**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**

**SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

# PROYECTO DE MURO TROMBE APLICADO A JARDÍN INFANTIL EN LA CIUDAD DE LEBU

Trabajo de Titulación para optar al Título

De Técnico Universitario en construcción

Alumno:

Jonathan Eduardo Luengo Paine

Profesor guía:

Sr. Cristopher Pérez

**2018**

INDICE

INTRODUCCIÓN ..... 1
RESUMEN DEL PROYECTO ..... 2
FORMULACION GENERAL DEL PROBLEMA ..... 3
JUSTIFICACION DEL PROYECTO ..... 4
OBJETIVOS ..... 5
OBJETIVO GENERAL: ..... 5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: ..... 5
METODOLOGIA ..... 6
MARCO TEORICO ..... 7
MURO TROMBE: ..... 7
ENERGIA SOLAR: ..... 8
- Radiación Directa: ..... 8
- Radiación Difusa: ..... 8
- Radiación Reflejada: ..... 8
- Global ..... 9

CONFORT TERMICO ..... 10
MASA TÉRMICA ..... 11
MARCO NORMATIVO ..... 12
CAPITULO 1: ..... 13
DESCRIBIR LOS TIPOS DE CAPTACION DE ENERGIA SOLAR PARA CALEFACCION PASIVA ..... 13
1.1 SISTEMAS DE CAPTACION SOLAR ..... 14
1.1.1 Sistemas activos ..... 15
1.1.2 Sistemas pasivos ..... 20
1.2 SISTEMAS DE CAPTACION SOLAR PASIVA SEGÚN SU COMPORTAMIENTO ..... 20
1.2.1 Ganancias directas ..... 20
1.2.2 Ganancias indirectas ..... 23
1.2.3 Ganancias aisladas ..... 26
1.3 FUNCIONAMIENTO DE UN MURO TROMBE ..... 28
1.3.1 El muro trombe durante el invierno ..... 30
1.3.2 Muro trombe durante el verano. ..... 30

1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO TROMBE ..... 32
CAPITULO 2: ..... 33
CARACTERIZAR EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO TROMBE APLICADO AL JARDIN INFANTIL JOSÉ MIGUEL CARRERA DE LEBU ..... 33
2.1 DATOS DE CONSTRUCCIÓN ..... 34
2.2 CLIMA EN LEBU ..... 36
2.2.1 Tablas de temperaturas en Lebu ..... 36
2.2.2 Condiciones del viento ..... 37
2.3 PROPUESTA DE MURO TROMBE PARA JARDIN ..... 39
2.4 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL MURO TROMBE ..... 40
2.5 CRITERIOS INSTALACIÓN ..... 44
2.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO TROMBE EN LEBU ..... 46
CAPITULO 3: ..... 48
REALIZAR LEVANTAMIENTO DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL JARDIN INFANTIL JOSE MIGUEL CARRERA, LEBU ..... 48
3.1 CONDICIONES ACTUALES DEL JADRIN ..... 49
3.2 COMPOSICION Y DISTRIBUCIÓN DEL JARDIN ..... 50
3.3 PLANO DE LA UBICACIÓN MURO TROMBE ..... 52
3.4 METODOS DE INSTALACIÓN ..... 53
CAPITULO 4: ..... 58
4.1 MATERIALES Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR ..... 59
4.1.1 PARA LA FABRICACIÓN DEL MURO TROMBE SON NECESARIAS LOS SIGUIENTES MATERIALES: ..... 59
4.1.2 HERRAMIENTAS PARA LLEVAR A CABO LA CONSTRUCCION DEL MURO . 62
4.2 COSTOS ..... 65
4.3 COSTOS DE OPERACIÓN ..... 65
5. CONCLUSIÓN ..... 66
6. BIBLIOGRAFÍA ..... 67

**AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, hermano y pareja por su apoyo incondicional que me brindaron cada día, transformándose en mi motivación diaria para poder seguir adelante en esta carrera.

Agradecer a los docentes del departamento de Construcción y Prevención de Riegos de la Universidad Técnica Federico Santa María, en especial a mi profesor guía Sr. Cristopher Pérez quien fue de gran ayuda para el desarrollo de este trabajo de título.

# INTRODUCCIÓN

Abastecerse de una buena calefacción y ventilación en un jardín infantil es esencial en cualquier zona ya que se debe mantener un confort térmico adecuado para los niños que asistan a clases.

Podemos hablar de los sistemas de calefacción solares, que recolectan y almacenan el flujo de calor que proviene del sol y, a su vez, retienen el calor presente al interior de un recinto.

Existen dos sistemas de captación solar, la activa y pasiva. Su diferencia radica en que las activas requieren de un colector solar para entregar energía a un fluido o almacenarla, mientras que las pasivas están relacionadas con el diseño del espacio habitable de un recinto.

Se dará referencia a los sistemas pasivos, sus clasificaciones y características. Específicamente esta investigación será enfocada en la construcción de muro trombe con sus ventajas y desventajas.

Podemos decir que la principal característica de este sistema de calefacción se trata de un muro sólido oscuro que capta y absorbe con facilidad la energía solar quedándose encerrada en una cámara.

El sistema y proyecto estará descrito y explicado a través información relevante y por planos hechos en autocad, y así a su vez se darán a conocer los métodos de instalación que tendrá el muro en el Jardín José Miguel Carrera.

## RESUMEN DEL PROYECTO

Mediante la construcción de un muro trombe se pretende mejorar el confort térmico de la institución Jardín infantil José Miguel Carrera, Lebu. A su vez se da a conocer que este tipo de construcción de captación solar pasiva permite un ahorro energético y aporta a la reducción de contaminación ambiental.

Ya que jardín infantil José Miguel Carrera está ubicado en lepiñanco 460, Lebu, consta con una buena ubicación para la instalación del muro trombe, ya que en el costado donde este irá construido será con orientación hacia el Nor-oeste o bien al Norte astronómico, permitiendo una captación de energía solar durante más horas, siendo fundamental para el funcionamiento de este sistema.

Se darán a conocer los diferentes tipos de captación solar enfocados mayoritariamente en las pasivas.

El proyecto será demostrado a través de planos de la institución y otros con las instalaciones y detalles, todos realizados en el programa Autocad.

Se hará una evaluación de análisis económico mostrando el presupuesto de sus costos de instalación.

## FORMULACION GENERAL DEL PROBLEMA

Lebu, es una ciudad muy ventosa y húmeda, esto conlleva a que los ciudadanos deban depender durante casi todo el año de calefacciones.

El jardín infantil se encuentra ubicado en uno de los sectores más fríos de la ciudad, ya que está a pocos metros del rio Lebu, por este motivo es que se espera poder mejorar el confort térmico de los alumnos y profesores de la institución

Por otro lado, en el planeta existe un gran porcentaje de emanación de gases invernaderos, los cuales se deben ir eliminando de la vida diaria si es necesario para disminuir el calentamiento global.

Hoy en día se debe aportar a las construcciones sustentables, ya que se debe considerar una responsabilidad en el medio ambiente. Durante el proceso se debe recurrir a los recursos naturales para prevenir la contaminación ambiental, promocionando un ambiente saludable, tanto en el interior de la institución como en su entorno. Con el objetivo de entregar calidad de vida en las ciudades para todos sus integrantes.

## JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La construcción del muro Trombe en el jardín infantil José Miguel Carrera nos ayudará a resolver nuestro problema, ya que este tipo de construcción de calefacción es con captación solar pasiva la que ayudará en nuestro principal enfoque que es mejorar el confort térmico de los niños y profesores que asisten a esta institución.

A su vez este resulta importante porque nos permitirá conocer cómo influiría en las características ambientales, pretendiendo mejorar la temperatura interior, obteniendo un bienestar para los asistentes, así como optimizar los recursos naturales e inagotables como la energía solar, consiguiendo mejorar la calidad de vida y beneficios para la salud. Es un aporte de bajos costos, ya que se realiza un costo de instalación y no uno para su funcionamiento y mantención.

Por otro lado, podemos decir que el muro trombe llega a ser una instalación saludable con el medio ambiente disminuyendo la emanación de gases invernaderos ya que en su funcionamiento se utiliza la energía solar y así también la calidad del aire por la reducción de contaminación intra-domiciliaria.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL:

- Analizar técnica y económicamente el muro trombe como sistema de calefacción pasiva, para el jardín infantil José Miguel Carrera ubicado en la ciudad de Lebu.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Describir los tipos de captación de energía solar para calefacción pasiva.
- Caracterizar el proceso constructivo del muro trombe aplicado al jardín infantil José Miguel Carrera de Lebu.
- Realizar levantamiento de las condiciones actuales del jardín infantil José Miguel Carrera de Lebu.
- Análisis económico de la implementación de muro trombe en el jardín infantil José Miguel Carrera de Lebu.

## METODOLOGIA

- Consultar en libros con información viable de diferentes temas de Muro Trombe y rescatar las ideas en las que nos desarrollaremos.
- Investigar en sitios web con contenidos verídicos que nos ayuden a entender más del tema.
- Estudio de caso para recaudar información específica de infraestructura del jardín infantil, de tal manera que pueda proponer el muro trombe como método calefacción pasiva.

# MARCO TEORICO

## MURO TROMBE:

El Muro Trombe es un sistema de captación solar pasivo que no tiene partes móviles y que no necesita casi ningún mantenimiento. Esta alternativa propone potenciar la energía solar que recibe un muro y así convertirlo en un sencillo sistema de calefacción.

**(*Figura 1 Fuente: Internet)***

**ENERGIA SOLAR:**

El sol es quien produce la energía solar. Esta se recibe en la tierra por radiación de forma constante durante las 24 horas del día y los 365 días del año. Se puede usar directamente para calentar, enfriar o iluminar viviendas y edificios. Y tanto como para el abasto doméstico de agua caliente, en cumplimiento de todos los requisitos térmicos e higiénicos básicos.

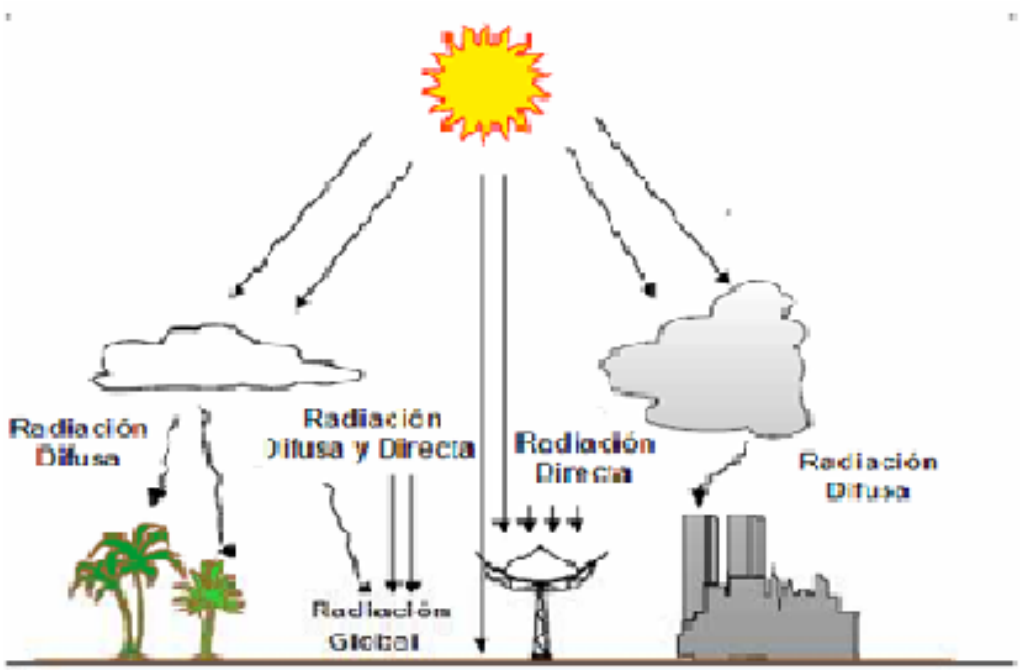
Al interior de la atmosfera, o sea, en la superficie de la tierra se tiene radiación global, y esta se descompone de la siguiente manera:

- Radiación Directa: Esta radiación es aquella que llega directamente desde el sol hacia la tierra sin haber sufrido algún cambio en su dirección. Se caracteriza principalmente por su proyección de sombras definidas de los objetos opacos que la interceptan.

