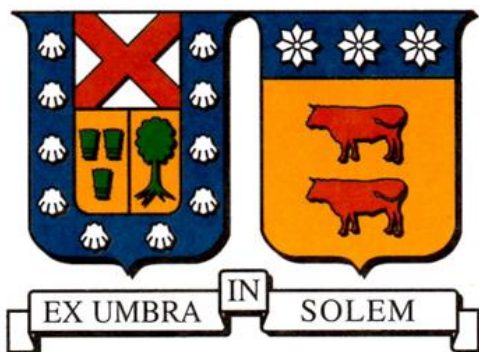




UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA
CONCEPCION

**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA INCORPORACIÓN DE
MURO TROMBE PARA OPTIMIZAR EL ACONDICIONAMIENTO
AMBIENTAL DE UNA VIVIENDA SOCIAL UBICADA EN LA CIUDAD
DE CORONEL**

ALEJANDRO NUÑEZ GONZALEZ

2022

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION
“REY BALDUINO DE BELGICA”

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA INCORPORACIÓN DE MURO
TROMBE PARA OPTIMIZAR EL ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL DE
UNA VIVIENDA SOCIAL UBICADA EN LA CIUDAD DE CORONEL

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN CONSTRUCCIÓN

Alumno: Alejandro Núñez González
Profesor guía: Sergio Hernández

2022

Índice

INTRODUCCION.....	4
PROBLEMÁTICA	5
JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	6
OBJETIVOS.....	7
OBJETIVO GENERAL:	7
OBJETIVOS ESPECIFICOS:	7
MARCO TEORICO	8
MURO TROMBE:	8
VIVIENDA SOCIAL:	9
CONFORT TERMICO:	10
MARCO NORMATIVO:	11
DECRETO 49:.....	11
Artículo 44. Materialidad Constructiva	15
Artículo 45. De las Viviendas Tipo	16
METODOLOGIA.....	17
CAPITULO 1:	18
ESTUDIO BIOCLIMATICO DE LA VIVIENDA SOCIAL, UBICADA EN ALCALDE IGNACIO OÑATE 1311, CORONEL, REGIÓN DEL BIO-BIO.....	18
TEMPERATURA EN CORONEL:	20
VIENTO EN CORONEL:	21
ESTUDIO DE ASOLEAMIENTO EN LA VIVIENDA:	23
SOLSTICIO DE VERANO.....	23
EQUINOCCIO DE OTOÑO:	27
SOLSTICIO DE INVIERNO	30
ESTUDIO DE PENETRACION SOLAR EN LA VIVIENDA:.....	33
CAPITULO 2:	35
PROPUESTA CONSTRUCTIVA PARA LA INCORPORACION DEL MURO TROMBE EN LA VIVIENDA	35
¿QUE SON LOS MUROS TROMBE?	37
FUNCIONAMIENTO EN INVIERNO	38
FUNCIONAMIENTO EN VERANO	39
VENTAJAS	40
DESVENTAJAS	40
PROPUESTA DE MURO TROMBE	41
CAPITULO 3:	49
ANALISIS ECONOMICO CONSTRUCTIVO A LA INCORPORACION DE MUROS TROMBE EN COMPARACION A LOS MUROS ACTUALES DE LA VIVIENDA.....	49
PRESUPUESTO MURO TROMBE	50
PRESUPUESTO MURO ORIGINAL	51
CONCLUSIÓN	52
BIBLIOGRAFIA	53
LINKCOGRAFIA	53

INTRODUCCION

La calefacción al interior de las viviendas es esencial para poder sentirnos mejor tanto en un bienestar físico como psicológico debido al confort térmico que nos provee, en la actualidad las viviendas sociales no cumplen con el confort térmico debido al interior de estas debido a su mala calidad.

Para ayudar a satisfacer esta necesidad existen muchas alternativas altamente contaminantes por la emisión de gases que generan, pero también existen alternativas que son amigables con el medio ambiente como lo es el muro trombe.

Lo principal de este muro es la captación de los rayos del sol para atraparlos en una cámara la cual calefaccionara nuestra vivienda.

Este sistema estará explicado a través de información relevante, como también los factores que afectaran a nuestro muro, el coste de instalación y una comparación técnico-económica con el muro original de la vivienda ubicada en Alcalde Ignacio Oñate 1311, Coronel, región del Bio-bio.

PROBLEMATICA

Según estudios realizados en la comuna de San Pedro de la Paz por el Centro de Desarrollo Sustentable de la Universidad de Concepción, CEDEUS 16 viviendas sociales registraban temperaturas menores al interior de la vivienda que en el antejardín, estas viviendas reciben la luz del sol, pero no aprovechan la calefacción pasiva por el método de construcción empleado en las viviendas.

Esta problemática no solo sucede en la comuna de San Pedro de la Paz, sino que es un problema recurrente en las viviendas sociales de la región del Bio-Bio y en todo Chile

Las exigencias normativas para la construcción de viviendas sociales hasta el año 2007 eran mínimas, por ende, existe una gran cantidad de viviendas sociales construidas hasta ese año, las que deben de ser acondicionadas de acuerdo con los actuales estándares.

A demás de la mala calidad de las viviendas, el coste monetario que implica calefaccionar una casa hace que las personas destinen una parte importante de sus ingresos en la compra de insumos para calefaccionar el hogar.

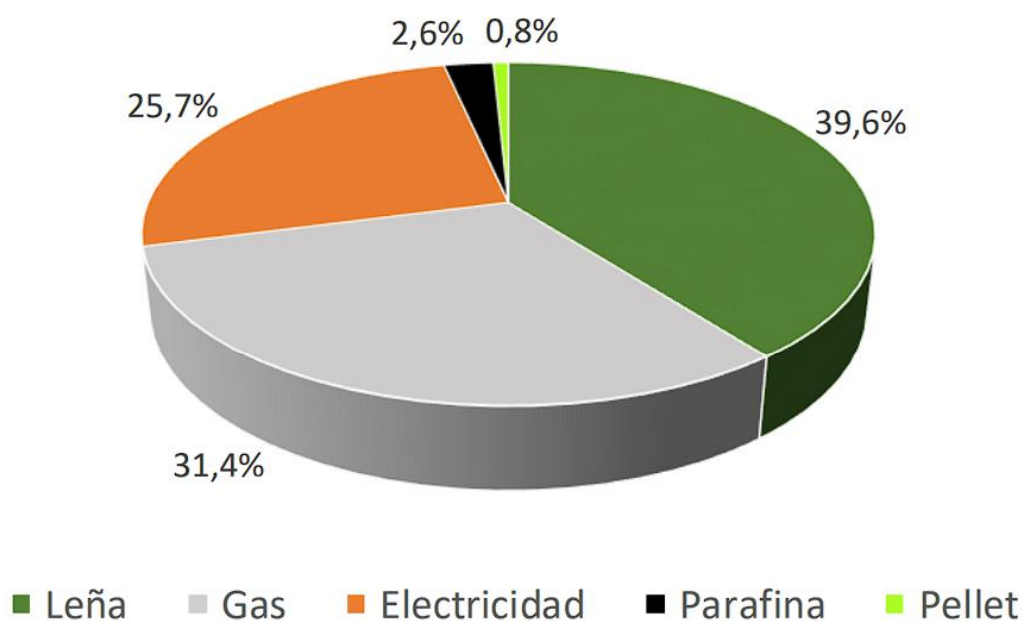
El uso de leña como combustible para calefaccionar los hogares genera una mala calidad del aire dentro de la vivienda debido al material particulado y gases contaminantes, esta contaminación genera enfermedades respiratorias que acompañadas con las malas condiciones térmicas pueden implicar un problema mayor a la salud de las personas que habitan los hogares.

JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Con un cambio de metodología a la hora de construir en las viviendas sociales, específicamente con la construcción de muros trombe, se puede lograr un mayor aprovechamiento de la luz solar y con esto obtener un mejor acondicionamiento ambiental al interior de la vivienda.

Los muros trombe al ser económicos y fáciles de construir son un gran candidato para poder mejorar las condiciones térmicas de las viviendas sociales, no solo como solución a las casas ya construidas si no como un cambio a la hora de construir las viviendas sociales, incluyendo este tipo de muro en su planificación inicial al momento de construir.

Estos muros además son amigables con el medio ambiente ya que utilizan la radiación del sol para poder mejorar el acondicionamiento en el interior de la vivienda, lo que los vuelve una solución de bajo impacto ambiental, a diferencia de otros como la leña y el kerosene o parafina que sería la solución mas usada por las personas según las cifras entregadas por el gobierno.



(Figura 1 fuente: Rene Reyes, sistema de monitoreo del consumo de leña y otros biocombustibles)

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Analizar técnica y económicamente la incorporación de muros trombe en una vivienda social, ubicada en alcalde Ignacio Oñate 1311, Coronel, Región del Bio-bio

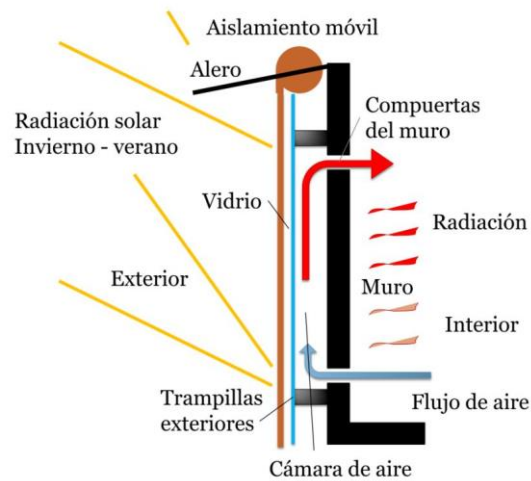
OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Realizar un estudio bioclimático de la vivienda social, ubicada en alcalde Ignacio Oñate 1311, Coronel, Región del Bio-bio.
- Realizar una propuesta constructiva para la incorporación del muro trombe en la vivienda.
- Realizar un análisis económico constructivo a la incorporación de muros Trombe en comparación a los muros actuales de la vivienda.

MARCO TEORICO

MURO TROMBE:

Sistema de muros que es capaz de captar la energía del sol y a través de su diseño provoca corrientes de aire de diferente temperatura, las cuales sirven como sistema de calefacción, este no requiere mantenimiento y es de fácil construcción.



(Figura 2 fuente: Internet)

VIVIENDA SOCIAL:

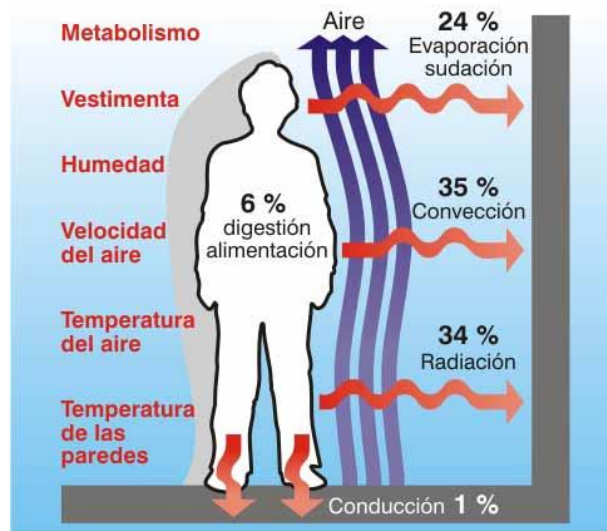
Tipo de propiedad inmueble construida total o parcialmente por el estado y cedida a quienes cumplen con una serie de requisitos al momento de postular (acreditación socioeconómica y un ahorro previo mínimo exclusivo para la vivienda en un banco de Chile), estas viviendas buscan ser económicas supliendo las necesidades habitacionales de quienes postulan, con unas medidas mínimas de 55m² y de 60m² en departamentos, con un valor mínimo de construcción de 400 UF a 550UF.



