empleadas en las viviendas del caso de estudio, mediante el software Ecotect.	✓

Tabla 63 Comprobación de objetivos

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. CONCLUSIONES

- ❖ Dentro del análisis realizado se pudo observar la importancia de las estrategias sobre la variable de envolvente, pues al actuar como la piel de la vivienda es que se puede mejorar las condiciones climáticas al interior de la casa, esta se protege de las condiciones ambientales externas, lo que significa la reducción de la demanda eléctrica con una efectividad de 96.51%.
- ❖ Se pudo constatar en el proceso de reformas de las muestras de estudio, que al aplicar estrategias de rehabilitación en indicador de confort térmico, no nos asegura que el interior de las viviendas tenga un adecuado confort térmico, si se llega a duplicar los valores actuales, mas no llegan a cifras de confort, es por eso que necesariamente debe ir acompañado de un diseño pensado estratégicamente desde su inicio del diseño.
- ❖ La aplicación de las estrategias de iluminación usadas produce una mejora en iluminación natural de un 89.65% garantizan mejoras, haciendo llegar a cada espacio a su LUX mínimo requerido.
- ❖ En cuanto a la iluminación artificial, al cambiar el sistema de luminarias fluorescente a un sistema LED es que el 100% de éstas garantiza una eficiencia

luminosa mayor a 80 lmW/que es la aconsejada y se da un 34% de ahorro Wh/año en el consumo y por consecuencia reduce el gasto económico de las viviendas. De igual manera aumenta su LUX de cada ambiente de un 93.75%.

- ❖ La variable de ACS al no ser una variable aplicada en profundidad solo se pudo su eficiencia en el diseño y equipos, la V1 ya cuenta con termotanque a gas y cumplen los requerimientos mínimos de metraje y de verificación del Artículo 186, no se pudo verificar la eficiencia térmica ni la clase A, por la antigüedad del mismo y no tener los datos en el equipo ni sus etiquetas, la V2 se propone termotanque cumpliendo con los requerimientos trabajados y que el usuario finalmente si pudo instalar y la V3 no hay variación alguna al no ser parte de la propuesta ningún sistema de ACS manteniendo la eléctrica, por gusto del cliente.
- ❖ Durante la investigación y el estudio del comportamiento de la vivienda es que de igual manera se llega a demostrar que el uso del software Ecotect como herramienta de apoyo innovadora de diseño, llega a ser de gran utilidad, pues el mismo ayuda a identificar las áreas donde se presentan problemáticas de iluminación, confort térmico, demanda energética, entre otros, comprobando que es una herramienta muy útil para la profesión.
- ❖ Finalmente tomando en cuenta que la investigación se trabajó sobre muestras ya existentes, se considera como una rehabilitación energética que en su totalidad de intervención se logró un 88.41% de efectividad, es así que se puede concluir que se llegó a una gran mejora, sin embargo, debemos considerar que el método de diseño planteado, mediante las estrategias, está principalmente orientada al diseño de nuevos proyectos, ya que la aplicación de estrategias a partir de la fase de diseño y construcción de la vivienda permitirá cambios aún más altos a diferencia un proyecto de rehabilitación.

12.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Es necesario saber que una edificación altamente sustentable se puede llevar a cabo sin altos costos adicionales. A través de las acciones simples reflejadas en las estrategias, es necesario saber que una edificación sostenible debe diseñarse de manera “integral” y no solo el enfoque de “adición”. Por lo tanto el modelo de sostenibilidad correcto a seguir en la construcción debe ser incrementativo, esto significa agotar las acciones de diseño pasivo y cuando esto haya ocurrido, continuar con otras acciones adicionales, como sistemas de domótica, placas solares, colectores solares, etc.
- ❖ También se recomienda hacer un análisis de las especificaciones técnicas de los materiales utilizados localmente para que la simulación del desempeño térmico de la vivienda se acerque más a la realidad.
- ❖ Hay que recordar que el análisis de infiltración de aire es aconsejable en este tipo de proyectos, este indicador no fue posible realizarlo debido a la falta de equipos de monitoreo, pero es un indicador a tomar en cuenta ya que su omisión en caso de dar valores muy altos puede resultar en pérdida de calor, que se convertiría en un problema en climas fríos, entonces todas las ganancias que se ganan con las ventanas con el vidrio doble proporciona una conductividad térmica de alta calidad, la cual se perdería si hay una fuga por culpa de la carpintería
- ❖ También se recomienda al proyectista empezar a apoyar el uso de otros programas no usuales en el diseño, utilizando estos programas de simulación, pues nos da una visión general con datos cuantificables del comportamiento térmico de la vivienda a proyectar previa a construcción.