- Radiación Difusa: Esta radiación que atraviesa la atmosfera va en todas las direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, provocado por el reflejo o absorción de las nubes, también por las partículas de polvo atmosférico, montañas, arboles, edificios, suelos, entre otros. Se identifica principalmente por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Y se puede destacar que en las superficies horizontales se recibe una radiación más difusa a comparación de las verticales que son de una menor intensidad.

- Radiación Reflejada: Como su nombre lo indica, la radiación reflejada es aquella que se refleja por la superficie terrestre. La cantidad de esta depende del coeficiente de reflexión de la superficie, o también llamado Albedo. Las superficies horizontales no reciben radiación reflejada, esto es porque no ven ninguna superficie terrestre, en cambio las verticales son las que más radiaciones reflejadas reciben.

- Global: Esta es la radiación total, esto quiere decir que es la suma de las tres radiaciones: directa, difusa y reflejada.




(***Figura 2 Fuente: Internet)***

Existen varios factores que influyen en la intensidad de la radiación sobre la superficie de la tierra, estos son:

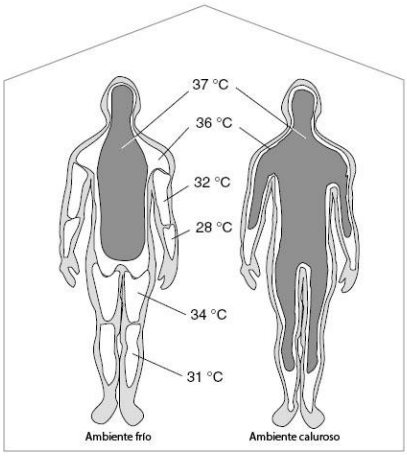
- La forma de la Tierra
- Los movimientos de la Tierra
- Los fenómenos atmosféricos
- El ciclo día/noche
- La actividad humana

## CONFORT TERMICO

Se define como confort térmico a la sensación que expresa el grado de satisfacción de las personas de una oficina, casa o edificio en relación con el ambiente térmico que se da en su interior. Depende de parámetros externos, ya sea la temperatura del aire, la velocidad del mismo, de la humedad y otros parámetros internos como la actividad física, metabolismo o ropa de cada individuo.

Para llegar a la sensación de confort, el balance global de pérdidas y ganancias de calor debe ser nulo, conservándose de esta manera nuestra temperatura normal, es decir la que se alcanza con el confort térmico.

***(Figura 3 Fuente: Internet)***




***(Figura 4 Fuente: Internet)***

## MASA TÉRMICA

La masa térmica es la capacidad de un material de absorber calor, almacenarlo y posteriormente liberarlo y entregarlo. En general cuanto mayor es el peso específico de los materiales de construcción mejora su capacidad para almacenar grandes cantidades de energía calórica y en consecuencia se traduce a una masa termina elevada. Es por esto que hormigón es particularmente significativa para alcanzar el nivel de confort deseado.

## MARCO NORMATIVO

Actualmente no existe normativa que señale explícitamente el deber de tratar los sistemas de captación pasiva, sin embargo, su acumulación y disposición puede generar una considerable disminución energética además de ayudar con la descontaminación ambiental, lo que hace que tome una real importancia hoy en día. A continuación, se describen las principales normas y decretos relacionados con esta actividad.

- ***Ley 19.300 "Bases Generales del Medio Ambiente***". Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Diario Oficial, 09.04.94. La Ley de Bases del medio ambiente reconoce el derecho de las personas de vivir en un ambiente libre de contaminación, por lo que cualquier tipo de empresa debe respetar el derecho de las personas, incluyendo las pequeñas y medianas empresas, evitando la contaminación y degradación del medio ambiente.
- ***Decreto Supremo Nº 30 de 1997*** del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Además, se ha puesto a disposición el material de ayuda que incluye seis tomos llamados *"Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas" (ECSV),* editado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, y que es una nueva versión del *"Código de Construcción Sustentable para Viviendas" (CCSV)*, publicado en 2014. Su objetivo es establecer estándares y buenas prácticas de diseño, construcción y operación de las viviendas, nuevas o usadas, con el fin de mejorar su desempeño ambiental, económico y social, mediante la definición e incorporación de criterios de sustentabilidad, basándose en parámetros objetivos y verificables. Cada tomo abarca una categoría diferente del documento, las que corresponden a: *Tomo I: Antecedentes Generales y Categoría Salud y Bienestar; Tomo II: Categoría Energía; Tomo III: Categoría Agua; Tomo IV: Categoría Materiales y Residuos; Tomo V: Categoría Impacto Ambiental; Tomo VI: Categoría Entorno Inmediato*

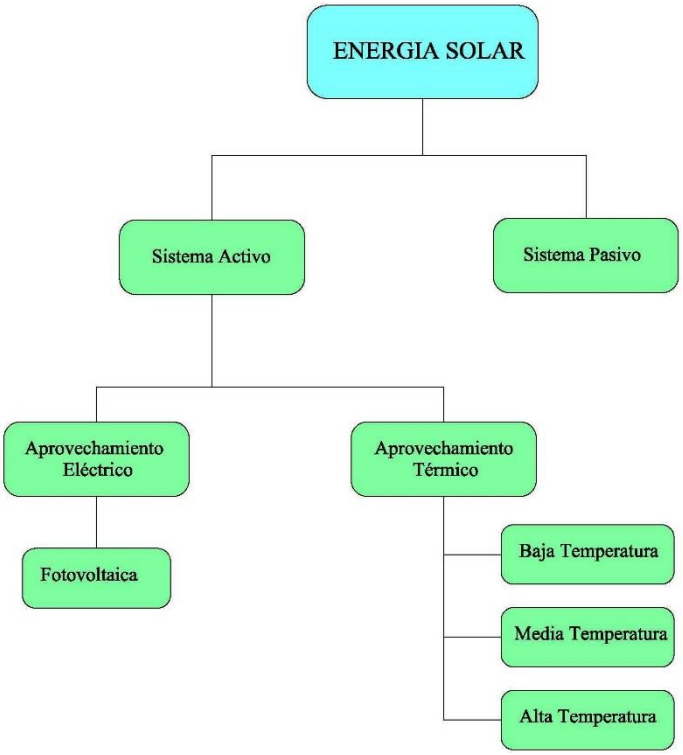
# CAPITULO 1:

# DESCRIBIR LOS TIPOS DE CAPTACION DE ENERGIA SOLAR PARA CALEFACCION PASIVA

## 1.1 SISTEMAS DE CAPTACION SOLAR

Los sistemas de captación solar consisten en aprovechar la energía solar para transformarla en un medio de transportador de calor y ventilación. En la captación solar existen dos tipos principales, los cuales son: energía solar pasiva y activa, estas según como se capture, convierta y distribuya. La energía solar pasiva permite principalmente aprovechar la energía originaria del sol directamente sin tener que procesarla, como por ejemplo la arquitectura bioclimática. Sin embargo, la energía solar activa si lleva un proceso de transformación energético.

Dentro de ésta última mencionada, se encuentran los distintos tipos de energía solar fotovoltaica y energía solar térmica, donde se usan paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos para recolectar la energía del Sol (lumínica y calorífica, respectivamente)




(***Figura 5 Fuente: Internet)***

### 1.1.1 Sistemas activos

Un sistema solar activo requiere de la energía solar para su funcionamiento y permite la captación y acumulación de calor. La generación de electricidad es mediante la conversión fotovoltaica o mediante la generación eólica. En la captación de la energía del sol se utilizan paneles solares, que pueden transferir dicha energía a fluidos como el aire, el agua, u otros. Existen sistemas de colector con circuitos abiertos y cerrados.

Existen diferentes sistemas de captación solar activa dependiendo de sus grados de temperaturas. Eso explica a que los únicos sistemas activos que pueden ser utilizados en un domicilio son los de colector solar plano ya que son para usos de bajas temperaturas en comparación a los demás.

- **Colector solar plano**, que constituye un sistema activo de bajas temperaturas.

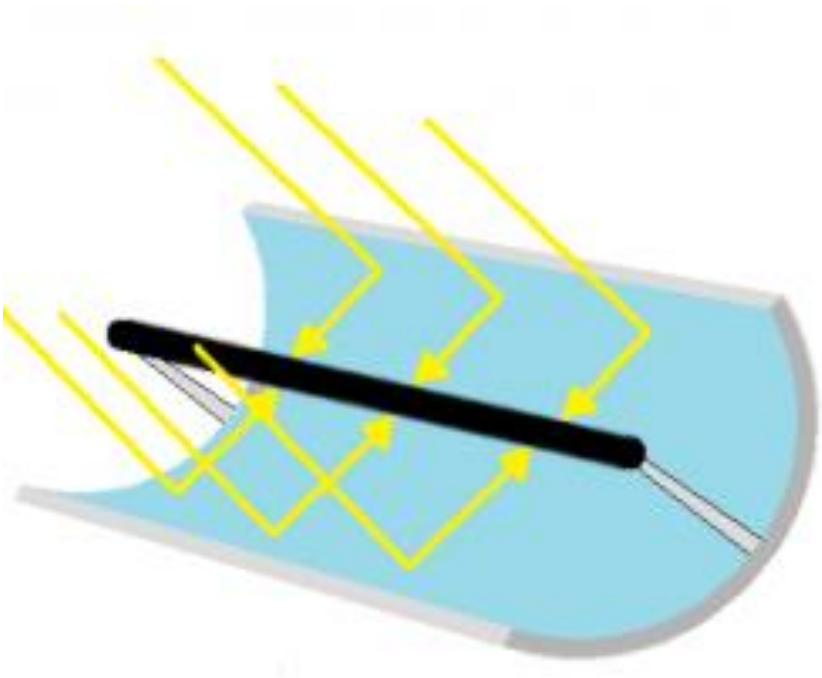
(***Figura 6 Fuente: Internet)***

En cambio, las tecnologías usadas para la energía solar de altas temperaturas son los:

- **Captadores cilindro-parabólicos:**

Mediante sus espejos concentran la radiación solar, tiene una forma parabólica en una tubería absorbente que para por el eje de la parábola. Este debe ir modificando su posición adaptándose a la posición del Sol mediante un giro alrededor del eje paralelo a su línea focal.

Estos captadores pueden alcanzar temperaturas máximas 450°C.



**(*Figura 7 Fuente: Internet)***

- **Centrales de torre**

Las centrales de torre están formadas por un campo de espejos móviles sobre dos ejes llamados heliostatos. Estos captan y concentran la radiación directa del Sol sobre un receptor, instalado en la parte superior de una torre central.

Su funcionamiento es sencillo, el vapor a alta temperatura es generado por el receptor solar. Ese vapor se utiliza posteriormente para mover una turbina que produce energía eléctrica.

(***Figura 8 Fuente: Internet)***

- **Discos parabólicos**

Los discos parabólicos son sistemas que concentran la energía solar en un punto en el que se sitúa el receptor solar y un *Motor Stirling* o una microturbina que se acopla a un alternador para aprovechar el movimiento generado por el motor para producir la energía eléctrica. Esta energía puede conectarse a la red eléctrica para su venta o para consumo directo.

**Motor Stirling*: Motor de combustión externa, esto quiere decir que el aporte energético puede realizarse mediante la energía solar concentrada.