(Figura 3 fuente: Internet)

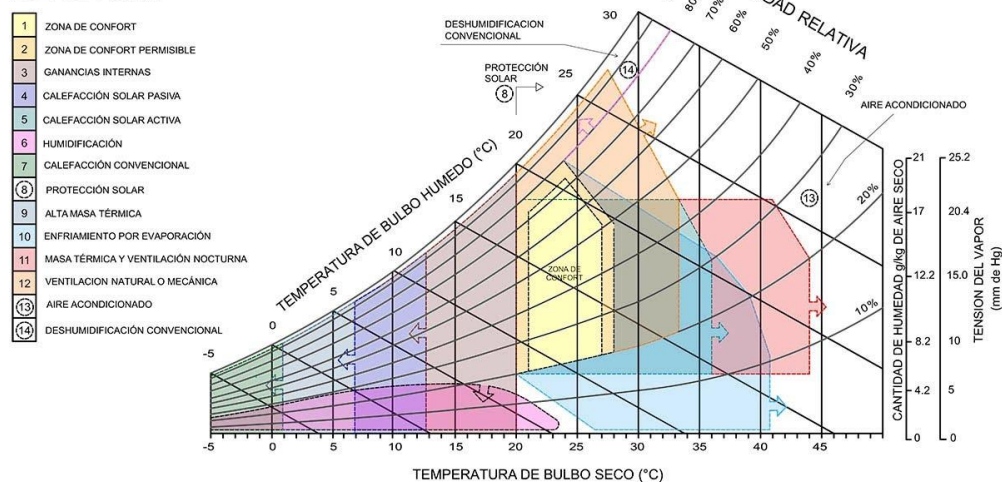
CONFORT TERMICO:

Sensación de satisfacción de las personas en un inmueble en relación con la temperatura dentro de este, esta temperatura debe ser de entre 20 a 22°C al interior del inmueble, con esta temperatura habrá un nulo intercambio térmico entre el individuo y la temperatura del inmueble, con esto se puede decir que existe confort térmico, esta temperatura depende de parámetros externos (viento, temperatura del aire, humedad, etc.) y internos (ropa del individuo, actividad física, etc.)



(Figura 4 fuente: Internet)

GRAFICO PSICROMETRICO DE GIVONI



(Figura 5 fuente: Internet)

MARCO NORMATIVO:

DECRETO 49:

Capítulo IV: Estándar Técnico de los Conjuntos Habitacionales, de la Vivienda y del Equipamiento en los Proyectos Habitacionales

Artículo 43. Estándar Técnico de las Viviendas en Proyectos Habitacionales de Construcción

La vivienda debe resolver la funcionalidad de los recintos, considerando el destino de los mismos en su interrelación, de modo de que además del cumplimiento de las condiciones reglamentarias exigidas, permitan el desarrollo de soluciones pertinentes a las condiciones culturales y de uso de las familias beneficiadas.

La vivienda deberá cumplir a lo menos con el estándar que señala el presente capítulo y con las características, superficies, dimensiones y espacios de separación mínimos indicados en el Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario que se fijarán mediante resoluciones del Ministro de Vivienda y Urbanismo.

El programa arquitectónico de la vivienda a construir deberá incluir como mínimo cuatro recintos conformados: una zona de estar - comedor - cocina, a lo menos dos dormitorios conformados y un baño, todos ellos de acuerdo al Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario, considerando las áreas de circulación. Los dormitorios corresponderán al dormitorio principal y segundo dormitorio señalados en el Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario. Por recinto conformado se entenderá aquél que se encuentra contenido por paramentos, piso y cielo contruidos, incluyendo las puertas y ventanas correspondientes. Los paramentos deben conformarse de piso a cielo.

En el Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario podrán establecerse disposiciones especiales y/o exenciones relacionadas con el programa arquitectónico definido por el presente decreto para viviendas destinadas a familias de hasta 2 integrantes, tales como adultos mayores, personas afectadas por discapacidades, y proyectos emplazados en áreas rurales, entre otras. Alternativamente, se aceptará que la vivienda incluya un mínimo de tres recintos conformados: una zona de estar - comedor - cocina, el dormitorio principal y un baño, todos ellos de acuerdo al Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario, considerando las áreas de circulación, siempre que la superficie interior de la vivienda sea a lo menos de 50 m². La superficie interior resultará del total de la superficie conformada inicialmente de la vivienda, o bien adicionándole a ésta la superficie de espacios proyectados para futuras ampliaciones, que pueden entregarse sin estar habilitados, pero que deben estar contenidos en la estructura inicial de la

vivienda. La contabilización de esta superficie interior proyectada como ampliación deberá realizarse de acuerdo a alguna de las siguientes alternativas:

- a) Si la estructura y envolvente inicial de la vivienda genera uno o más espacios no habitables destinados a ampliación, conformados por techumbre, todos sus muros exteriores y la estructura de piso o entrepiso, si corresponde, como ocurre en espacios interiores de doble altura, se contabilizará el 50% de su superficie en planta proyectada, cuya altura de piso a cielo corresponda a la de locales habitables según la OGUC o 1,60 metros bajo cubiertas inclinadas.
- b) Si la estructura inicial de la vivienda genera uno o más espacios semi exteriores destinados a ampliación, conformados por techumbre, estructura de piso o entrepiso y a lo menos los muros por dos costados, como ocurre en espacios tales como terraza techada o cobertizo, se contabilizará el 35% de su superficie en planta proyectada, cuya altura de piso a cielo corresponda a la de locales habitables según la OGUC o 1,60 metros bajo cubiertas inclinadas.
- c) Si la estructura inicial de la vivienda genera uno o más espacios semi exteriores destinados a ampliación, conformados por techumbre y a lo menos dos muros, se contabilizará el 25% de su superficie en planta proyectada, cuya altura de piso a cielo corresponda a la de locales habitables según la OGUC o 1,60 metros bajo cubiertas inclinadas.

Si la vivienda considera inicialmente tres dormitorios construidos, para el segundo y tercer dormitorio será exigible lo establecido en el Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario, opción "Segundo Dormitorio" y "Dormitorio Construido Adicional", respectivamente, sin perjuicio de lo señalado en las letras d) y e) del artículo 35 de este reglamento, relativo al programa de recintos y superficies mínimas establecidas para la obtención de los subsidios complementarios que indican.

Los proyectos a los que se pueda aplicar el Subsidio de Densificación en Altura definido en el artículo 35 de este reglamento, deberán además incluir un recinto loggia, de acuerdo a la Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario, salvo por aquellos casos en donde las viviendas resultantes contemplen un patio de uso exclusivo, en cuyo caso aplicarán las condiciones especiales definidas en el Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario.

Todos los recintos deberán contar con ventilación y luz natural, a excepción del baño, el que en todo caso deberá consultar algún mecanismo alternativo de ventilación. No obstante lo anterior, la cocina podrá tener luz y ventilación a través de la loggia.

Las viviendas que contemplen inicialmente dos o menos dormitorios, deberán considerar además como ampliación proyectada

los recintos faltantes para alcanzar finalmente tres dormitorios, de acuerdo a lo señalado en la Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario, sección "Dormitorio proyectado" para cada uno de ellos. Estas ampliaciones no podrán afectar negativamente las dimensiones y espacios mínimos de separación insertos en el Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y en la Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario, ni convertir recintos habitables en no habitables. Los proyectos de ampliación proyectada deberán formar parte del proyecto de vivienda y contar con el permiso de edificación correspondiente aprobado y pagado.

De acuerdo a lo anterior, el programa arquitectónico de la vivienda, según la dotación inicial de dormitorios, será el siguiente:

DOTACIÓN INICIAL DE DORMITORIOS	PROGRAMA ARQUITECTÓNICO CONSTRUIDO	AMPLIACIONES PROYECTADAS
1 dormitorio	- Estar – comedor – cocina	- 2 dormitorios, cada uno según unidad "Dormitorio proyectado" de la Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario
	- Baño	
	- Dormitorio principal	
2 dormitorios	- Estar – comedor – cocina	- 1 dormitorio, según unidad "Dormitorio proyectado" de la Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario
	- Baño	
	- Dormitorio principal	
	- Segundo dormitorio	
3 dormitorios	- Estar – comedor – cocina	- No se exige ampliación
	- Baño	
	- Dormitorio principal	
	- 2 dormitorios según unidad "Segundo dormitorio" y "Dormitorio construido adicional" de la Tabla de Espacios de usos Mínimos para el Mobiliario	
3 dormitorios aplicando Subsidio de Densificación en Altura Art. 35 letra d)	- Estar – comedor – cocina	- No se exige ampliación
	- Baño	
	- Dormitorio principal	
	- Segundo Dormitorio	
	- Tercer dormitorio según unidad "Dormitorio construido adicional" de la Tabla de Espacios de usos Mínimos para el Mobiliario	
	- Loggia, cuando corresponda.	
3 dormitorios aplicando Subsidio por Grupo Familiar Art. 35 letra e)	- Estar – comedor – cocina	- No se exige ampliación
	- Baño	
	- Dormitorio principal	
	- Segundo Dormitorio	
	- Tercer dormitorio según unidad "Dormitorio proyectado" de la Tabla de Espacios de usos Mínimos para el Mobiliario	

La superficie construida inicial de la vivienda no deberá ser inferior a:

TIPOLOGÍA	SUPERFICIE MINIMA
Construcción en Sitio Propio	45 m ²
Densificación Predial	42 m ²
Pequeño Condominio	42 m ²
Construcción en Nuevos Terrenos	42 m ²

Excepcionalmente, y tratándose de proyectos de Construcción en Sitio Propio, Pequeño Condominio y Densificación Predial, el SERVIU podrá eximir del cumplimiento del requisito de presentar proyecto de ampliación y de alcanzar la superficie construida inicial señalada en el cuadro precedente, siempre que la aplicación de las normas de edificación, técnicas y urbanísticas contenidas en la OGUC y/o en el Instrumento de Planificación Territorial correspondiente no lo permitan, en función de las características del terreno, en cuyo caso de igual forma los recintos de la vivienda deberán cumplir las condiciones establecidas en el Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y en la Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario.

Las viviendas para personas con discapacidad deberán incluir obras que contribuyan a paliar las limitaciones que afecten a quienes presentan tal condición en el grupo familiar del postulante, obras que deberán estar consideradas en el proyecto.

Cuando dicha discapacidad corresponda a condiciones de movilidad reducida, las viviendas deberán ser de un piso, contemplándose la ejecución de rampas que permitan salvar diferencias de nivel entre el espacio público y la vivienda, o ubicarse en el piso que cuente con acceso directo al exterior cuando se trate de edificación en altura. Al interior de la vivienda no podrán producirse diferencias de nivel ni peldaños de ningún tipo, debiendo cumplirse además con las dimensiones y espacios de separación mínimos indicados en el Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario, en su sección correspondiente a personas con discapacidad. La vivienda deberá contemplar un diseño adecuado para el ingreso y maniobra de una silla de ruedas, con un espacio que permita giros en 360°, de un diámetro mínimo de 1,50 metros en los recintos de estar, comedor, cocina, baño y a lo menos en un dormitorio.

Tratándose de viviendas para postulantes unipersonales correspondientes a personas con discapacidad con movilidad reducida, que apliquen el Subsidio de Densificación en Altura, la vivienda deberá igualmente tener una superficie edificada de 55 m², pero el programa arquitectónico de la vivienda podrá incluir a lo menos una zona de estar - comedor - cocina, loggia, el dormitorio principal conformado y un baño, todos ellos de acuerdo al Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y a la Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario para personas con discapacidad, considerando las áreas de circulación. No se exigirá proyecto de ampliación de la vivienda en estos casos.

Tratándose de viviendas destinadas a familias con integrantes adultos mayores, en las que se aplique Subsidio de Densificación en Altura, estas deberán ubicarse preferentemente en el piso que cuente con acceso directo al exterior y cercanas a las áreas verdes del conjunto, cuando corresponda.

