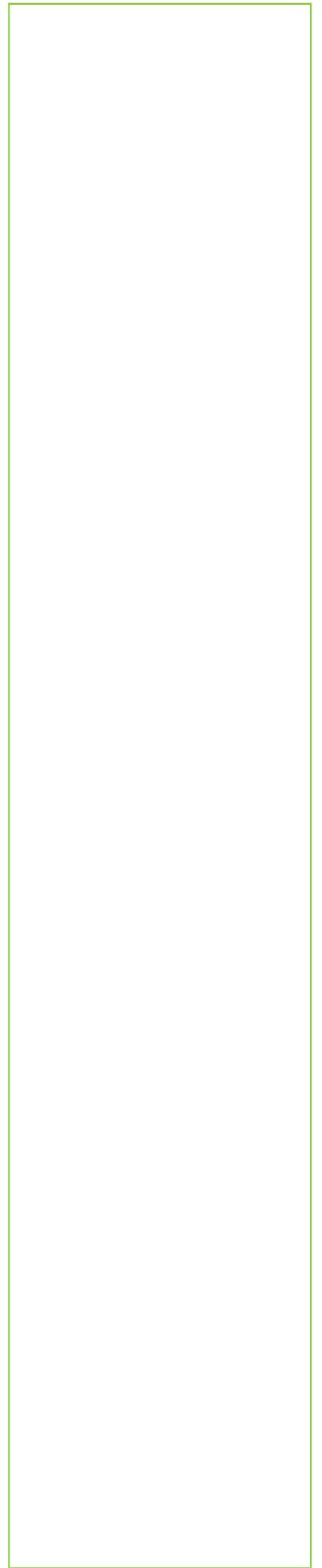


# DIAGNOSTICO BIOCLIMATICO

CME San Gabriel- Nariño



## Contenido

Tabla de ilustraciones .....	2
METODOLOGÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO, ECOLÓGICO Y SUSTENTABLE .....	3
INTRODUCCIÓN .....	3
METODOLOGÍA .....	3
OBJETIVO .....	4
ALCANCES .....	4
Análisis climático .....	4
Bienestar y confort .....	5
Definición de estrategias: .....	5
ANÁLISIS PARAMETRICO Y ESTRATEGIAS PARA GENERAR CONDICIONES DE CONFORT .....	6
ANÁLISIS DEL SITIO .....	6
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SITIO .....	6
LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN .....	6
INFORMACION GEOGRAFICA LOTE IMPLENTACION DEL PROYECTO. (Levantamiento Topográfico) : .....	6
• Latitud: .....	6
• Longitud: .....	6
• Altura: .....	6
CONDICIONES METEREOLÓGICAS .....	7
UBICACIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA .....	7
RANGO DE CONFORT (Modelo de neutralidad térmica): .....	7
TEMPERATURA .....	8
CONCLUSIÓN: .....	9
VOTO ESTIMADO MEDIO y (clo) .....	10
Parámetros (PVM) Temperatura Media (14°) .....	11
Parámetros (PVM) Temperatura Mínima promedio (10°) .....	11
PARÁMETROS (PVM) TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO (20°) .....	12
VIENTOS .....	13
PRECIPITACIÓN .....	14
GRAFICA ESTEREOGRÁFICA .....	14

Triángulos de confort (Evans).....	16
CARTA BIOCLIMÁTICA .....	17
ESTRATEGIAS PASIVAS DE CLIMATIZACIÓN A IMPLEMENTAR .....	18
CALENTAMIENTO.....	18
DESHUMIDIFICACIÓN.....	19
APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS.....	19
DEFINICIÓN DE ENVOLVENTE GEOMÉTRICO ARQUITECTÓNICA.....	19
ORIENTACIÓN.....	19
Calculo de Dispositivos de control de radiación directa .....	20
CALCULOS DE VENTILACION.....	22
Velocidad local del viento.....	23
Calidad del aire: .....	24
Ventilación debido a la presión del viento (Ventilación natural cruzada) VNC .....	25
Memoria de cálculo Cambios de aire por espacio.....	29
Bibliografía: .....	31

#### Tabla de ilustraciones

<b>Tabla 1 Triángulos de confort</b> .....	16
<b>Tabla 2 Constantes de rugosidad del terreno para diferentes capas.</b> .....	23
<b>Tabla 3 Tasa mínima de producción de CO2 por tipo de actividad</b> .....	24
<b>Tabla 4 Calidad del aire</b> .....	24
Tabla 5 Tabla resumen de caudales de ventilación e inyección / Extracción .....	27

#### Tabla de graficas

Grafica 1 Comportamiento de la temperatura mensual.....	8
Grafica 2 Comportamiento de la temperatura horaria .....	9
Grafica 3 Rosa de los vientos Pasto - Nariño.....	13
Grafica 4 Precipitación .....	14
<b>Grafica 5. Estereográfica</b> .....	14
<b>Grafica 6 Carta Bioclimática</b> .....	17
<b>Grafica 7 Matriz de estrategias Bioclimáticas</b> .....	18
Grafica 8 Orientación optima de la edificación .....	20
Grafica 9 Calculo de ángulos de incidencia.....	21
Grafica 10 Dimensión y ángulos de dispositivo de control .....	22

## **METODOLOGÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO, ECOLÓGICO Y SUSTENTABLE**

### **INTRODUCCIÓN**

Para satisfacer sus necesidades, el hombre se vale de los recursos de la naturaleza como fuente de energía, pues de su explotación dependen la industria, el transporte y las edificaciones. Al consumirlos indiscriminadamente, las reservas de los mismos disminuyen, encareciéndolos. Además de esto, durante su extracción, procesamiento y consumo se originan emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes, Key World Energy Statistics (2010).