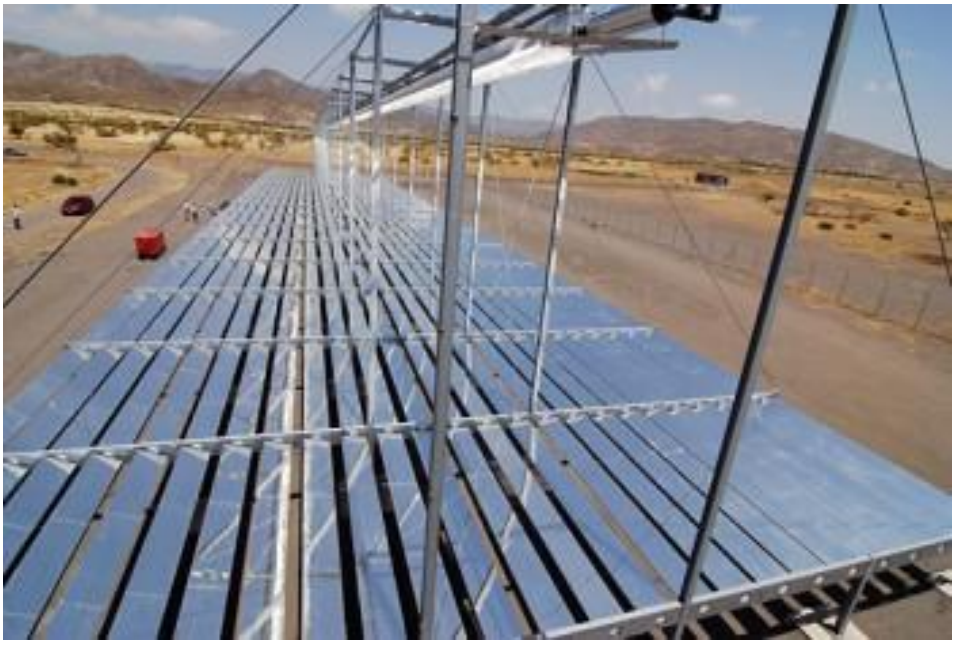
(***Figura 9 Fuente: Internet)***

La tecnología de discos parabólicos todavía está en experimentación y aún es de menor rentabilidad que la de torre o la de espejos parabólicos.

- **Receptores lineales de Fresnel**

Contiene espejos planos en sus reflectores, estos simulan la curvatura de los espejos cilindro parabólicos variando el ángulo de cada fila con un solo eje de seguimiento.

Su ventaja es que la instalación de este sistema es sencilla y no tiene un alto costo, pero su rendimiento es más bajo a comparación de la tecnología de Captadores cilindros parabólicos (CCP).



***(Figura 10 Fuente: Internet)***

### 1.1.2 Sistemas pasivos

El sistema más antiguo y a su vez el más simple de aprovechamiento de la radiación solar es el sistema de captación solar pasiva, el cual trata un conjunto de técnicas dirigidas a la utilización de la energía solar de forma directa, sin transformarla de ninguna manera para su uso inmediato o almacenamiento

El primer paso para diseñar utilizando sistemas pasivos es conocer el clima del lugar en el que se encontrará la construcción. Los diferentes valores determinaran las técnicas pasivas que se pueden implementar. Los factores más relevantes en los sistemas de arquitectura solar pasiva son la temperatura y la radiación solar que van a incidir en la construcción, por lo cual se debe intentar que esta se adapte a los cambios durante el año.

## 1.2 SISTEMAS DE CAPTACION SOLAR PASIVA SEGÚN SU COMPORTAMIENTO

En el sistema de captación pasiva se distinguen los elementos captadores y los elementos acumuladores quienes están encargados de almacenar la energía para luego ser utilizada, separándose en constructivos y de acumulación. En cambio, los captadores son los encargados de recoger la radiación solar clasificándose en ganancias directa, ganancias indirectas y aisladas.

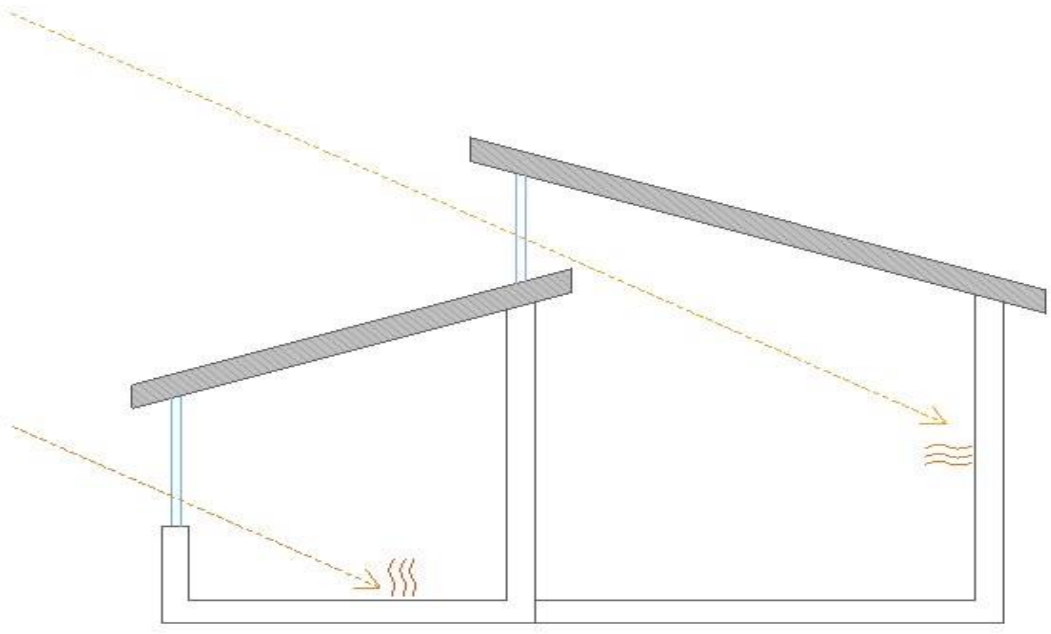
### 1.2.1 Ganancias directas

Los captadores de ganancia directa pretenden ganar máxima cantidad de radiación solar a con la menor pérdida de energía posible. Para que esto se lleve a cabo será necesario un buen aislamiento la hermeticidad del espacio.

Uno de los sistemas más sencillos dentro de esta tipología es la captación a través de zonas acristaladas. Las superficies de estas son dimensionadas según la orientación en la que se encuentre y la demanda requerida en el interior.

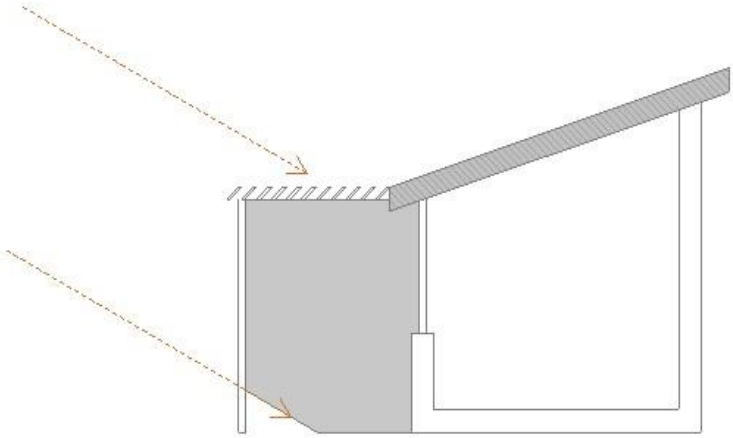
Para que este sistema alcance todo su potencial se recomienda que los elementos que recibirán la incidencia sean elementos masivos con ello se conseguirá que libren el calor

de manera prolongada en el tiempo, según lo requerido se debe seleccionar el material que más se adecue.



**(*Figura 11 Fuente: Internet*)**

En cambio, en climas cálidos es conveniente el bloqueo de estas entradas para evitar que entre la radiación y siga entrando luz natural a la vivienda se pueden emplear diversos elementos de protección. Estos elementos pueden ser aleros, sistemas de lamas, pérgolas, toldos o vegetación en las inmediaciones a la vivienda. Los materiales y su color también pueden ayudar reflectando la radiación, el color blanco es un ejemplo de ello implementándose de manera tradicional en diferentes zonas como la mediterránea y que pueden conllevar un ahorro de aproximadamente el 20% en sistemas de refrigeración.

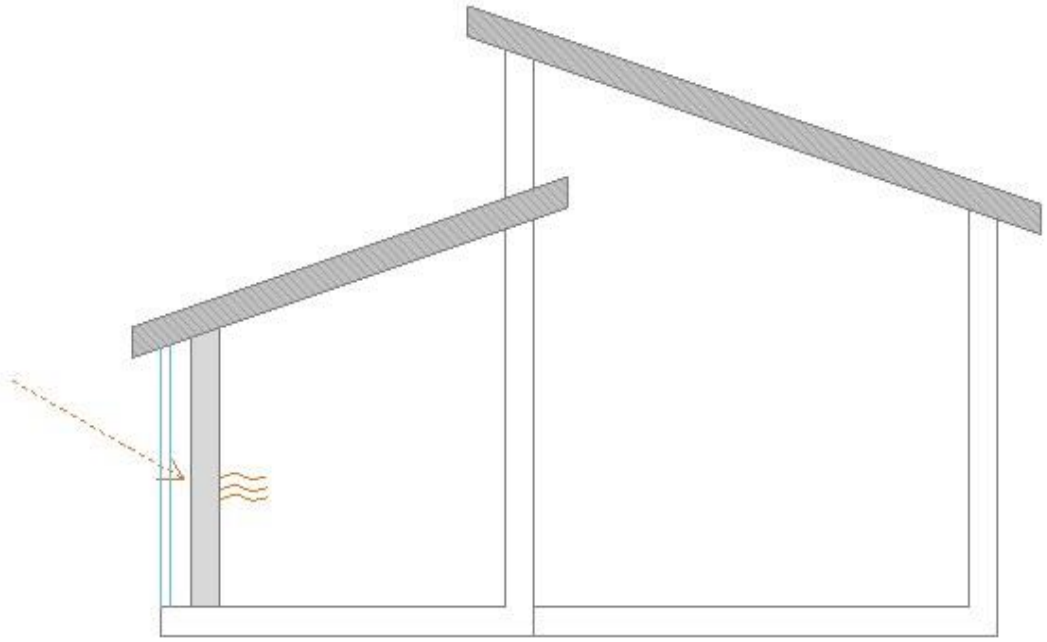


**(*Figura 12 Fuente: Internet)***

### 1.2.2 Ganancias indirectas

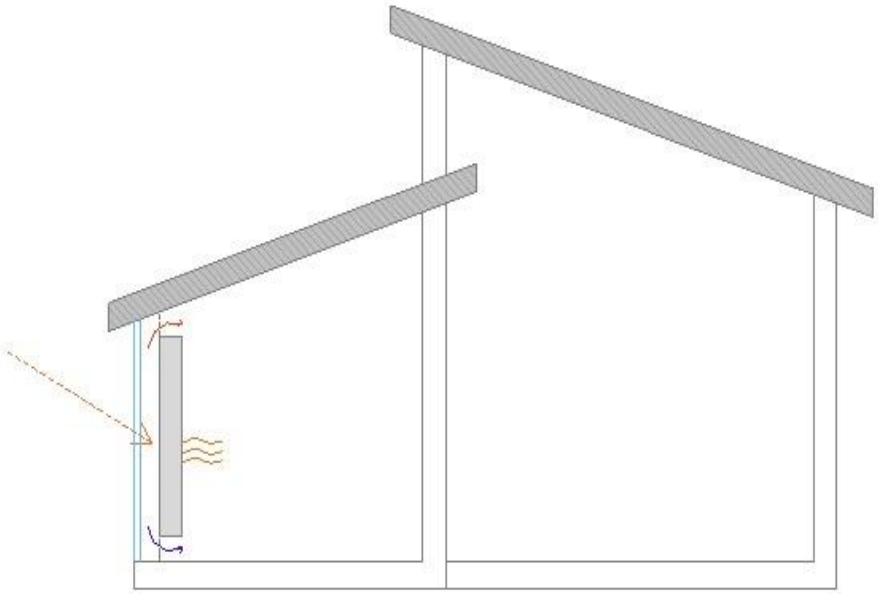
En la arquitectura solar pasiva las ganancias indirectas son un factor importante, ya que estos sistemas convertirán la radiación solar en calor mediante la absorción de las superficies externas y transmitiéndose a los espacios habitables por conducción.