Artículo 44. Materialidad Constructiva

El proyecto, según el tipo y zona geográfica correspondiente, deberá cumplir con los requisitos mínimos determinados en el Itemizado Técnico de Construcción, aprobado por resolución del MINVU. Los SEREMI podrán aprobar Itemizados Técnicos Regionales, propuestos por los respectivos SERVIU, los que deberán ser informados a la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del MINVU.

Artículo 45. De las Viviendas Tipo

Los SERVIU podrán evaluar y calificar tipologías de vivienda tipo para ser presentadas por la Entidad Patrocinante en distintos proyectos habitacionales a desarrollar posteriormente en la región, sin que sea necesario evaluarlos en cada oportunidad respecto de los requisitos establecidos en el Cuadro Normativo de Proyectos Habitacionales y Tabla de Espacios de Usos Mínimos para el Mobiliario, así como en lo referido a la materialidad establecida en el Itemizado Técnico de Construcción.

Asimismo, la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo podrá desarrollar o bien convocar a la presentación de tipologías de vivienda tipo presentadas por Entidades Patrocinantes, empresas constructoras, inmobiliarias, oficinas de arquitectura u otros prestadores afines. Cuando se requiera que las tipologías sean aplicables en comunas de más de una región, se deberá tener en consideración todos los requerimientos establecidos tanto nacional como regionalmente. Las tipologías de vivienda que sean certificadas por esta vía, podrán incorporarse a proyectos a desarrollarse exclusivamente en las regiones en las que fueron autorizadas por la referida División, y los SERVIU deberán evaluarlas conforme lo establecido en el inciso precedente.

El SERVIU respectivo, o la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, según corresponda, dispondrán como máximo de 30 días hábiles desde el ingreso de los antecedentes del proyecto para la evaluación de la tipología de vivienda tipo presentada por la entidad patrocinante. Producto de la referida evaluación, la tipología será informada con o sin observaciones, emitiéndose la respectiva certificación y adjuntándose las observaciones en caso que corresponda. Los proyectos que ingresen al Banco de Postulaciones incorporando tipologías de vivienda tipo, deberán acompañar el certificado de evaluación en conjunto con el resto de los antecedentes del proyecto.

METODOLOGIA

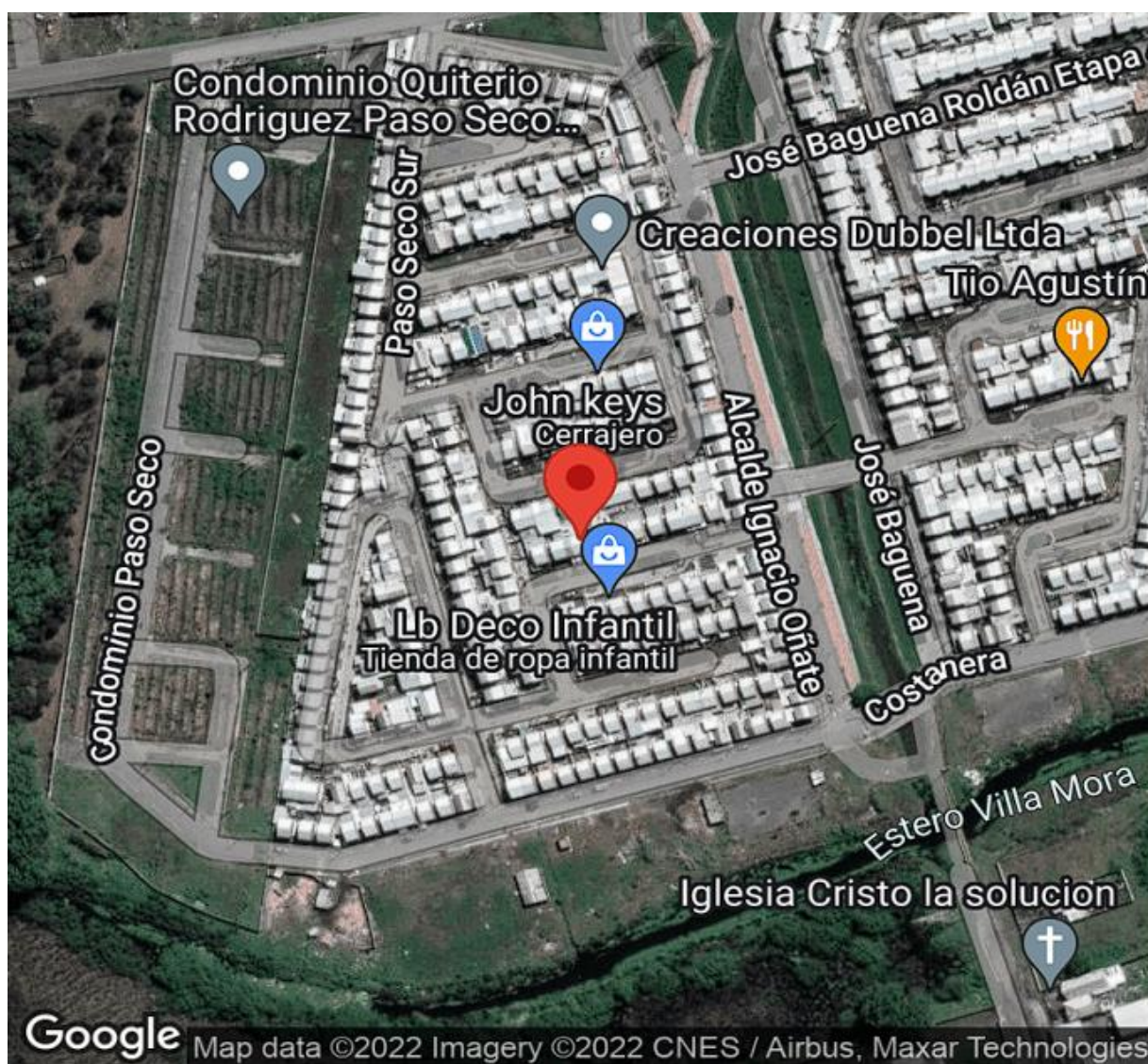
- Investigar sobre los muros trombe, su funcionamiento y su instalación en libros, fuentes de primera y segunda categoría.
- Investigar sobre la metodología de construcción en las viviendas sociales, como además del presupuesto empleado en estas.
- Estudiar la factibilidad de la aplicación de los muros trombe en la vivienda tipo ubicada en la región de Bio-Bio.

CAPITULO 1:

**ESTUDIO BIOCLIMATICO DE LA VIVIENDA SOCIAL, UBICADA EN
ALCALDE IGNACIO OÑATE 1311, CORONEL, REGIÓN DEL BIO-BIO.**

Para poder realizar la construcción del muro trombe debemos saber tanto la posición del sol, la temperatura de este, la velocidad del viento y su dirección, como también la sombra proyectada que genera tanto la vivienda como las viviendas aledañas todo esto con el fin de elegir la mejor posición para nuestro muro y que este aproveche de la mejor forma los rayos del sol.

Como sabemos la vivienda esta ubicada en Alcalde Ignacio Oñate 1311, Coronel, Región del Bio-bio, con los datos de su ubicación podemos realizar un estudio mas preciso de las condiciones del clima que afectan a la vivienda.



(Figura 6 fuente: Google maps)

TEMPERATURA EN CORONEL:

Según los datos obtenidos en el explorador solar del ministerio de energía podemos observar que en el promedio mensual ni en la temperatura promedio por hora se obtiene una temperatura de confort térmico de 20 a 22°C por lo cual el muro trombe nos ayudara a alcanzar esta temperatura en el interior de la vivienda.

Tabla 8: Temperatura media.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
°C	17.52	17.28	15.95	13.38	11.34	10.14	9.38	9.91	10.88	12.19	14.2	15.92

(a) Temperatura promedio mensual.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
°C	11.3	10.88	10.51	10.15	9.82	9.49	9.28	9.58	10.51	11.98	13.59	15.05

Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
°C	16.2	17.07	17.65	17.72	17.31	16.6	15.66	14.63	13.7	12.94	12.32	11.76

(b) Temperatura promedio para cada hora.

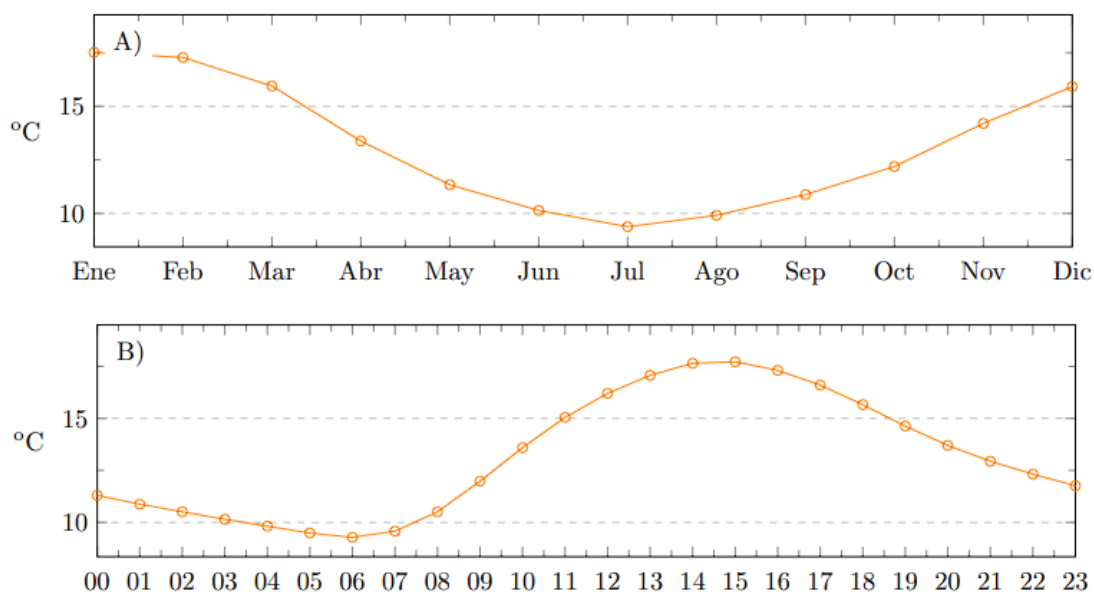


Figura 13: A) Ciclo anual de la temperatura media, B) Ciclo diario de la temperatura media.

(Figura 7 fuente: Explorador solar Ministerio de energía)

VIENTO EN CORONEL:

En la siguiente tabla podemos observar la velocidad del viento a 5.5 metros en donde la velocidad más baja del año se obtiene en el mes de abril con 1.74 m/s y la velocidad mayor se obtiene en el mes de julio con 2.77 m/s, este viento impactara en nuestro muro enfriándolo, por lo tanto, es de suma importancia el correcto posicionamiento del muro en relación con la coordenada que menos impacta el viento en el año.

Tabla 9: Velocidad del viento a 5,5[m].

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
m/s	2.21	2.0	1.79	1.74	1.97	2.67	2.77	2.62	2.14	2.16	2.45	2.36

(a) Promedio mensual de la magnitud del viento.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
m/s	1.65	1.58	1.56	1.58	1.57	1.59	1.62	1.62	1.69	1.84	2.13	2.43

Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
m/s	2.76	3.0	3.23	3.33	3.34	3.2	2.98	2.71	2.45	2.21	1.98	1.8

(b) Promedio de la magnitud del viento para cada hora.