Una de las formas más común de obtener esta ganancia es con la construcción de muros de un espesor entre 15 y 40 cm., estos deben ser de un material de elevada inercia térmica como por ejemplo el ladrillo, hormigón, tierra, etc. La cara exterior del cerramiento debe ser una superficie acristalada que permita crear una cámara de aire cerrada. La superficie exterior también puede ser de materiales con elevada absortividad y baja emisividad. Y en estos casos el sistema más empleado es el muro trombe



(***Figura 13 Fuente: Internet)***

El muro trombe también se suele emplear con la cámara ventilada con aberturas al espacio interior como muestra la imagen (figura 14). En ocasiones estas incluso tienen la posibilidad del control de según se requiera permitiendo intercambios convectivos con el aire de la cámara y el espacio interior. Gracias al intercambio la temperatura del espacio interior aumenta más rápidamente.



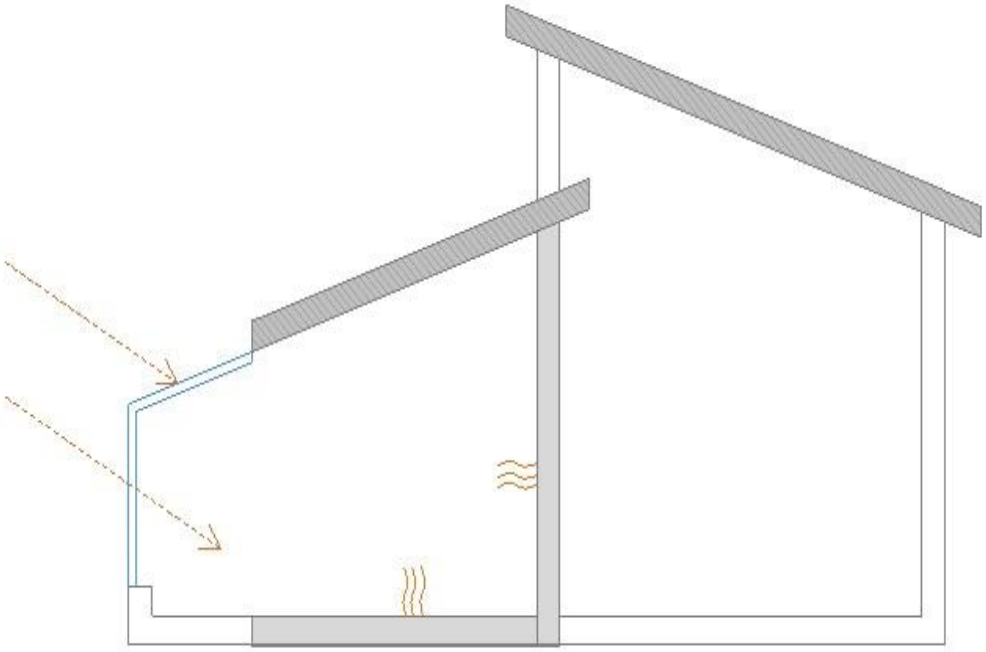
***(Figura 14 Fuente: Internet)***

**(*Figura 15 Fuente: Internet)***

### 1.2.3 Ganancias aisladas

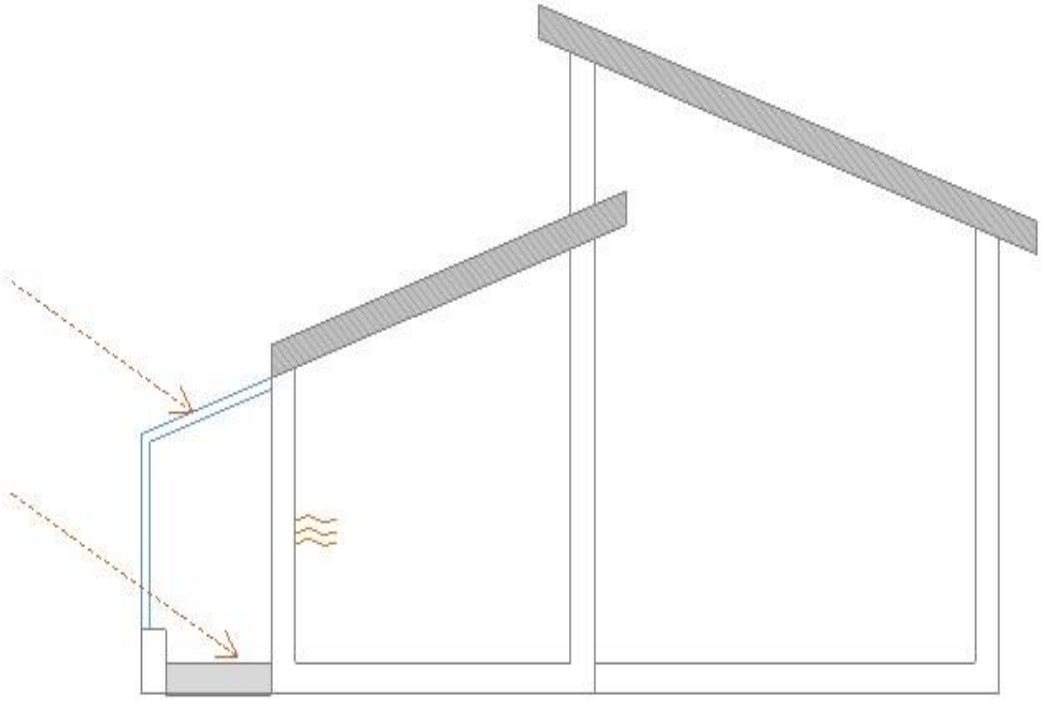
Normalmente en las ganancias aisladas se alcanzan en la arquitectura solar pasiva con la implementación de invernaderos adosados, como también se puede implementar en la cubierta. El sistema combina la captación directa y el muro acumulador.

El espacio del invernadero permite una elevada captación de calor que se distribuirá por la vivienda por convección.



***(Figura 16 Fuente: Internet)***

En este sistema existe un problema que también conlleva grandes pérdidas al ser el vidrio un buen transmisor del calor. Estas pérdidas son más comunes en la noche por la bajada de temperatura. La solución para poder restringir un poco estas pérdidas se pueden colocar elementos como persianas o muros que separen el espacio del invernadero del resto.



**(*Figura 17 Fuente: Internet*)**

Principalmente se debe tener en cuenta el entorno al diseñar estos sistemas, así como las edificaciones más inmediatas. Estos no solo pueden hacer que el sistema no funcione, sino que pueden suponer un ahorro económico.

Aparte de la clasificación realizada se han de tener en cuenta diversos factores a la hora de proyectar ya que Influirán la incidencia de sombra, las repercusiones micro climáticas inclusive la distribución del espacio interior. Comprender todos los factores será fundamental para un aprovechamiento adecuado de la energía.

Aquellos elementos deben ser concebidos en la fase de diseño de un proyecto. Esto no implica que no se puedan aplicar en edificios ya existente. Serán el estudio del entorno y del espacio los que determinen que sistemas se pueden implementar.

La arquitectura solar pasiva aporta confort a la vivienda y disminuye el consumo eléctrico convirtiéndola en imprescindible para concebir un diseño arquitectónico.

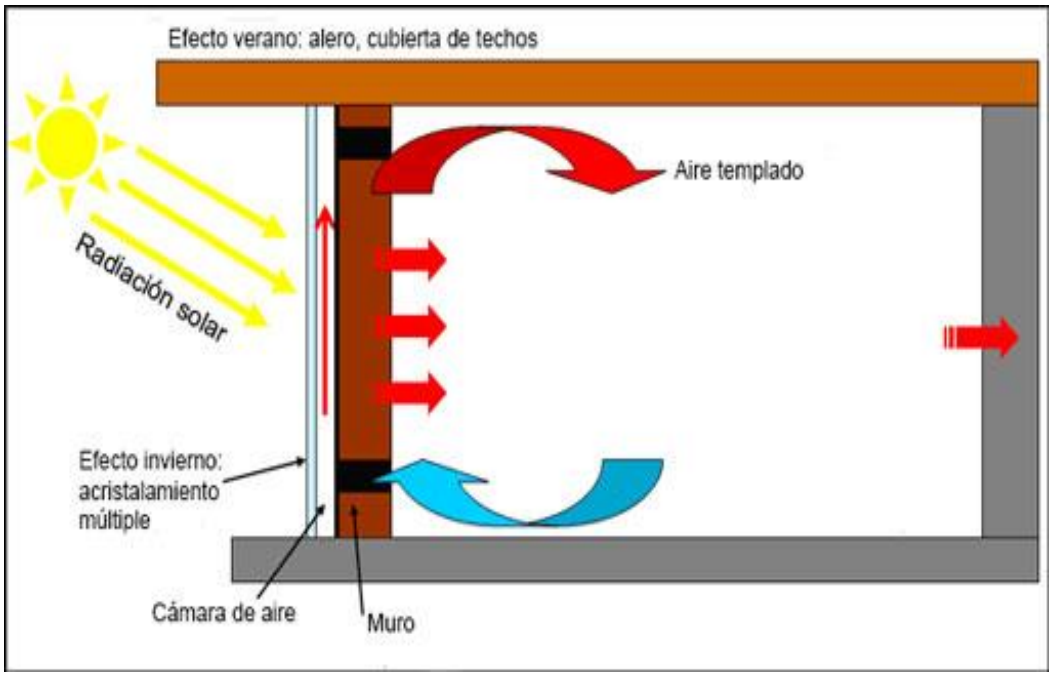
## 1.3 FUNCIONAMIENTO DE UN MURO TROMBE

El muro trombe arquitectónicamente es una de las técnicas tradicionales cuya principal ventaja es la reducción y mejoramiento del consumo energético y a su vez del confort interior.

Su funcionamiento se basa en el principio del efecto invernadero: cuando los rayos solares atraviesan un vidrio y entran en un espacio cerrado, la temperatura del interior se eleva. Así, partiendo de esto, el muro trombe tiene los siguientes elementos:

Una lámina de vidrio o plástico transparente, un muro opaco y huecos o rejillas practicables.

Lo principal de esta técnica consiste en construir una especie de invernadero estrecho pegado al muro sur u oeste. Así, la fachada tiene que estar pintada de colores oscuros, ya que estos producen más calor, y entre las partes superior e inferior del cristal y del muro tendrá que haber unas aberturas que se abran y cierren fácilmente.




(***Figura 18 Fuente: Internet)***

***(Figura 19 Fuente: Diario soyquillota, colegio de Limache)***

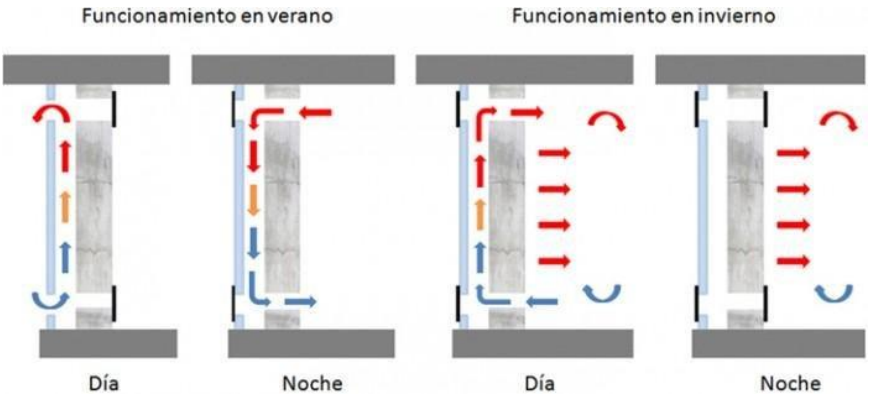
### 1.3.1 El muro trombe durante el invierno

El objetivo del muro trombe durante el invierno es producir calor hacia el interior de una vivienda, oficina o edificio aprovechando la radiación solar a través de las paredes opacas y del mismo modo que se aprovecha a través de los cristales de las ventanas. Así los rayos del sol inciden sobre el vidrio del muro, calentando el aire que hay en la cámara. Con esto se va acumulando calor en la fachada transmitiéndole finalmente al interior de la construcción. Las rejillas abiertas practicables que conectan la cámara y el interior de la vivienda, oficina o edificio, permiten que el aire caliente pueda entrar. Para ello, las aberturas del vidrio al exterior deben estar cerradas.

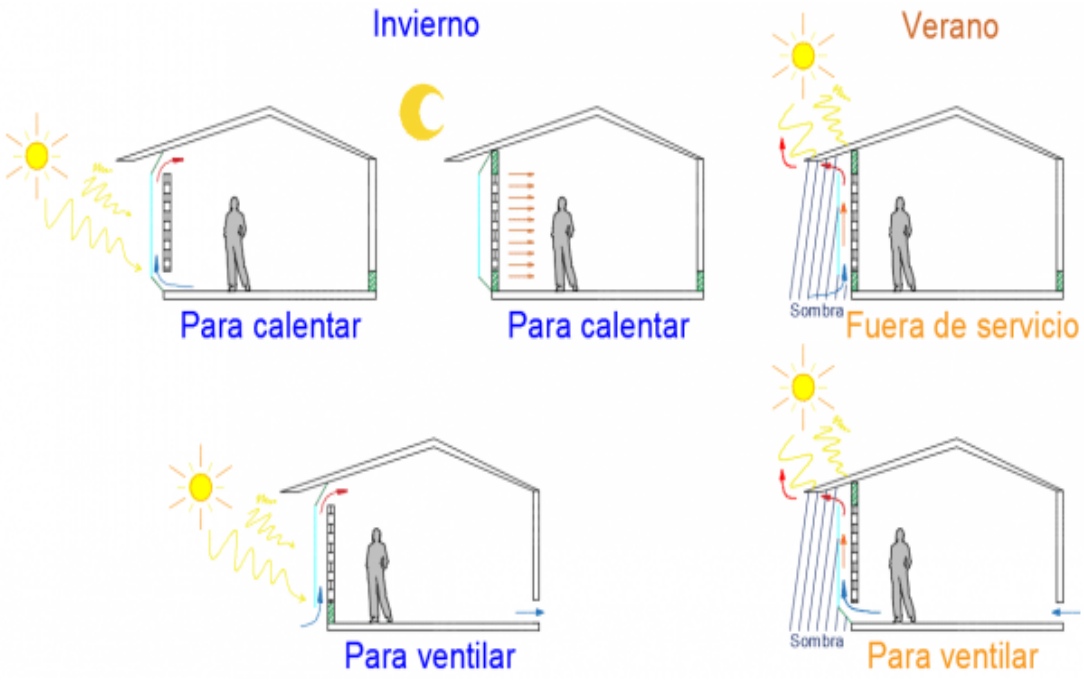
Una de las principales ventajas es que cuando el sol deja de incidir en el muro este mismo comienza a soltar calor ya que este estará mucho más caliente que el ambiente, por lo que conlleva a seguir calentando el interior de la construcción durante la noche.

### 1.3.2 Muro trombe durante el verano.

Durante el verano el objetivo es mantener el interior fresco, por lo que nos interesa que el aire caliente no se acumule, para esto existen las otras rejillas. Si abrimos las aberturas superiores e inferiores del cristal se crea una corriente donde el aire caliente saldrá pasando a estar fresco. Para esto las rejillas que conectan con el hueco con el interior tendrán que estar cerradas.




*(Figura 20 Fuente: Internet)*




*(Figura 21 Fuente: Internet)*

## 1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO TROMBE

### VENTAJAS

- Una de las ventajas con mayor peso es que el muro trombe utiliza energía solar la cual es un recurso limpio, es decir, favorable para el medio ambiente.
- Utiliza la energía solar que es un recurso inagotable puesto que su materia prima es el sol
- El costo de su construcción es de bajo costo económico.
- Reduce el gasto energético
- Al funcionar a través de la captación solar pasiva no utiliza combustible ni leña, lo cual ayuda a reducir el porcentaje de contaminación ambiental.

### DESVENTAJAS

- La instalación del muro trombe debe llevar una orientación hacia el sol, de lo contrario este no tiene un funcionamiento adecuando.

# CAPITULO 2:

## CARACTERIZAR EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO TROMBE APLICADO AL JARDIN INFANTIL JOSÉ MIGUEL CARRERA DE LEBU

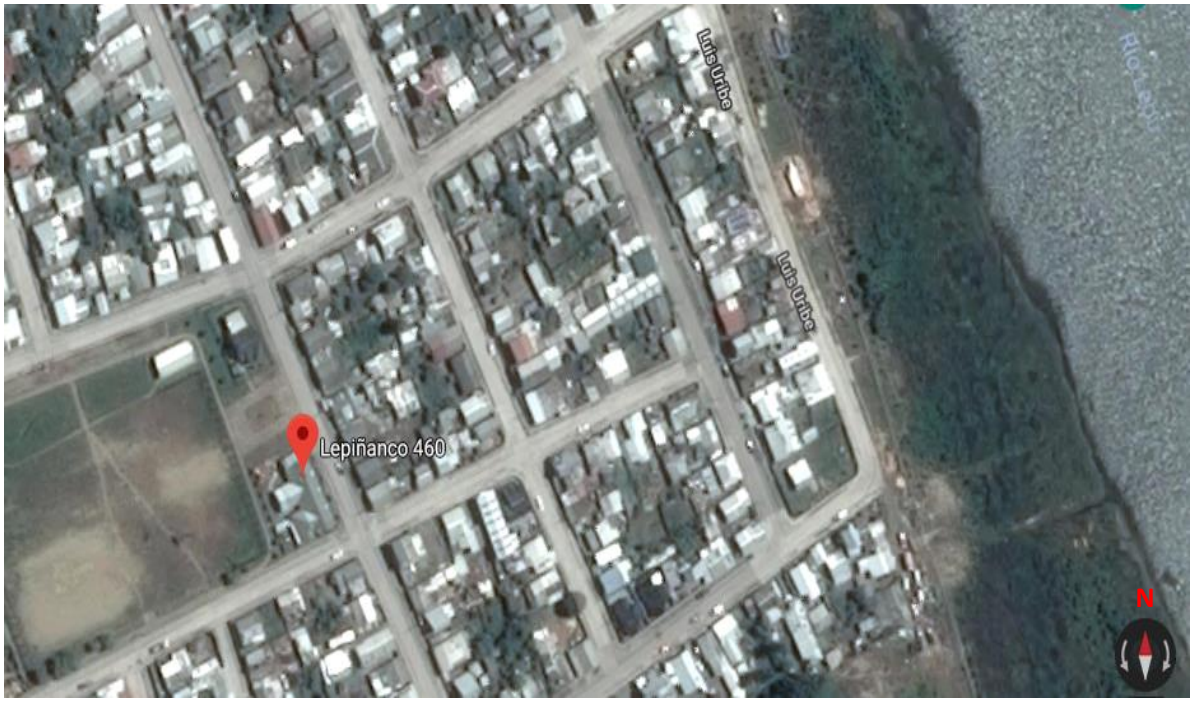
## 2.1 DATOS DE CONSTRUCCIÓN

- **Nombre:** Jardín Infantil José Miguel Carrera
- **Dirección:** Lepiñanco 460, Lebu, Región del Bio Bio

El jardín infantil ubicado en la ciudad de Lebu, dada la ubicación que este tiene el muro trombe será construido en el sector de sala de juegos orientada al Nor-oeste que favorece para la captación de rayos solares para un mejoramiento de su funcionamiento

Se propone un muro de 1.80 m de altura con 3.0 m de ancho en el sector ubicado en la figura 23.

**Localidad Vista Aérea (Google Maps):**




***(Figura 22 Fuente: google maps)***

## Lugar de instalación de muro trombe

(***Figura  23 Fuente: foto de Jardín José Miguel Carrera)***

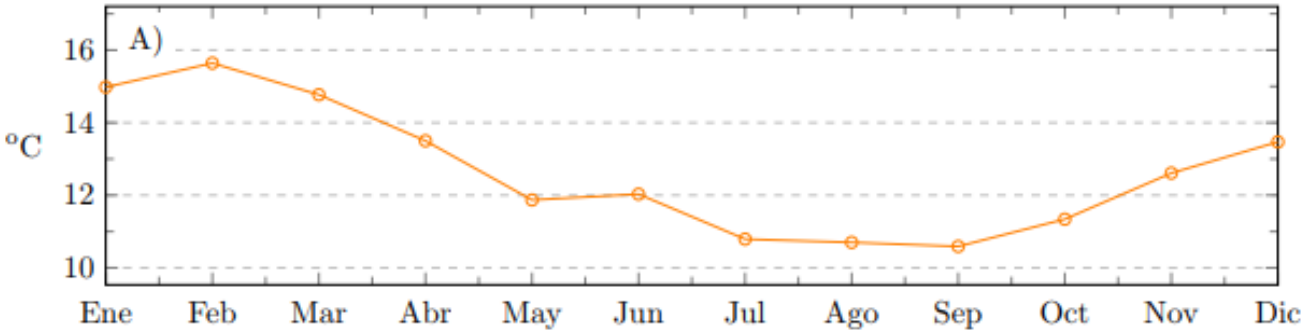
## 2.2 CLIMA EN LEBU

### 2.2.1 Tablas de temperaturas en Lebu

Tabla 8: Temperatura media.

| **Mes** | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| °C | 14.98 | 15.64 | 14.77 | 13.5 | 11.87 | 12.03 | 10.79 | 10.7 | 10.59 | 11.34 | 12.61 | 13.47 |