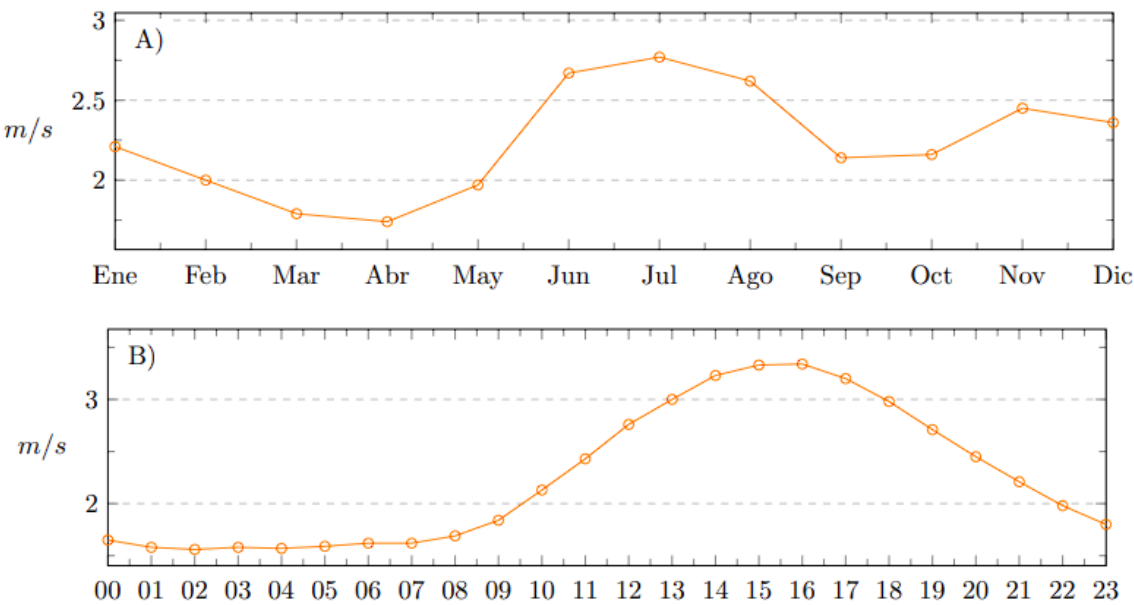
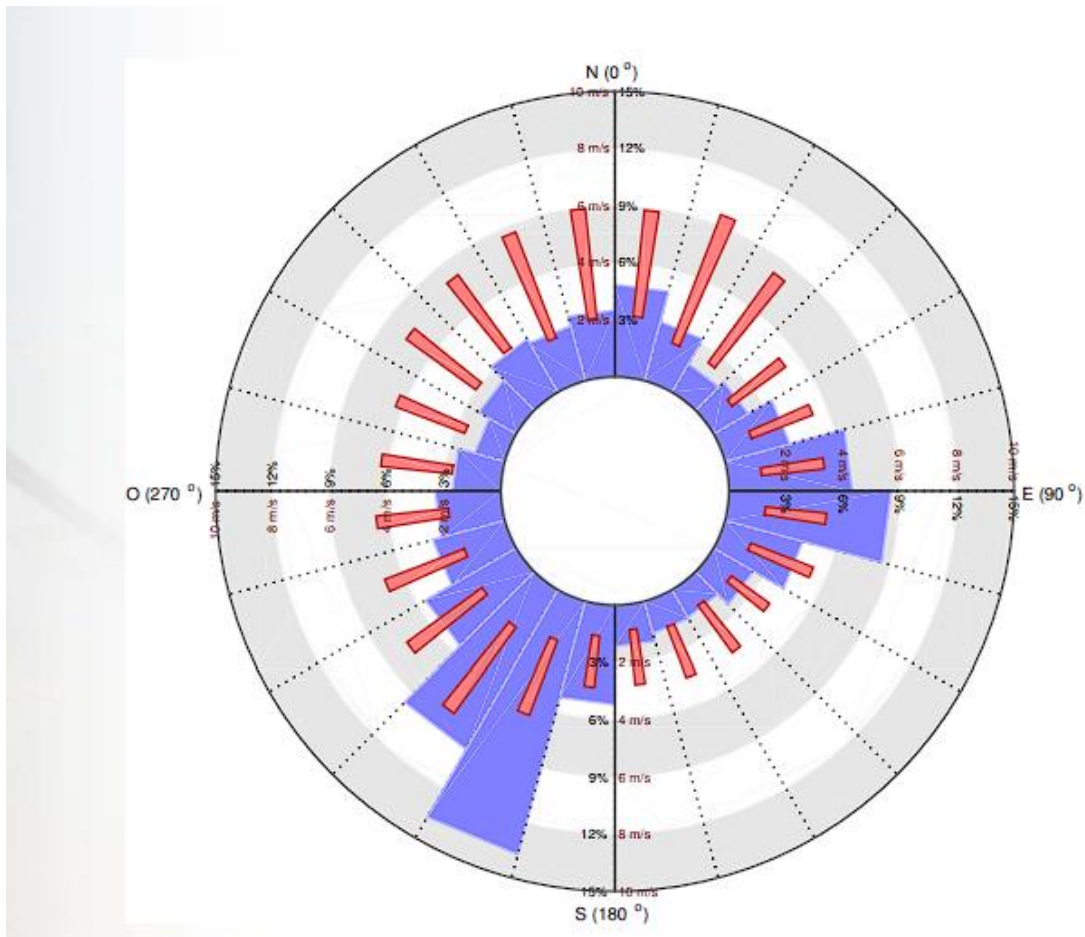


Figura 15: A) Ciclo anual de la magnitud del viento, B) Ciclo diario de la magnitud del viento.

(Figura 8 fuente: Explorador solar Ministerio de energía)



(Figura 9 fuente: Explorador eólico Universidad de Chile)

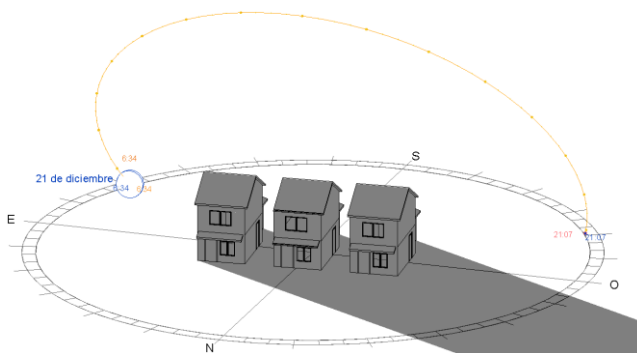
En la rosa de los vientos se puede observar la velocidad del viento a 15 metros, las barras azules nos indican el porcentaje de viento según la dirección del viento, la dirección del viento está dada por un ángulo que indica el sector de donde proviene el viento, siendo 0 para el viento proveniente del norte, 90 para el viento proveniente del este, 180 para el viento proveniente del sur y 270 para el viento proveniente del oeste.

ESTUDIO DE ASOLEAMIENTO EN LA VIVIENDA:

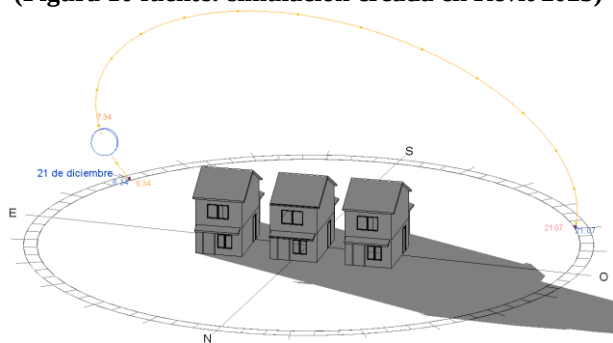
Para nuestro estudio de asoleamiento deberemos tener en cuenta la posición del sol en los días mas importante del año como lo son el solsticio de verano (21 de diciembre), equinoccio de otoño (20 de marzo) y el solsticio de invierno (20 de junio), esto será realizado con la herramienta de recorrido del sol de Revit la cual nos proporcionara el recorrido del sol en esos días y la posición de la sombra a la cual estará expuesta la vivienda en las diferentes horas del día, todo esto con el fin de obtener la mejor posición para la instalación del muro trombe.

SOLSTICIO DE VERANO

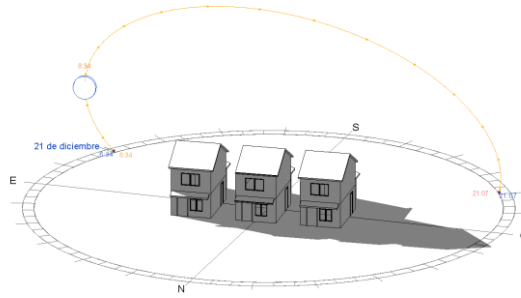
En el siguiente estudio podemos observar el recorrido del sol el día 21 de diciembre de 2020, de las 6:34 de la mañana, hasta las 21:07 de la noche.



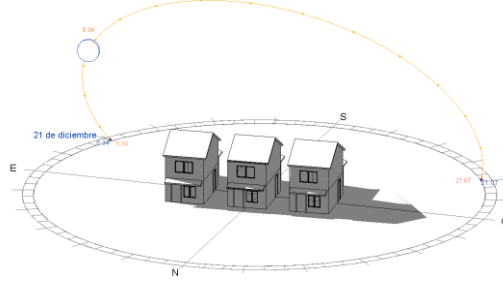
(Figura 10 fuente: simulación creada en Revit 2023)



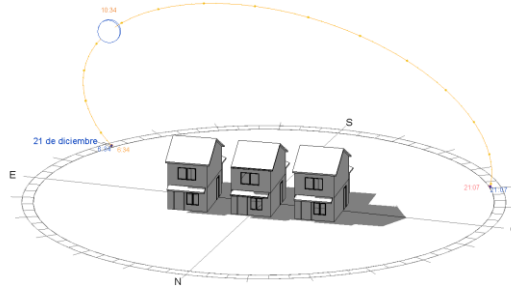
(Figura 11 fuente: simulación creada en Revit 2023)



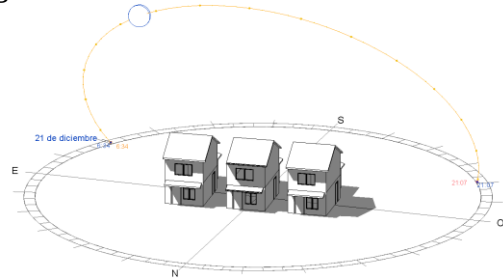
(Figura 12 fuente: simulación creada en Revit 2023)



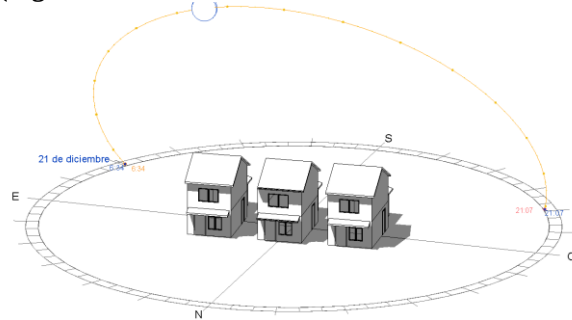
(Figura 13 fuente: simulación creada en Revit 2023)



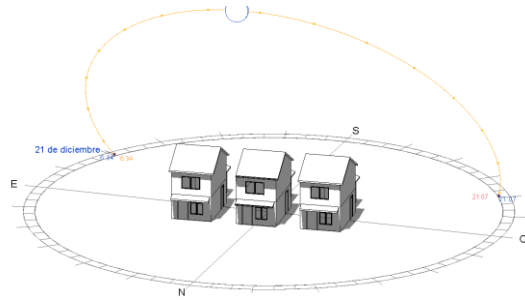
(Figura 14 fuente: simulación creada en Revit 2023)



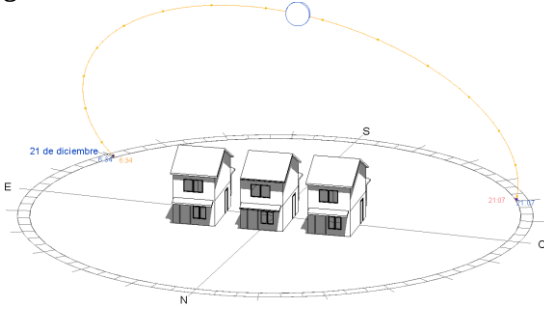
(Figura 15 fuente: simulación creada en Revit 2023)