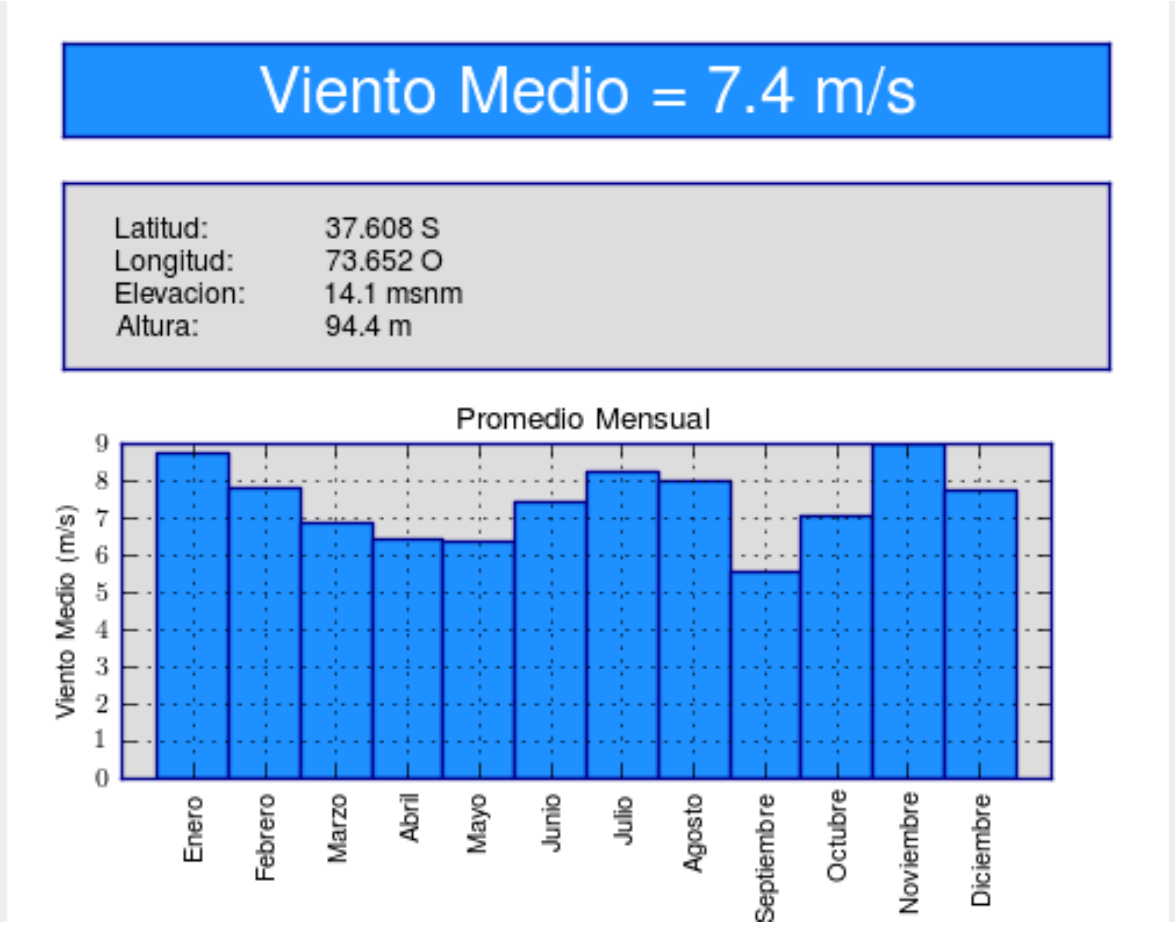
(a) Temperatura promedio mensual.



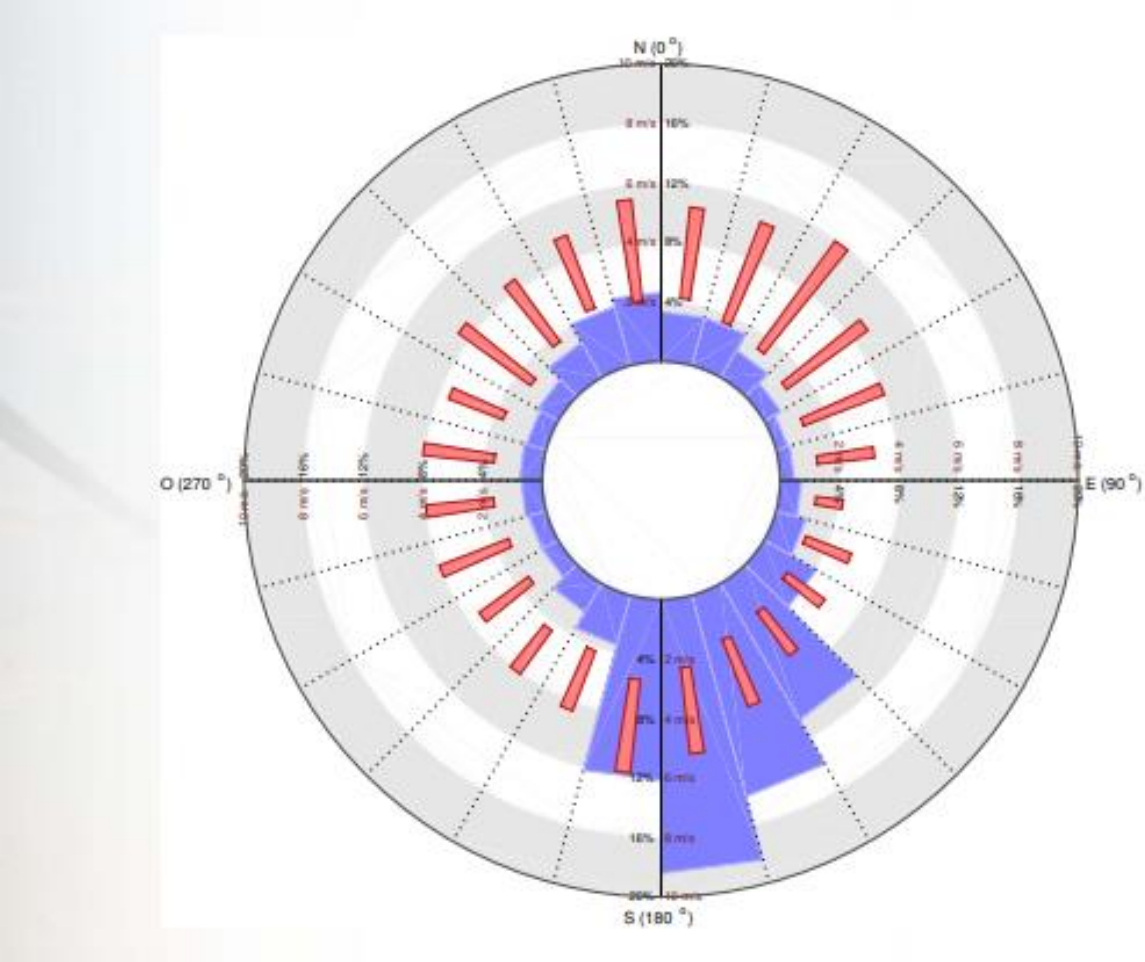

***(Figura 24 Fuente: Explorador solar ministerio de energía)***

Los datos arrojados por el explorador solar del ministerio de energía nos indica que los promedios de las temperaturas en la ciudad de Lebu, no alcanzan a estar en el rango del confort térmico idóneo que varían entre los 18°C y 25°C, por lo cual la construcción del muro trombe ayudará a alcanzar la temperatura requerida para adoptar el estado de confort.

2.2.2 Condiciones del viento




***(Figura 25 Fuente: Explorador eólico Universidad de Chile)***




**(*Figura 26 Fuente: Explorador eólico Universidad de Chile)***

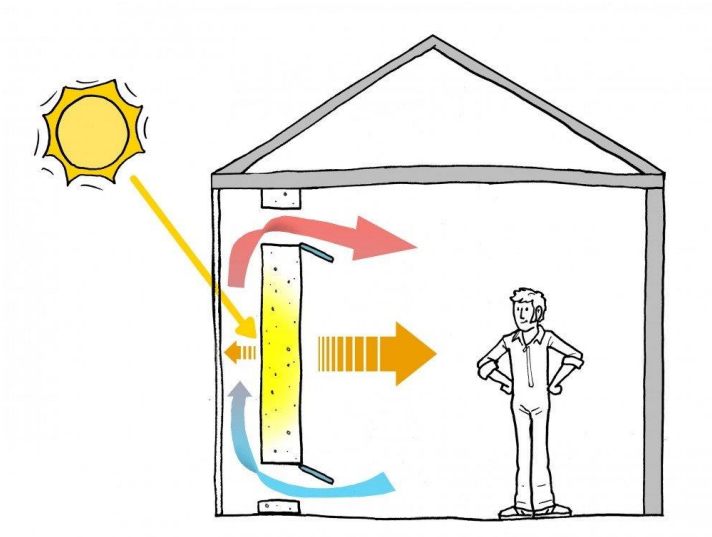
La dirección de viento es un ángulo que indica el sector desde donde proviene el viento. En particular: para 0 el viento viene del Norte; para 90 se tiene viento del Este; en el caso de 180 el viento es del Sur; y para 270 se tiene viento del Oeste.

El informe generado por el explorador eólico de la Universidad de Chile arroja que la mayor predominancia de los vientos es provocada desde el Sur de la ciudad, lo cual favorece al muro trombe a construir en el jardín ya que al estar orientado hacia el norte evita que este se enfríe producto del viento que lo impacta.

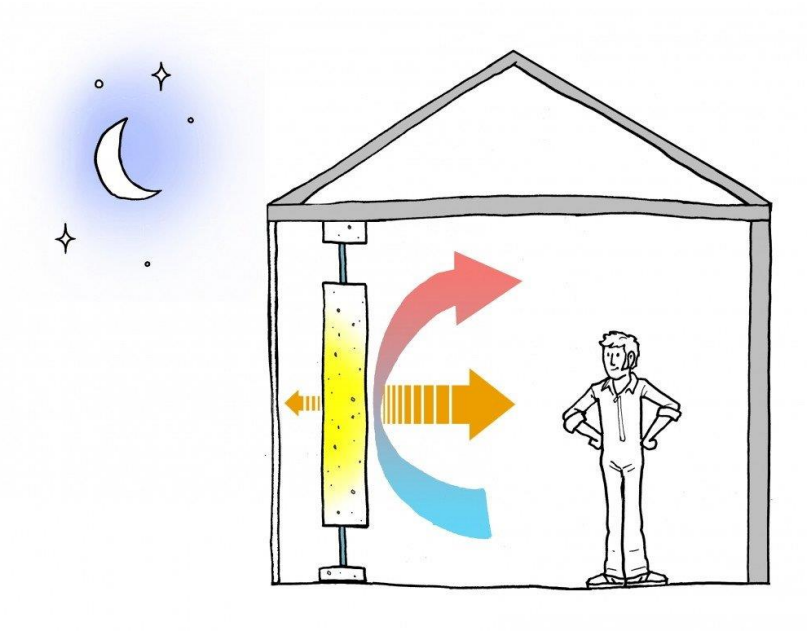
## 2.3 PROPUESTA DE MURO TROMBE PARA JARDIN

Lebu en sus condiciones climáticas se caracteriza por tener bastante viento durante el año, lo que afecta principalmente en periodos de invierno generando bastante frio y humedad en la ciudad. Este muro ofrece como principal ventaja a la climatización de las construcciones sin necesidad de echar mano de sistemas de calefacción o aire acondicionado, y esto es muy favorable en Lebu ya que muchas veces se generan cortes de electricidad, por lo cual se ve afectada el método de calefacción de las dependencias del jardín, en conjunto con la calefacción a leña, que presenta problemas por su humedad y por el humo que emana siendo contaminante y dañino para los alumnos y personal.

Se propone el muro trombe como colaborante térmico de calefacción pasiva, para el jardín infantil José Miguel Carrera de Lebu, por la materialidad que este posee y que permitirá cumplir con los requisitos para lograr el proyecto deseado. El jardín tiene una ubicación adecuada que le permitirá obtener una captación de energía solar durante la mayor parte del día. Además, es un sistema de fácil construcción, adquisición de materiales y herramientas, sencillez al momento de la instalación en el jardín, logrando otorgar un mejor confort térmico *durante el día y  noche* (figura 26 y 27)



***(Figura 26 Fuente: Internet)***



***(Figura 27 Fuente: Internet)***

## 2.4 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL MURO TROMBE

El sistema está compuesto por elementos imprescindibles para ser habilitado:

- Un muro interior construido de alta masa térmica; puede ser de piedra o adobe pintado de negro o de un material que refleje el calor, como una lámina metálica, pero en todo caso, siempre protegido con un aislante al interior. Y tener la orientación adecuada para ser expuesto durante el mayor tiempo posible.

- Una lámina de vidrio lo más espesa posible con bajo emisivo, para reducir las pérdidas de calor colocándolo en paralelo al muro.