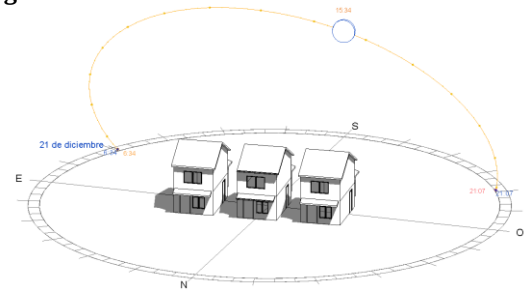
(Figura 16 fuente: simulación creada en Revit 2023)



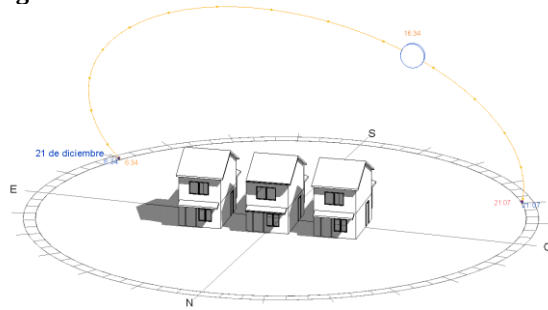
(Figura 17 fuente: simulación creada en Revit 2023)



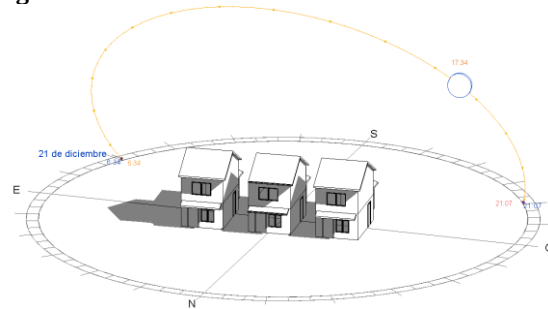
(Figura 18 fuente: simulación creada en Revit 2023)



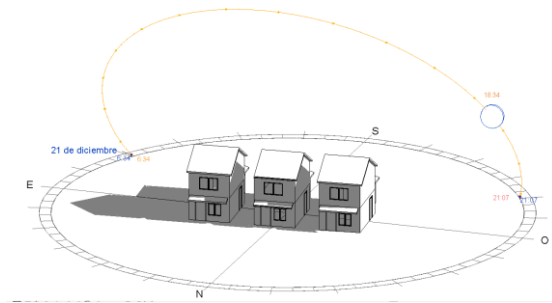
(Figura 19 fuente: simulación creada en Revit 2023)



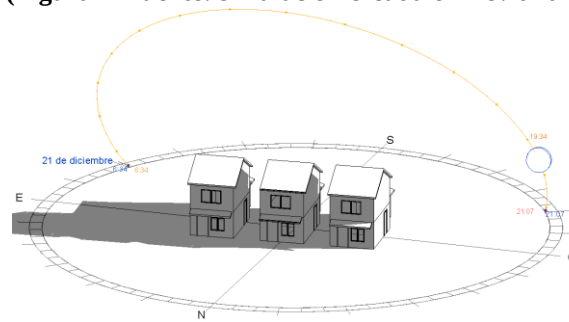
(Figura 20 fuente: simulación creada en Revit 2023)



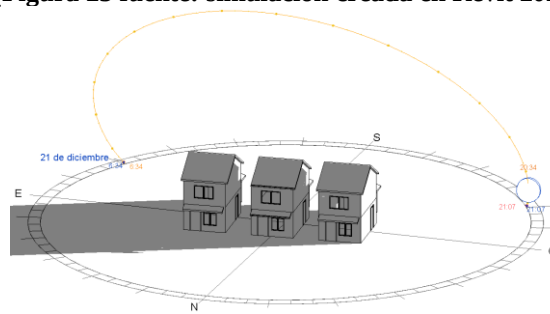
(Figura 21 fuente: simulación creada en Revit 2023)



(Figura 22 fuente: simulación creada en Revit 2023)



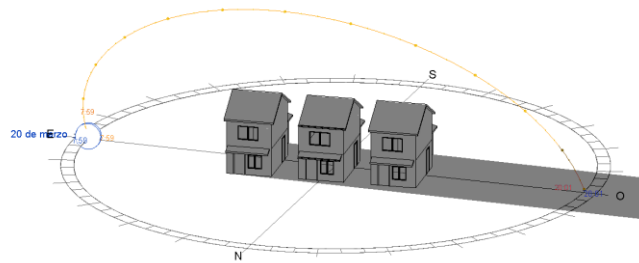
(Figura 23 fuente: simulación creada en Revit 2023)



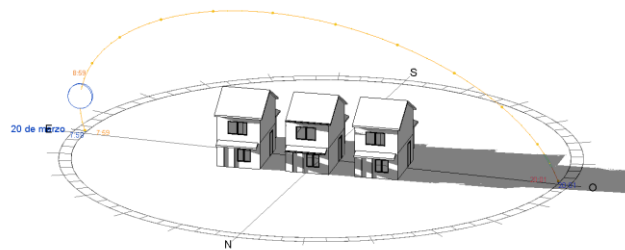
(Figura 24 fuente: simulación creada en Revit 2023)

EQUINOCCIO DE OTOÑO:

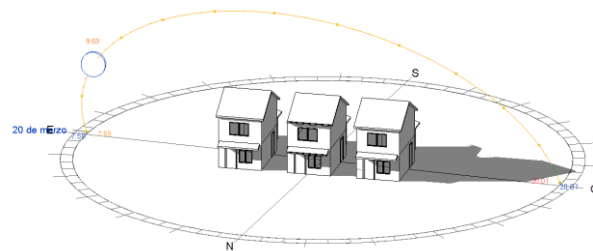
En el siguiente estudio podemos observar el recorrido del sol el día 20 de marzo de 2020, de las 7:59 de la mañana, hasta las 20:01 de la noche.



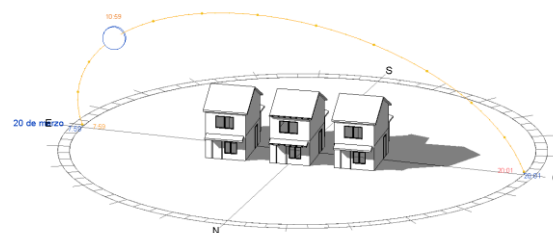
(Figura 25 fuente: simulación creada en Revit 2023)



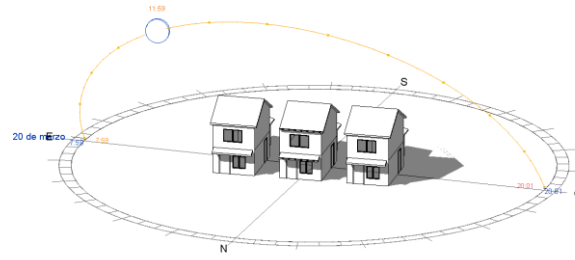
(Figura 26 fuente: simulación creada en Revit 2023)



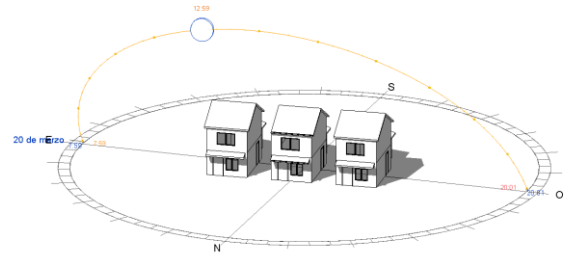
(Figura 27 fuente: simulación creada en Revit 2023)



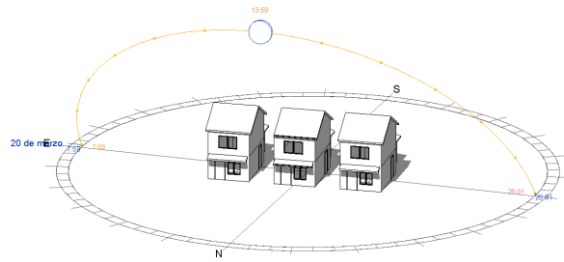
(Figura 28 fuente: simulación creada en Revit 2023)



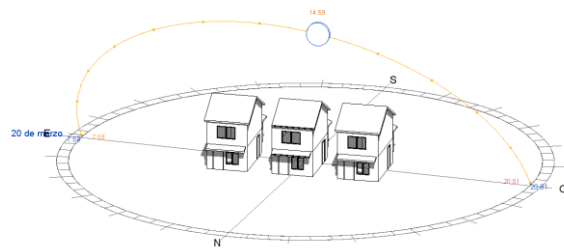
(Figura 29 fuente: simulación creada en Revit 2023)



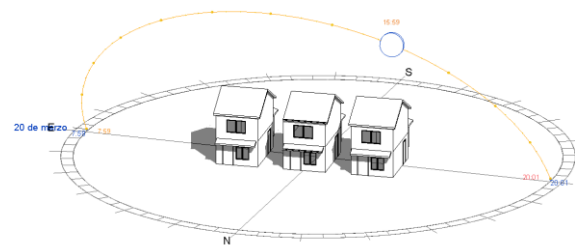
(Figura 30 fuente: simulación creada en Revit 2023)



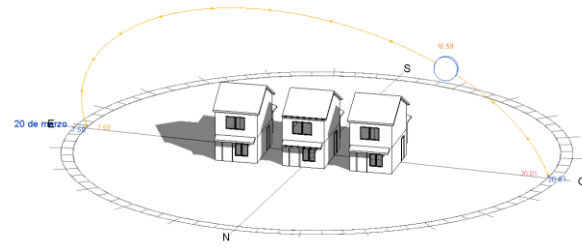
(Figura 31 fuente: simulación creada en Revit 2023)



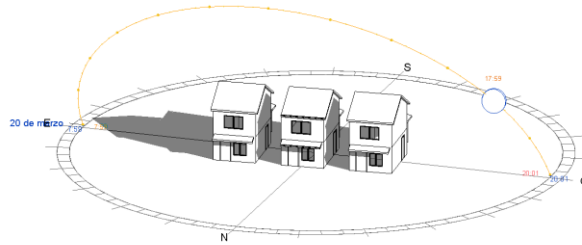
(Figura 32 fuente: simulación creada en Revit 2023)



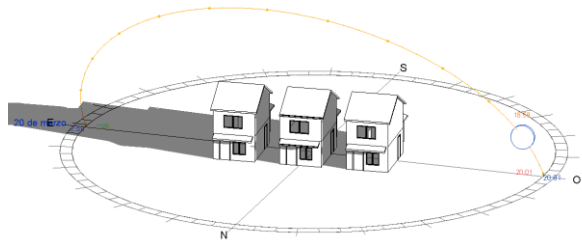
(Figura 33 fuente: simulación creada en Revit 2023)



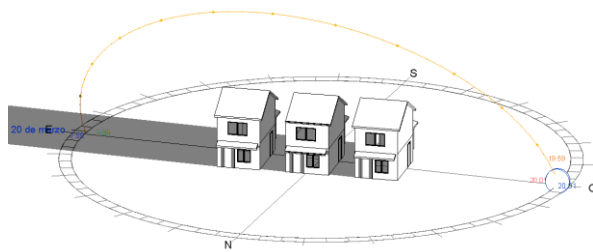
(Figura 34 fuente: simulación creada en Revit 2023)



(Figura 35 fuente: simulación creada en Revit 2023)



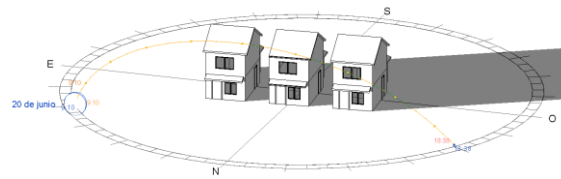
(Figura 36 fuente: simulación creada en Revit 2023)



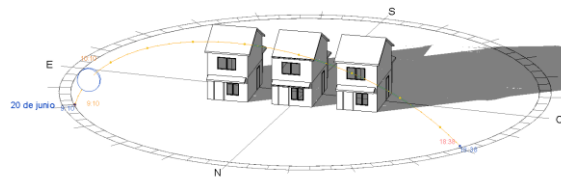
(Figura 37 fuente: simulación creada en Revit 2023)

SOLSTICIO DE INVIERNO

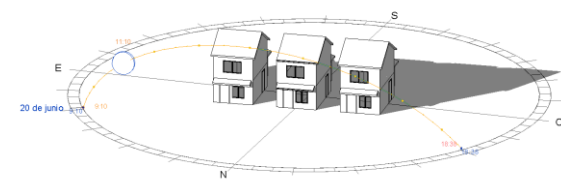
En el siguiente estudio podemos observar el recorrido del sol el día 20 de junio de 2020, de las 9:10 de la mañana, hasta las 18:38 de la tarde.