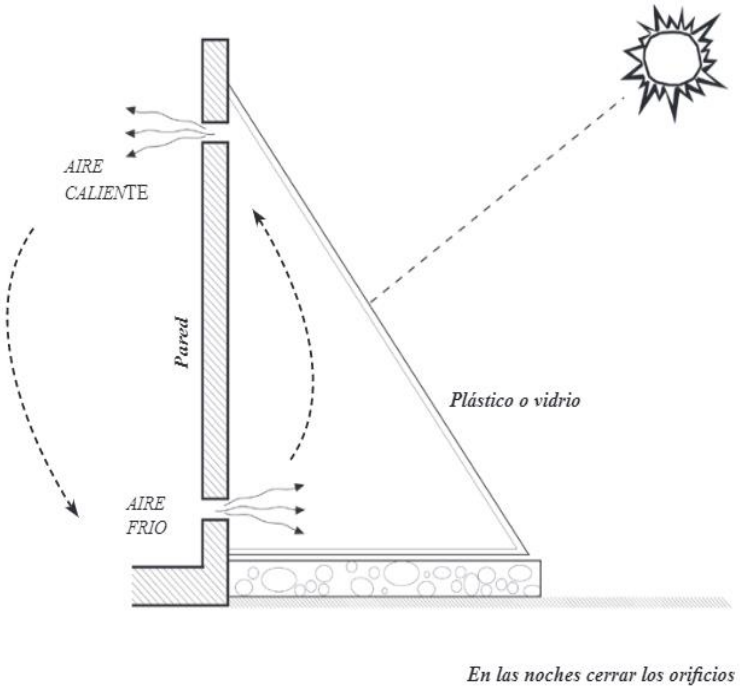
- Cámara entre el muro y vidrio, ya que debe existir un espacio entre estos dos de unos 20 centímetros aproximadamente, ya que en esta se mantendrá el calor generado

por la luz que atraviesa el vidrio y que es absorbida y acumulada sobre la pared oscura. Siendo esta la clave del funcionamiento del muro trombe.

- Un alero superior que proteja el espacio interior para que no caiga ningún cuerpo extraño entre el muro interior y la lámina de vidrio.

- Por último, las rejillas de ventilación ya que estas se encargarán de conducir el aire caliente del exterior al interior y viceversa, ayudando a su vez a que se impidan las corrientes que enfrían la construcción durante la noche o aquellas que deriven un excesivo calentamiento.

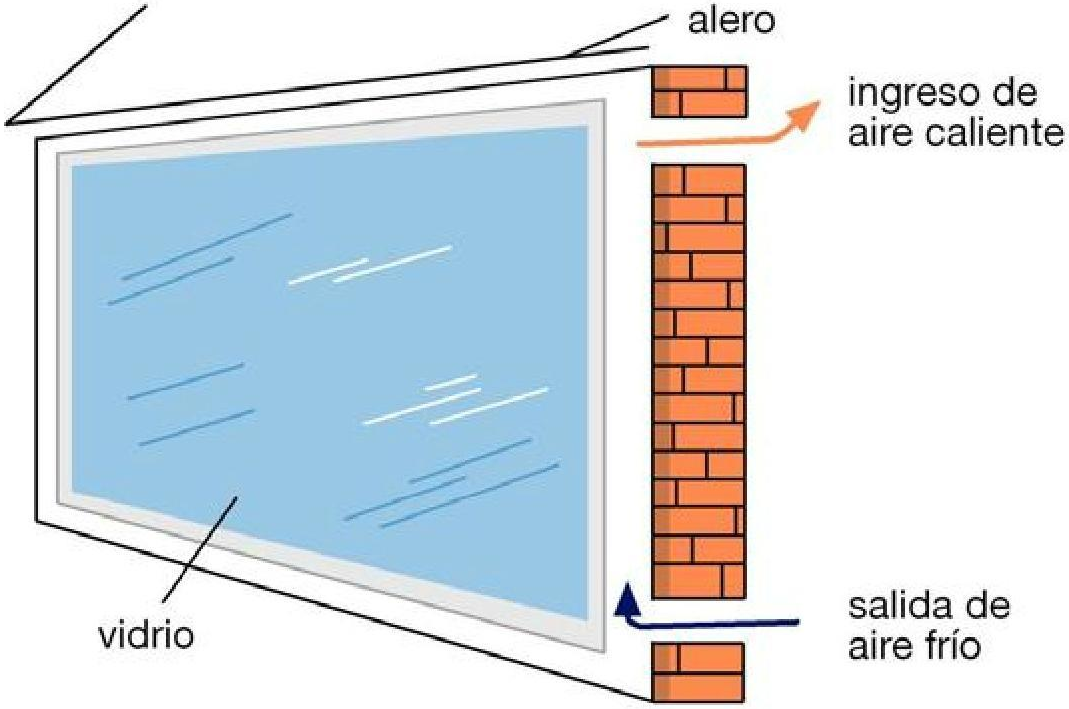
- Son cuatro orificios con sus respectivas válvulas, dos superiores (interior y exterior) y dos inferiores (interior y exterior)




***(Figura 28 Fuente: Internet)***

***(Figura 29 Fuente: Internet)***

*(Figura 30 Fuente: Internet)*




*(Figura 31 Fuente: Internet)*

## 2.5 CRITERIOS INSTALACIÓN

Para tomar la decisión de la construcción del muro trombe se deben tomar en consideración los siguientes criterios

- Calefacción ecológica (utiliza energía solar)

- La ubicación se deberá decidir eligiendo una zona con mayor incidencia de exposición de rayos solares.

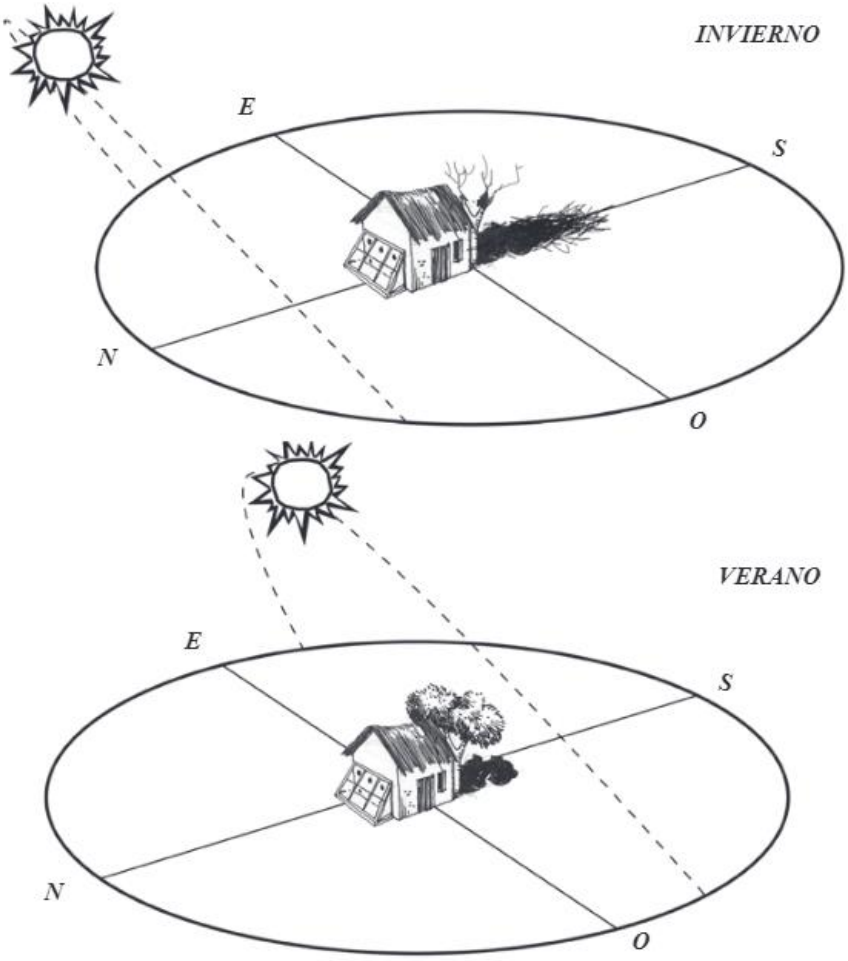
- Lo más recomendable es una ubicación Nor-Oeste o más bien Norte astronómico.

- Por lo general debe considerarse que la calefacción ecológica diagonal de uso común se coloca, usualmente, adosada a los muros de las construcciones de mejor posición y captación de la radiación solar.

- La instalación del muro trombe debe llevar una inclinación la cual debe hacerse en el vidrio y en el muro captador ya que este es el principal en el funcionamiento al absorber la energía solar.

- Para lugares que se encuentran en el hemisferio sur, como Lebu, el muro trombe debe de mirar hacia el norte.

***(Figura 32 Fuente: Internet)***



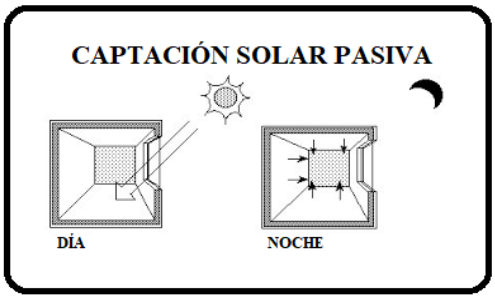

***(Figura 33 Fuente: Internet)***

## 2.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO TROMBE EN LEBU

**Ventajas:**

- El costo de su construcción es bajo ya que no utiliza tantos materiales para concretarla, lo cual es favorable para el Jardín Infantil José Miguel Carrera.
- Al utilizar la energía solar siendo un recurso inagotable hace que esta no tenga un costo mensual como las otras calefacciones y ventilaciones, ya sean eléctricas, con combustible o a leña.
- Al funcionar a través de la captación solar pasiva es una energía sustentable, lo cual ayuda a reducir el porcentaje de contaminación ambiental en la Lebu.

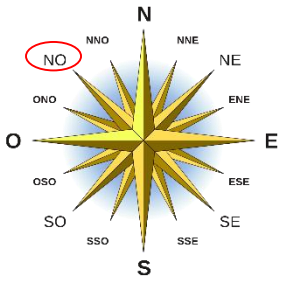
*(Figura 34 Fuente: Internet)*




*(Figura 35 Fuente: Internet)*

**Desventajas:**

- El muro siempre debe estar emplazado en dirección a favor del sol en este caso Nor-oeste o norte astronómico, ya que el funcionamiento de este depende totalmente de su posición, por consecuencia no puede ser utilizado en cualquier sector de Lebu.




***(Figura 36 Fuente: Internet)***

- Se deberá instruir al personal para otorgarle información relevante del funcionamiento del muro trombe para que puedan darle el uso correcto al sistema.

# CAPITULO 3:

## REALIZAR LEVANTAMIENTO DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL JARDIN INFANTIL JOSE MIGUEL CARRERA, LEBU

## 3.1 CONDICIONES ACTUALES DEL JADRIN

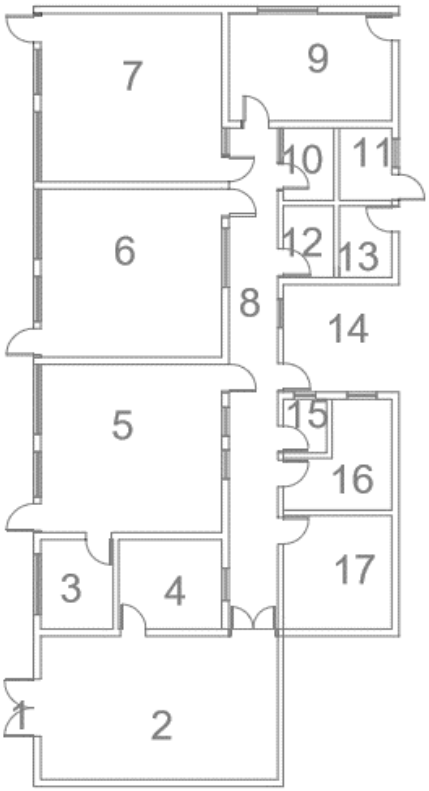
El Jardín infantil José Miguel Carrera está construido principalmente por muros de hormigón y en sus interiores por tabiquería de madera. Por lo cual este mecanismo de captación pasiva sería de mucha ayuda para poder calefaccionar y ventilar la sala de entretención de este establecimiento.

***(Figura 37 Fuente: Foto tomada del Jardín José Miguel Carrera)***

## 3.2 COMPOSICION Y DISTRIBUCIÓN DEL JARDIN

El jardín infantil José miguel carrera reúne diariamente un total de 60 niños entre las edades de 1 a 4 años separándose en diferentes cursos por edad. Cada curso está a cargo de 2 profesionales quienes se encargan del cuidado y aprendizaje de cada niño.

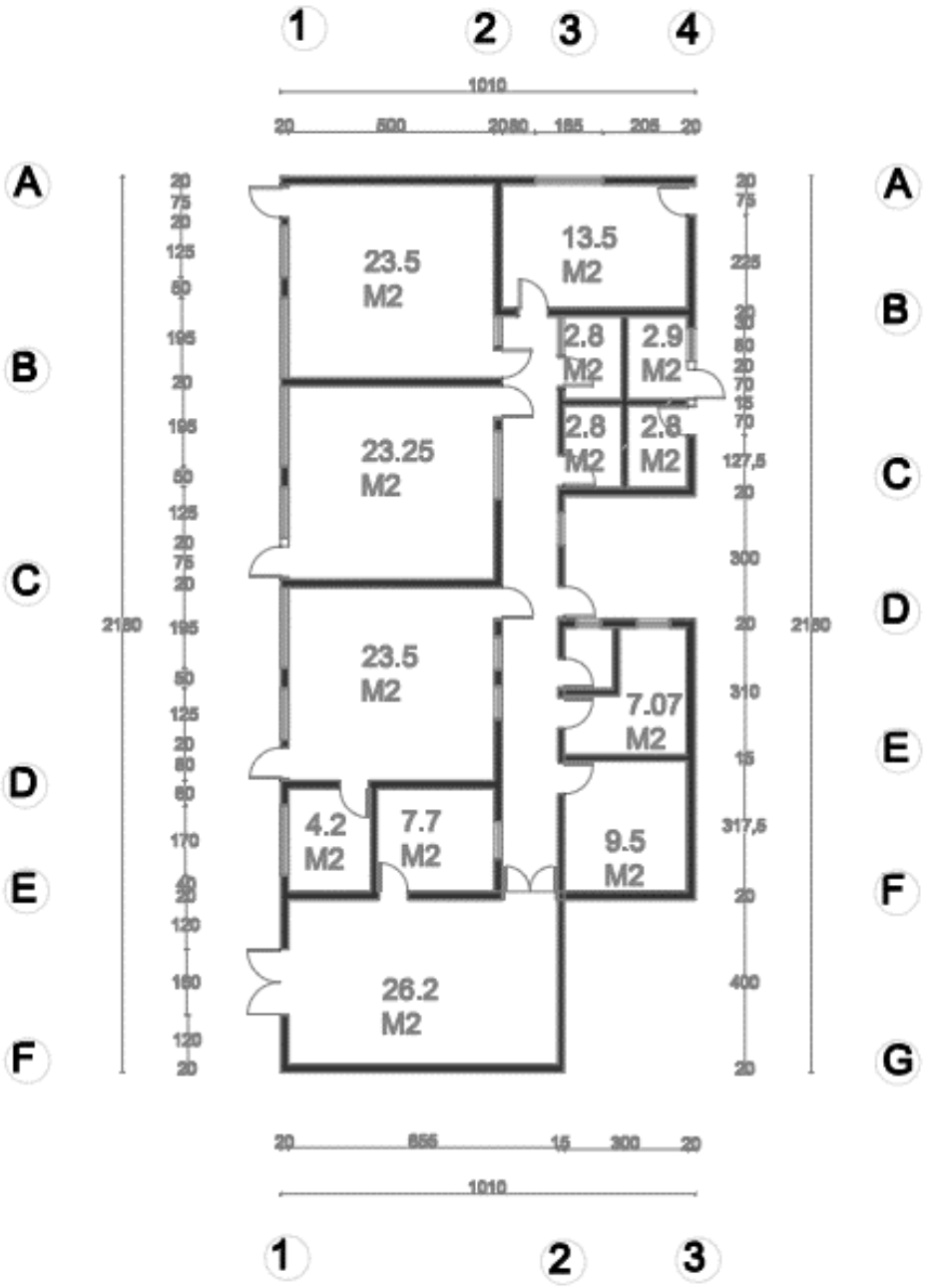
Para la distribución de sus actividades diarias, se encuentra subdividido de la siguiente forma:




DEPENDENCIAS

1 ACCESO JARDIN INFANTIL
2 SALA DE ENTRETENCION
3 SALA DE MUDAS
4 OFICINA
5 SALA CUNA
6 NIVEL MEDIO MAYOR
7 NIVEL MEDIO MENOR
8 PASILLO
9 COCINA
10 SEDILE
11 BODEGA ALIMENTOS
12 BAÑO DISCAPACITADOS
13 VESTIDOR PERSONAL
14 PATIO
15 SALA AMAMANTAMIENTO
16 COMEDOR
17 COMEDOR

***(Figura 38 Fuente: Plano creado en autocad)***




*(Figura 39 Fuente: Plano creado en autocad)*

### 3.3 PLANO DE LA UBICACIÓN MURO TROMBE

Se propone que la ubicación del muro trombe sea al costado de la sala de entretención en el sector Nor-oeste, ya que cuenta con los criterios y condiciones necesarias para captar los rayos solares durante la mayor parte del día permitiendo cumpla su funcionamiento.

Este medirá 3 metros de ancho x 1,80 metros de altura y 20 cm de espesor los que formaran la cámara que mantendrá el calor generado por la acumulación de energía.

*(Figura 40 Fuente: Plano creado en autocad)*

## 3.4 METODOS DE INSTALACIÓN

Lo fundamental para construir el muro trombe principalmente es constar con una buena masa térmica, porque esta es la encargada de darle funcionamiento al sistema.

Actualmente el jardín infantil está construido de hormigón lo que facilita en el momento de captar energía solar a través de su muro.

El muro trombe es un sistema que se puede construir sin mayor dificultad y con poco conocimiento en construcción. Aunque dependiendo de los acabados y materiales usados, principalmente con los cristales y aislantes, se puede otorgar un mejor o menor rendimiento

Los pasos a seguir son los siguientes:

- **Trazado y perforaciones**

Trazado de la pared

Perforación de la pared para los conductos de aire

***(Figura 41 Fuente: Internet)***

- **Armado de marcos**

  Armado de los marcos para el muro trombe

  Empotrado del marco en el muro

- **Montaje**

  Montaje de marcos

- **Pintado de muro**

  Pintado de muro con pintura negra

  Empedrado de piedra y pintado

***(Figura 42 Fuente: Internet)***

- **Colocación de vidrio**

  Adhesión de silicona para colocar el vidrio

  Colocado de vidrio y respectivo sellado

  Adhesión de silicona de todo el contorno para colocar el vidrio

***(Figura 43 Fuente: Internet)***

- **Terminaciones térmicas del muro**

***(Figura 44 Fuente: Internet)***

***(Figura 45 Fuente: Internet)***

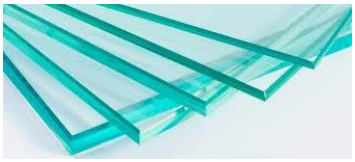
# CAPITULO 4:

# ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MURO TROMBE EN EL JARDÍN INFANTIL JOSÉ MIGUEL CARRERA DE LEBU.

## 4.1 MATERIALES Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR

4.1.1 PARA LA FABRICACIÓN DEL MURO TROMBE SON NECESARIAS LOS SIGUIENTES MATERIALES:

- Vidrio



***(Figura 46 Fuente: Internet)***

- Oleo negro

***(Figura 47 Fuente: Internet)***

- Tornillos

***(Figura 48 Fuente: Internet)***

- Sellante o silicona

***(Figura 49 Fuente: Internet)***

- Brochas y rodillo

***(Figura 50 Fuente: Internet)***

- Madera cepillada 2x2

***(Figura 51 Fuente: Internet)***

- Clavos 3´´

***(Figura 52 Fuente: Internet)***

## 4.1.2 HERRAMIENTAS PARA LLEVAR A CABO LA CONSTRUCCION DEL MURO

- Hincha de medir

***(Figura 53 Fuente: Internet)***

- Nivel

***(Figura 54 Fuente: Internet)***

- Tizador

***(Figura 55 Fuente: Internet)***

- Serrucho

***(Figura 56 Fuente: Internet)***

- Martillo

***(Figura 57 Fuente: Internet)***

- Taladro

***(Figura 58 Fuente: Internet)***

- Desatornillador eléctrico

***(Figura 59 Fuente: Internet)***

- Guantes

***(Figura 60 Fuente: Internet)***

## 4.2 COSTOS

Se hará un presupuesto de los materiales que deben existir en la fabricación e instalación del muro trombe, para esto se realizará una tabla que contenga el material, su unidad de medida, la cantidad necesaria, su precio unitario y por último el total.

| MATERIAL | UNIDAD | CANT. | P. UNIT. ($) | TOTAL ($) |
|---|---|---|---|---|
| Vidrio 4mm | **m2** | **7** | **14.490** | **101.430** |
| Oleo negro | **gl** | **1** | **20.190** | **20.190** |
| Tornillo | **un** | **200** | **3.190** | **3.190** |
| Silicona | **un** | **1** | **3.990** | **3.990** |
| brocha | **un** | **1** | **4.290** | **4.290** |
| rodillo | **un** | **1** | **4.590** | **4.590** |
| Madera cepillada 2x2” | **un** | **10** | **1.600** | **16000** |
| Clavos 3” | **kg** | **1** | **840** | **840** |
| Celosía | **un** | **4** | **15.000** | **60.000** |
| Total | | | | **214.520** |

## 4.3 COSTOS DE OPERACIÓN

Para poder realizar la evaluación de los costos de operación en la instalación del muro no conlleva mucho tiempo, ya que este es de fácil fabricación, por esto es que simplemente se mide a través de horas de trabajo.

## 5. CONCLUSIÓN

Se puede concluir que el proyecto propuesto aporta a la captación de energías solar para alcanzar un confort térmico adecuado, y a su vez disminuye los gastos energéticos y emanaciones de gases contaminantes al medio ambiente ya que el uso de esta energía es sustentable e inagotable.

Al investigar los diferentes medios de captación solar, pudimos concluir que el sistema solar pasivo es el mas económico, eficiente y más factible para llevarlo a cabo en el Jardín.

La propuesta fue diseñada en un muro el cual contó con las condiciones óptimas según lo investigado anteriormente, para poder construir este sistema ya que su orientación se encuentra hacia el Nor-oeste generando una captación mayor de energía, y su vez el impacto del viento es menor siendo favorable para que este no pierda calor.

Concluyendo, se determina este proyecto factible por su bajo costo de materiales y sencillez de construcción el cual nos permite alcanzar a obtener beneficios como el confort térmico adecuado. El muro en sí no requiere de mantención ni otro tipo de energía para su funcionamiento lo cual hace que este sea rentable en cualquier oficina, domicilio o establecimiento que cuenten con los criterios de instalación, sobre todo en sectores como Lebu y sectores rurales aledaños.

## 6. BIBLIOGRAFÍA


- 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.

- DOMANCIC HERRERA, Pedro José. 2008.Diseño de un Sistema de Calefacción Solar para un Edificio Público. Santiago: Universidad de Chile.

- Onishi J, Soeda H, Mizuno M. 2001. Numerical study on a low energy architecture based upon distributed heat storage system.


## 7. LINKOGRAFIA


- http://csustentable.minvu.gob.cl/fundamentos/
- https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/gases-efecto-invernadero-influyen-calentamiento-global/
- https://laelectricidad.wordpress.com/tag/captacion-de-la-energia-solar/
- https://solar-energia.net/definiciones/energia-solar-activa.html
- http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/
- http://www.meteochile.cl/PortalDMC-web/index.xhtml