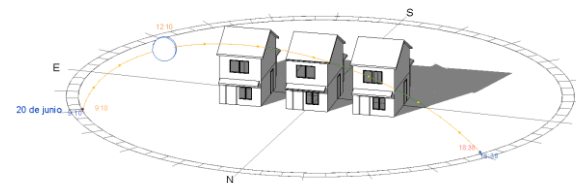
(Figura 38 fuente: simulación creada en Revit 2023)



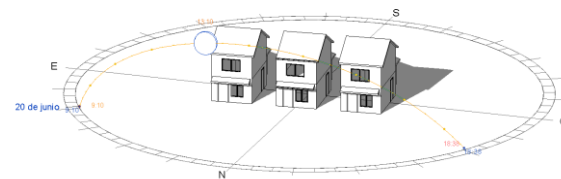
(Figura 39 fuente: simulación creada en Revit 2023)



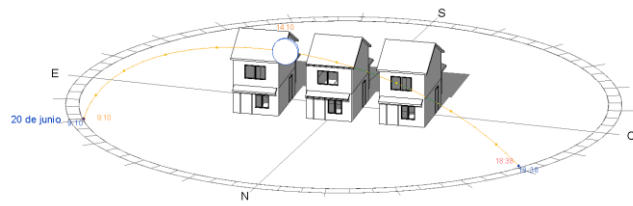
(Figura 40 fuente: simulación creada en Revit 2023)



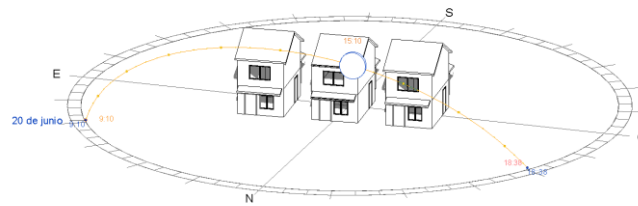
(Figura 41 fuente: simulación creada en Revit 2023)



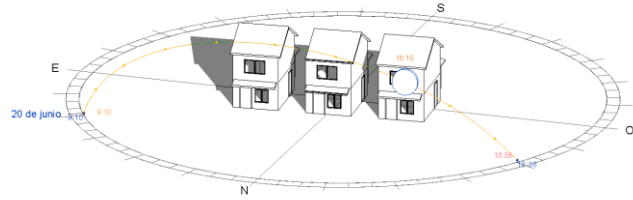
(Figura 42 fuente: simulación creada en Revit 2023)



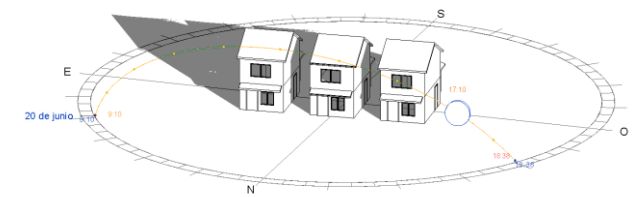
(Figura 43 fuente: simulación creada en Revit 2023)



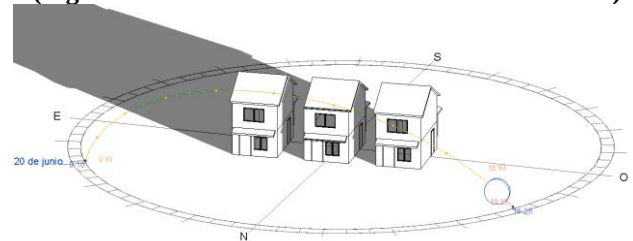
(Figura 44 fuente: simulación creada en Revit 2023)



(Figura 45 fuente: simulación creada en Revit 2023)



(Figura 46 fuente: simulación creada en Revit 2023)



(Figura 47 fuente: simulación creada en Revit 2023)

Dada la ubicación de la casa en relación con la posición del sol y el viento que golpea a la vivienda, el muro trombe deberá ser instalado en el frente de la casa para poder una mejor captación de los rayos solares como también por como vimos en la tabla anterior el mayor viento proviene en dirección hacia el suroeste mientras que la posición del frente de la vivienda se ubica en el noroeste y con esto lograremos que el viento que impacta no enfríe nuestro muro trombe.



(Figura 48 fuente: Fotografía tomada al frente de la vivienda)

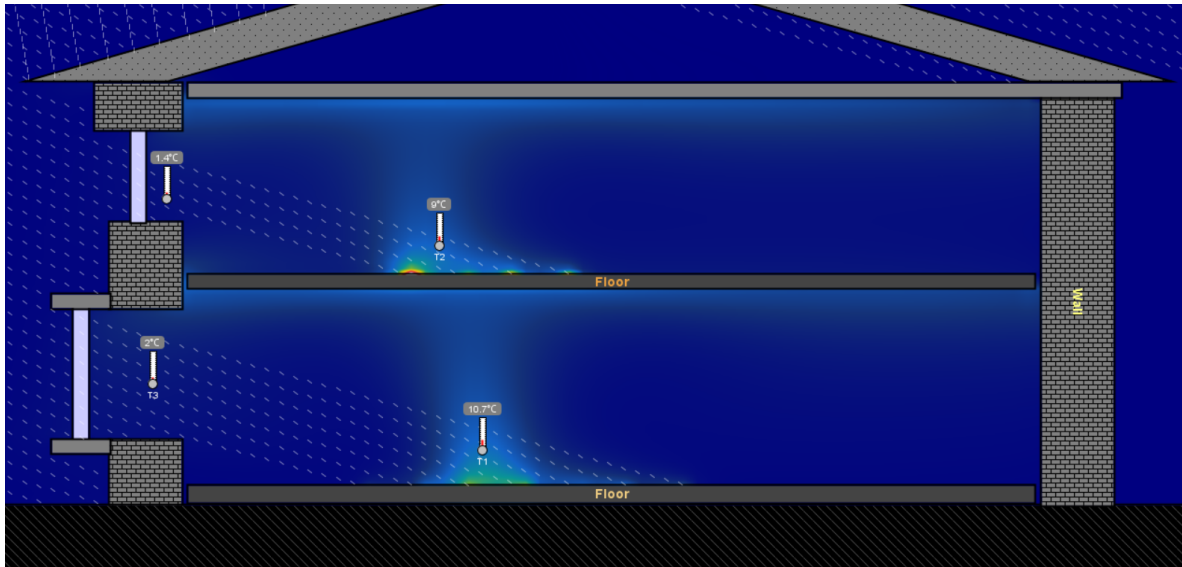
ESTUDIO DE PENETRACION SOLAR EN LA VIVIENDA:

Como se ha elegido el frente de la vivienda para la construcción del muro, debemos de realizar un estudio de penetración solar para poder estimar como golpean los rayos del sol en la vivienda y si esta en las condiciones actuales es capaz de aprovechar los rayos del sol.



(Figura 48 fuente: Simulación creada por la herramienta ENSCAPE en Revit 2023)

En el estudio realizador con la herramienta ENSCAPE para Revit nos permite ver la radiación que golpea en el frente de la vivienda, esta simulación fue realizada a las 13:30 horas del día 20 de junio de 2020, en esta se puede observar como los rayos del sol impactan directamente a la vivienda en el frente.



(Figura 49 fuente: Simulación creada en Solar 2D)

Se puede observar en la simulación hecha en solar 2d que el frente de la casa en las condiciones actuales no es capaz de aprovechar los rayos del sol de ninguna forma y la radiación que este emite no es aprovechada para aclimatar la vivienda.

Solo habría una dificultad de ocupar el frente y es las ventanas que posee la casa, ya que para construir nuestro muro será necesario quitar las ventanas o reacomodarlas en un nuevo sitio, con todos los datos que ya obtuvimos será necesario realizar una propuesta constructiva para nuestro muro que contemple las dificultades que conlleva el elegir el frente de la vivienda.

CAPITULO 2:

PROPUESTA CONSTRUCTIVA PARA LA INCORPORACION DEL MURO TROMBE EN LA VIVIENDA

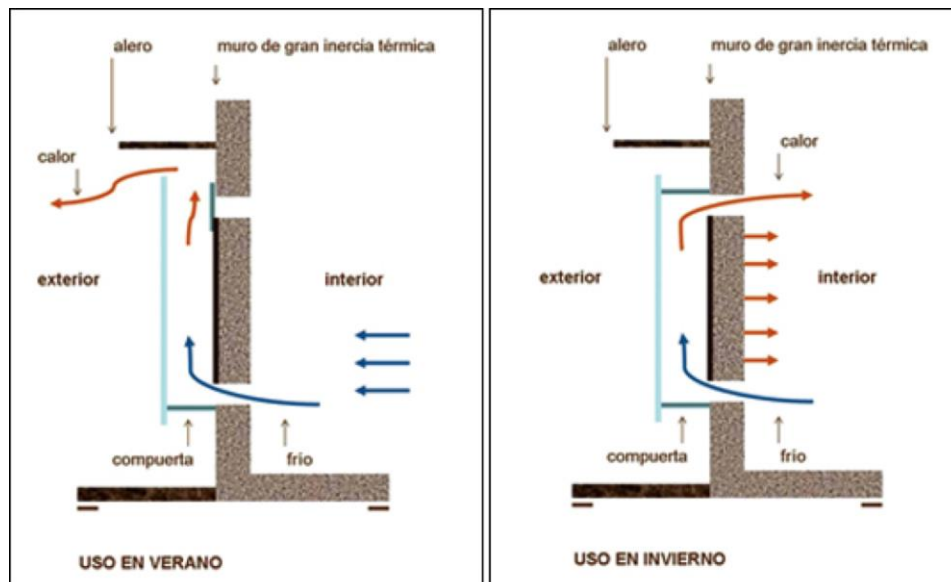
Para la realización de nuestra propuesta de muro trombe, debemos conocer como es que funciona este tipo de muro, tanto en invierno como en verano, a demás de conocer sus ventajas y desventajas.

Todo esto con el fin de poder utilizar de la mejor forma posible el muro seleccionado, ya que la propuesta de nuestro muro debe poder ser realizada tanto como para mejorar las condiciones de la vivienda, en una instalación a esta y como elemento agregado a la planificación de la construcción de viviendas sociales.

¿QUE SON LOS MUROS TROMBE?

Los muros trombe son un sistema de captación solar pasiva indirecta, debido a que convierten la radiación solar en calor, todo esto mediante la absorción de la superficie externa, la cual transmite el calor por conducción hacia el interior de la vivienda.

Para la construcción del muro trombe se necesita un muro de espesor entre 15 y 40cm como cara interna de un material con una alta inercia térmica como lo es el hormigón, para la cara exterior se necesita de un material con elevada absortividad, baja emisividad y que nos permita crear una cámara de aire entre la cara externa e interna de nuestro muro, para esto utilizaremos el vidrio, a esto le sumaremos una aberturas en la parte superior e inferior de ambas caras para obtener corrientes de aire las cuales nos ayudaran con la propagación del calor en nuestra vivienda.

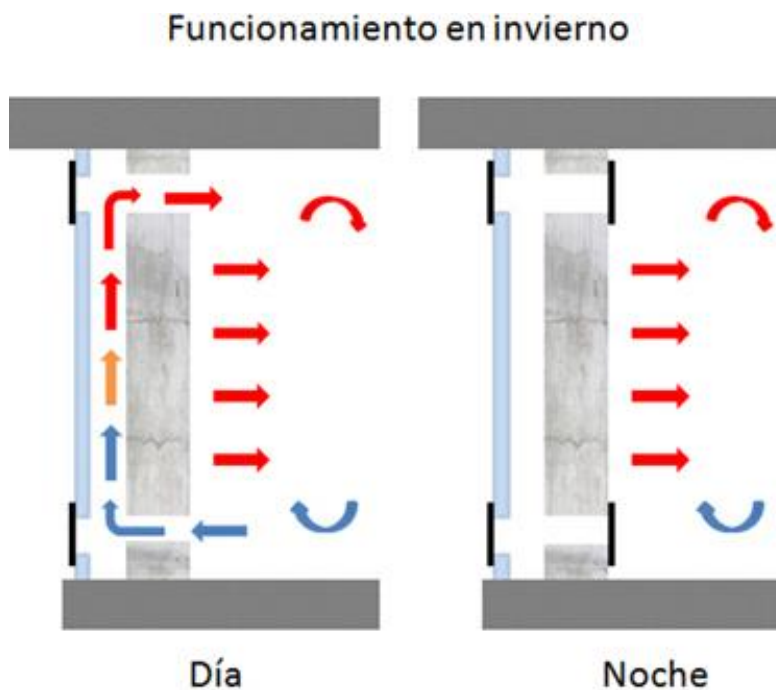


(Figura 50 fuente: Internet)

FUNCIONAMIENTO EN INVIERNO

Durante el invierno nuestro objetivo es captar los rayos solares para aprovechar la radiación de estos, esta radiación es captada por los cristales y paredes opacas, con esto se logra calentar el aire dentro de la cámara y la fachada de esta, a esto se le suma la apertura de las compuertas interiores y el bloqueo de las compuertas exteriores para poder obtener corrientes de aire las cuales circularan dentro del inmueble obteniendo un mayor confort térmico dentro.

En cambio, en la noche se deben de cerrar las compuertas interiores para detener la corriente de aire ya que al no haber rayos del sol este no puede seguir calentando el cristal, pero nuestro muro al estar a una mayor temperatura que el ambiente seguirá calentando nuestro inmueble durante la noche.

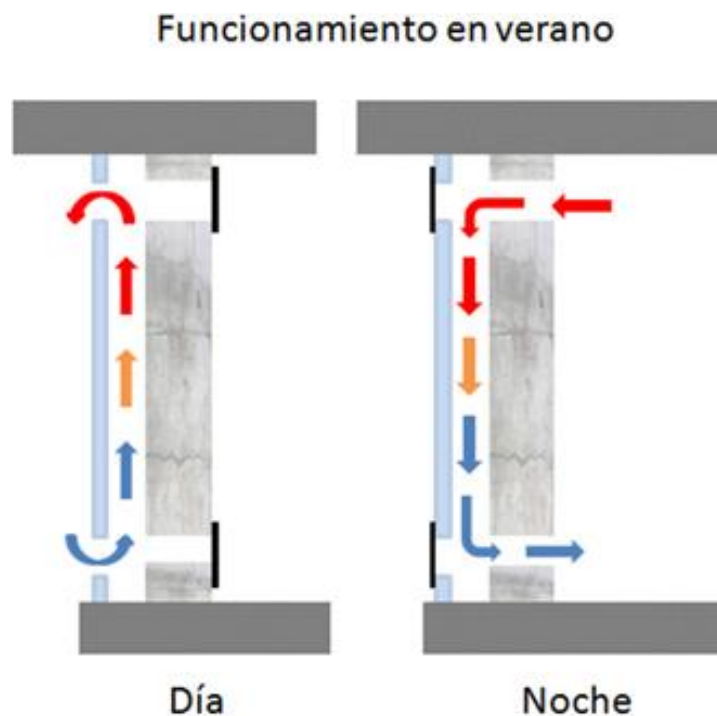


(Figura 51 fuente: Internet)

FUNCIONAMIENTO EN VERANO

Durante el verano nuestro objetivo es distinto, necesitamos mantener nuestro inmueble fresco, por lo cual debemos abrir las compuertas exteriores y cerrar las interiores, con esto lograremos que a pesar del calor exterior circule una corriente de aire por la cámara, esta corriente es capaz de enfriar nuestro muro para que este no esté tan caliente como si estuviera expuesto directo al sol.

En cambio, por las noches debemos de cerrar las compuertas exteriores y abrir las interiores para que el aire caliente que ingresa en la cámara pueda salir fresco, si se desea se puede abrir una compuerta exterior para ayudar a el enfriamiento de la cámara para una mayor eficacia con el enfriamiento del aire.



(Figura 52 fuente: Internet)

VENTAJAS

- El costo de construcción es bajo y no requiere mantención
- Al ser un sistema de captación pasiva, su uso es de bajo impacto ambiental
- Este al utilizar la luz del sol como recurso para su funcionamiento, no produce contaminación ambiental como sus contrapartes; la leña, kerosene, gas, etc
- Reduce el gasto económico en la compra de insumos para el acondicionamiento en el inmueble

DESVENTAJAS

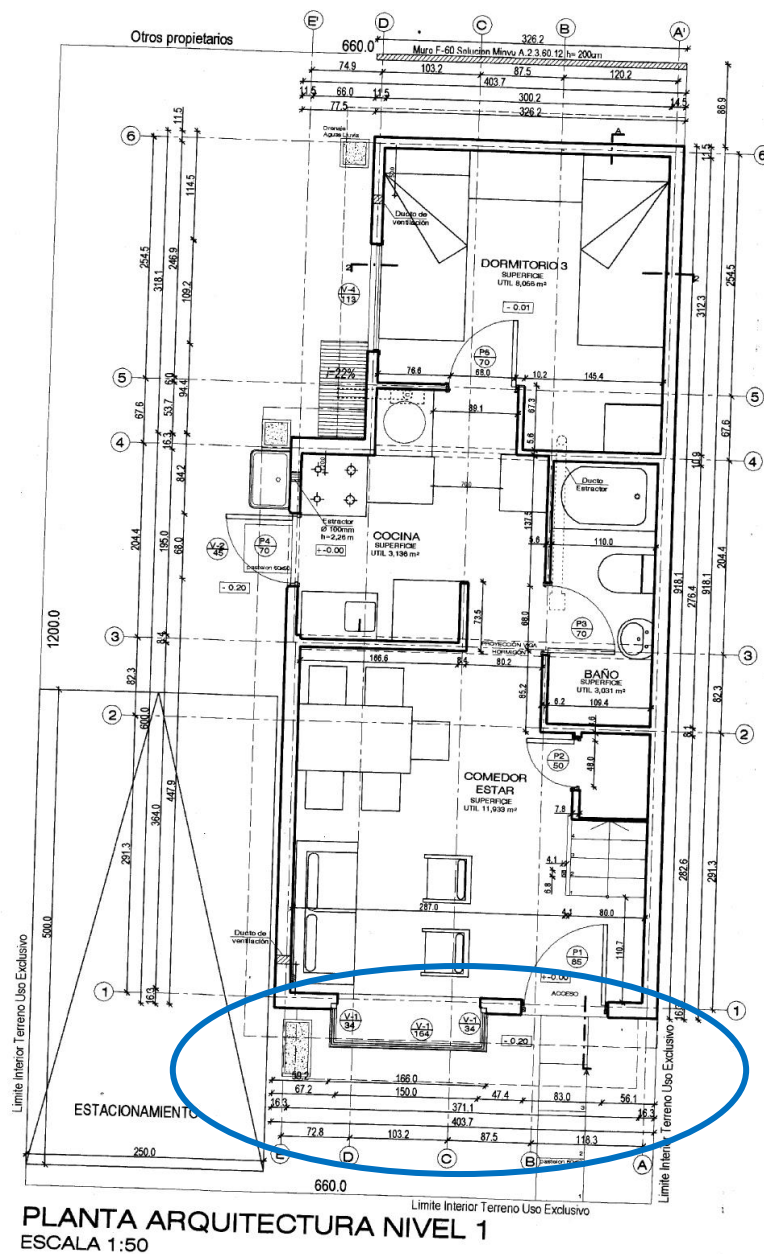
- El muro debe de estar orientado en dirección al sol para su correcto funcionamiento
- Se debe de tener en cuenta un uso consiente de este, ya que como funciona por termo circulación se debe de manejar correctamente las rejillas para no obtener el efecto inverso al que se desea
- No deben de existir obstáculos que le proporcionen sombra a la fachada



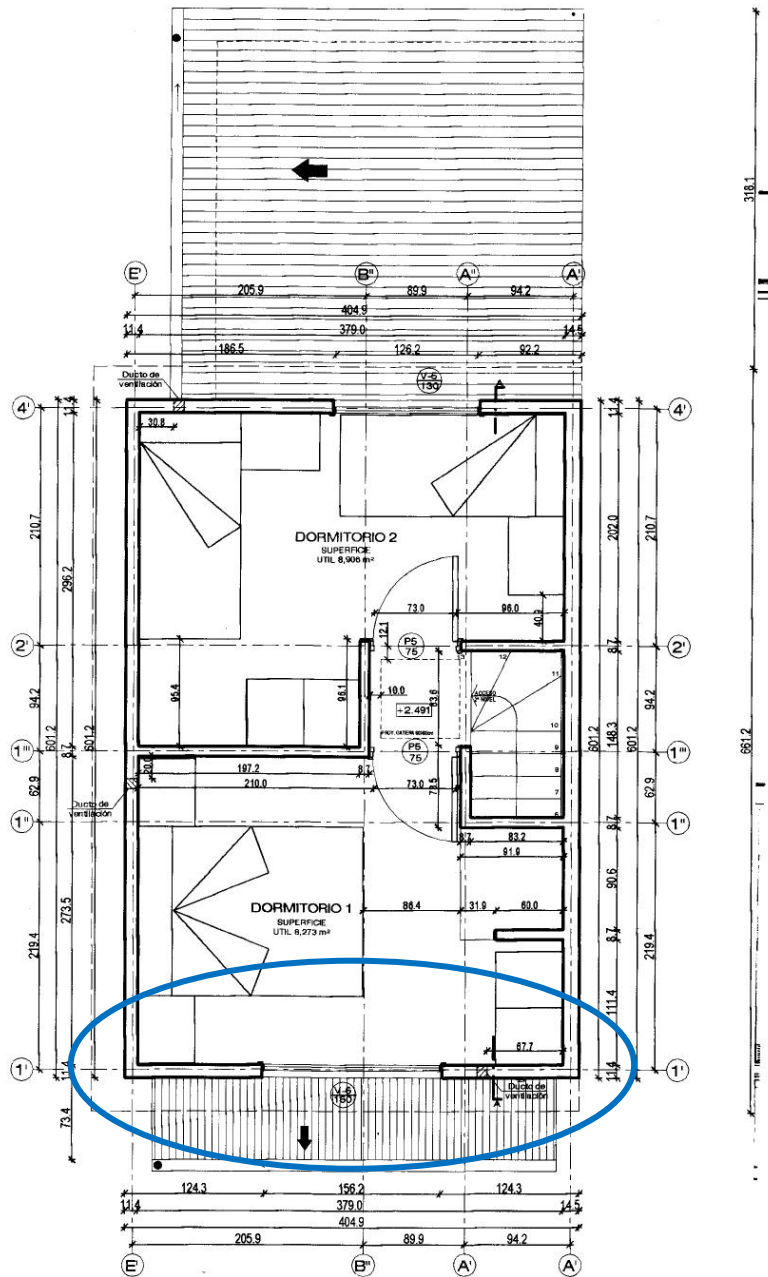
(Figura 53 fuente: Internet)

PROPUESTA DE MURO TROMBE

La propuesta presentada para la incorporación del muro trombe en la vivienda está basada en los planos originales de las plantas 1 y 2.



(Figura 54 fuente: Plano original de la vivienda)

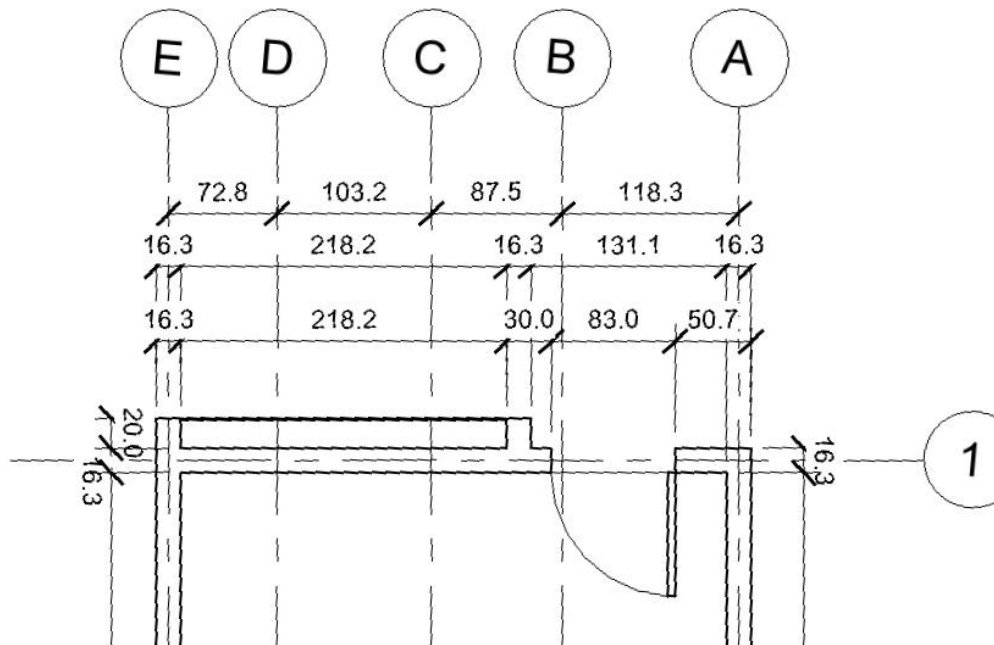


PLANTA ARQUITECTURA NIVEL 2
ESCALA 1:50

(Figura 55 fuente: Plano original de la vivienda)

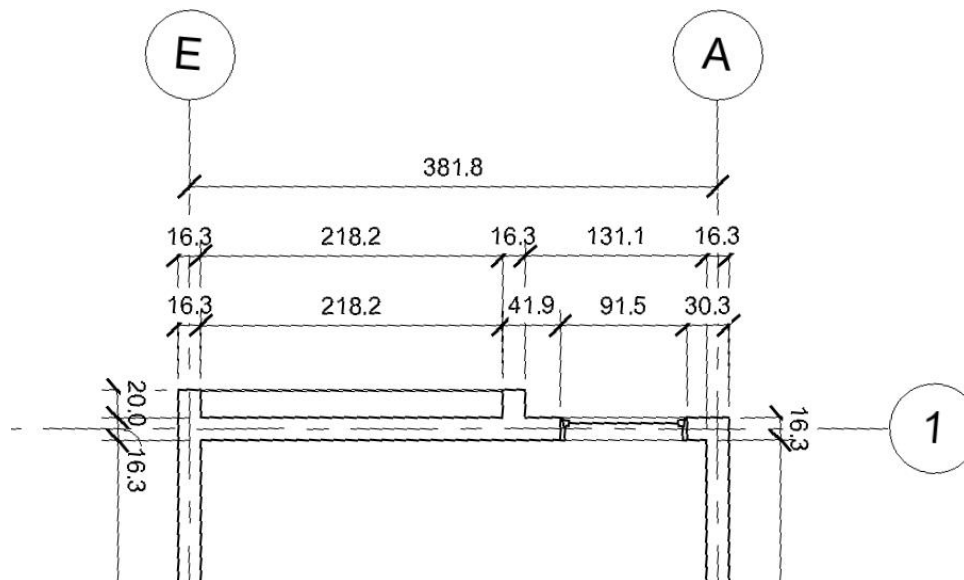
Con los datos obtenidos de los planos de la vivienda se realizo la siguiente propuesta de construcción para los muros trombe con una altura de 4.60mts.

Planta arquitectura nivel 1.



(Figura 56 fuente: Plano creado en Revit 2023)

Planta arquitectura nivel 2.



(Figura 57 fuente: Plano creado en Revit 2023)



(Figura 58 fuente: Vista creada en Revit 2023)



(Figura 59 fuente: Vista creada en Revit 2023)



(Figura 60 fuente: Vista creada en Revit 2023)

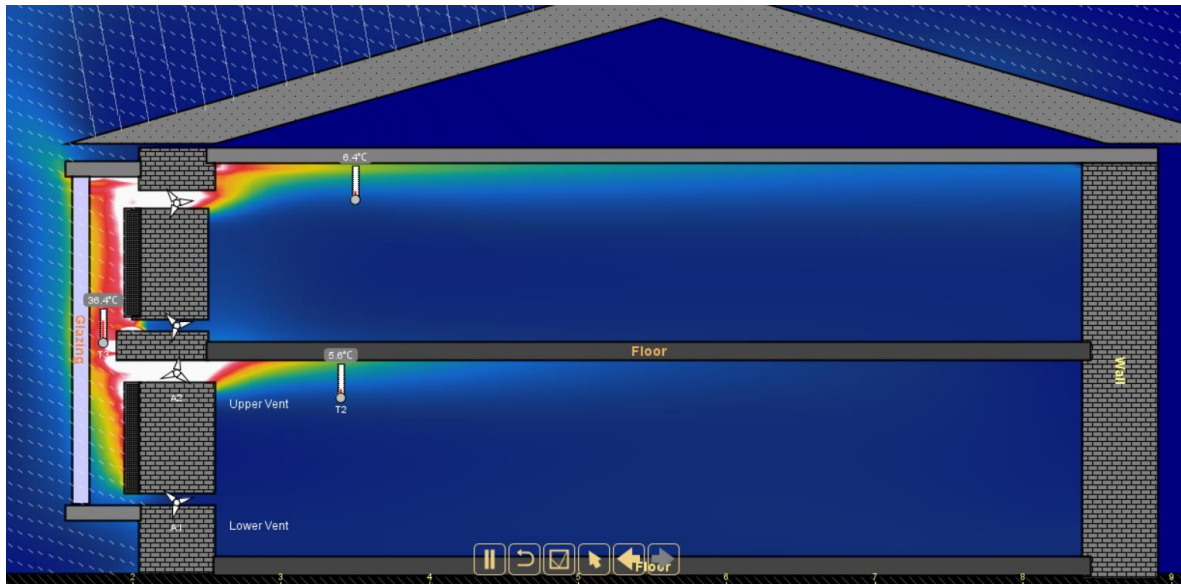
Esta propuesta se realizó con el fin de no cambiar demasiado la fachada de la vivienda, conservando la puerta y una ventana para el segundo piso, todo esto con el fin de que este nuevo frente pueda ser realizado en la vivienda ya existente como solución o como propuesta para la implementación de este muro en la construcción de nuevas viviendas sociales.



(Figura 61 fuente: Simulación creada por la herramienta ENSCAPE en Revit 2023)

Como se puede observar en la nueva simulación realizada el día 20 de junio de 2020 a la vivienda con el muro trombe ya instalado, los rayos del sol son captados en su totalidad por nuestro muro, por lo cual este cumplirá con un óptimo funcionamiento de aclimatar la vivienda para alcanzar el confort térmico.

Para poder medir si el muro trombe cumple su función es necesario realizar una nueva simulación de la penetración de los rayos solares a la vivienda con el muro ya instalado.



(Figura 62 fuente: Simulación creada en Solar 2D)

En la nueva simulación realizada en el programa Energy 2D a la vivienda con muro trombe, se puede observar que a diferencia de la vivienda sin el muro trombe, esta es capaz de captar los rayos del sol mediante una captación pasiva de la energía y convertirlos en calor el cual ayudara a obtener el confort termico en la vivienda.

CAPITULO 3:

**ANALISIS ECONOMICO CONSTRUCTIVO A LA INCORPORACION DE
MUROS TROMBE EN COMPARACION A LOS MUROS ACTUALES DE LA
VIVIENDA.**

Para la realización de nuestro análisis se comparará el precio de los materiales del muro trombe con el muro ya realizado en la vivienda y con esto poder saber cuál muro en relación con su precio y beneficios entregados a la vivienda es mejor.

PRESUPUESTO MURO TROMBE

Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Hormigón H20	m3	3,5	93.330	326.655
Vidrio 4mm	m2	8,726	63.095	487.471
Oleo negro	gl	1	31.990	31.990
Celosía	un	8	26.550	212.400
Madera cepillada 2x2"	un	14	2.690	37.660
Puerta de madera 70x200cm	un	1	68.490	68.490
Ventana 121x100cm	un	1	49.490	49.490
Total				1.214.156

PRESUPUESTO MURO ORIGINAL

Material	Unidad	Cantidad	P. Unitario (\$)	Total (\$)
Hormigón H20	m3	2,5	93.330	233.325
Puerta de madera 70x200cm	un	1	68.490	68.490
Ventanal 166x180cm	un	1	260.990	260.990
Ventana 156x110cm	un	1	77.990	77.990
Total				640.795

Para el calculo de los costos de operación se tomará el tiempo de construcción de ambos muros por igual, esto debido a que la construcción del muro trombe no implica una dificultad superior o algún tiempo de espera extra a diferencia de la construcción del muro original, por lo cual se medirá en horas de trabajo iguales para ambos muros.

CONCLUSIÓN

Podemos concluir que, el muro trombe al captar la energía solar pasivamente para alcanzar el confort térmico al interior de la vivienda es una opción viable para solucionar el problema del mal acondicionamiento térmico al interior de las viviendas sociales, ya sea por su bajo coste de instalación y casi nulo mantenimiento o por su nula emisión de gases contaminantes.

La propuesta entregada para la construcción del muro en el frente de la vivienda cuenta con todas las condiciones para el funcionamiento óptimo de la captación de los rayos del sol para nuestro muro, como también con la orientación perfecta para el impacto del viento y que así nuestro muro no sea enfriado por este.

Para finalizar pese a la diferencia de sus precios, el muro trombe como opción para mejorar el acondicionamiento térmico dentro de la vivienda, en una vivienda construida con condiciones similares o iguales a la seleccionada o como primera opción al momento de la construcción de las viviendas sociales que cuenten con las mismas condiciones que la vivienda seleccionada, es factible ya que los beneficios otorgados en relación al precio de construcción de este son mucho mayores que el muro original de la vivienda.

BIBLIOGRAFIA

- René Reyes. 2020. Sistema de monitoreo del consumo de leña y otros biocombustibles sólidos. Ministerio de agricultura. Gobierno de Chile.
- Hidalgo Muñoz, Pablo Alejandro. 2011. Creación de un modelo del sistema de calentamiento residencial llamado Muro Trombe. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Mecánica.

LINKCOGRAFIA

<https://www.ciperchile.cl/2020/11/12/frio-contaminacion-y-hacinamiento-un-millon-de-viviendas-sociales-con-fallas-que-facilitan-la-expansion-del-covid-19/>

<https://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2020/09/22/vivienda-y-pobreza-energetica-enchile-desafios-en-el-contexto-actual/>

<https://www.uchile.cl/noticias/174548/encuesta-identifica-elevado-gasto-en-calefaccion-de-familias-en-el-sur>

<http://generadoras.cl/prensa/casi-un-30-de-los-hogares-chilenos-utiliza-lena-para-calefaccion-yo-cocinar>

<https://www.cedeus.cl/blog/2020/11/12/frio-contaminacion-y-hacinamiento-un-millon-de-viviendas-sociales-con-fallas-que-facilitan-la-expansion-del-covid-19/>