Las edificaciones consumen el 70% de la energía que se produce en el mundo. Puede afirmarse, que gran parte de este consumo, se debe a la adopción de estilos y tendencias que no se adecúan al entorno natural. Las “nuevas tendencias urbanas” tienen como consecuencia la generación de espacios herméticos, que serán acondicionados artificialmente para que resulten confortables. Estos acondicionamientos (equipos de ventilación forzada, clima e iluminación) precisan del consumo de energía para su funcionamiento. La tecnología para generar condiciones de confort es nociva, contaminante y productora de gases de efecto de invernadero, además de contribuir al calentamiento global y el cambio climático. Ribes, S. (2011)

Existen diferentes alternativas para reducir la contaminación atmosférica y prescindir del consumo de energéticos contaminantes, es por ello que para el Comando Departamento de Policía de Santander con áreas de apoyo administrativo para las Aulas. Se propone implementar estrategias bioclimáticas, las cuales, buscan reducir el consumo de energéticos mediante la aplicación de tecnologías pasivas y el empleo de recursos materiales y energéticos renovables, limpios y de bajo impacto. Desde la arquitectura bioclimática, se puede inducir un ahorro energético y a una reducción significativa en la emisión de contaminantes.

### **METODOLOGÍA**

La finalidad de un análisis bioclimático es identificar las características climatológicas de la región y evaluarlas según parámetros de confort humano y con ello, diseñar estrategias aplicables al diseño arquitectónico, que favorezcan a la creación de espacios que permitan la sana realización de actividades humanas.

Para la presente investigación se consultaron las bases de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y el software de interpolación de datos climáticos METENORM.

En el análisis se consideran datos de temperatura, humedad, precipitación, días grado, índice ombrotérmico, insolación, radiación solar y viento. Dichos datos se procesaron en una matriz de análisis climático, desarrollada en la Universidad Autónoma Metropolitana (México) por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet.

El análisis del clima se estudió desde un punto paramétrico, mensual, anual y datos horarios, como resultado de las características propias del sitio para el impacto en el espacio arquitectónico y su óptima relación con el medio circundante

Mediante el análisis climatológico mencionado anteriormente, se plantean estrategias pasivas de climatización para generar condiciones confortables en los espacios interiores como exteriores para así generar un ambiente apto según las actividad metabólica que los ocupantes desarrollan con el objetivo de mitigar el consumo de energéticos que producen agentes contaminantes y un alto índice de Co2 con la implementación de sistemas pasivos y eficientes que tengan un funcionamiento óptimo según las condiciones climáticas del lugar.

## **OBJETIVO**

Generar condiciones de confort en los diferentes espacios del CME EL SOCORRO SAN GABRIEL, orientadas hacia la eficiencia energética y reducir la generación de agentes contaminantes y las emisiones de Co2.

## **ALCANCES**

### **ANÁLISIS CLIMÁTICO**

Se realizara un estudio climático para identificar las características de la región y evaluarlas según parámetros de confort humano y con ello, diseñar estrategias aplicables al diseño arquitectónico, que favorezcan a la creación de espacios que permitan la sana realización de actividades humanas. Para ellos se desarrolla un análisis paramétrico donde se consideran variables como:

- A. Temperatura
  - Máxima
  - Mínima
  - Media
- B. Humedad
  - Máxima
  - Mínima
  - Media
- C. Precipitación
  - Máxima en 24 horas
  - Mínima
  - Media
- D. Evaporación
- E. Insolación
- F. Dirección del viento

### **Bienestar y confort**

En relaciona la actividad metabólica de los ocupantes del espacio a ocupar los resultados del análisis paramétrico se desarrollaran gráficas y matrices como:

- A. Carta bioclimática
- B. Días grado

Que permitirán implementar estrategias de diseño bioclimático para generar condiciones de confort:

- A. Higro- térmico
- B. Lumínico

### **DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS:**

Posteriormente y con base en el análisis paramétrico y de confort, se plantean estrategias bioclimáticas para generar condiciones favorables en los espacios interiores como exteriores y así generar un ambiente de bienestar según la actividad metabólica de los ocupantes con el objetivo de reducir el consumo de energéticos y la mitigar la generación de agentes tóxicos y contaminantes bajo la implantación de sistemas pasivos como:

- A. CLIMATIZACIÓN
  - Calentamiento o enfriamiento
  - Humidificación o des humidificación
  - Ventilación
- B. ILUMINACIÓN
  - Natural
  - Eficiencia energética artificial
- C. CONTROL DE CONTAMINANTES
  - Aire

## ANÁLISIS PARAMÉTRICO Y ESTRATEGIAS PARA GENERAR CONDICIONES DE CONFORT

### ANÁLISIS DEL SITIO

#### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SITIO

La CME San Gabriel se ubicada en la cordillera occidental de los Andes, situado a 3053 metros de altitud, en el departamento de Nariño al sur de Colombia.

#### LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN



Fuente: Google Maps

#### INFORMACION GEOGRAFICA LOTE IMPLEMENTACION DEL PROYECTO. (Levantamiento Topográfico):

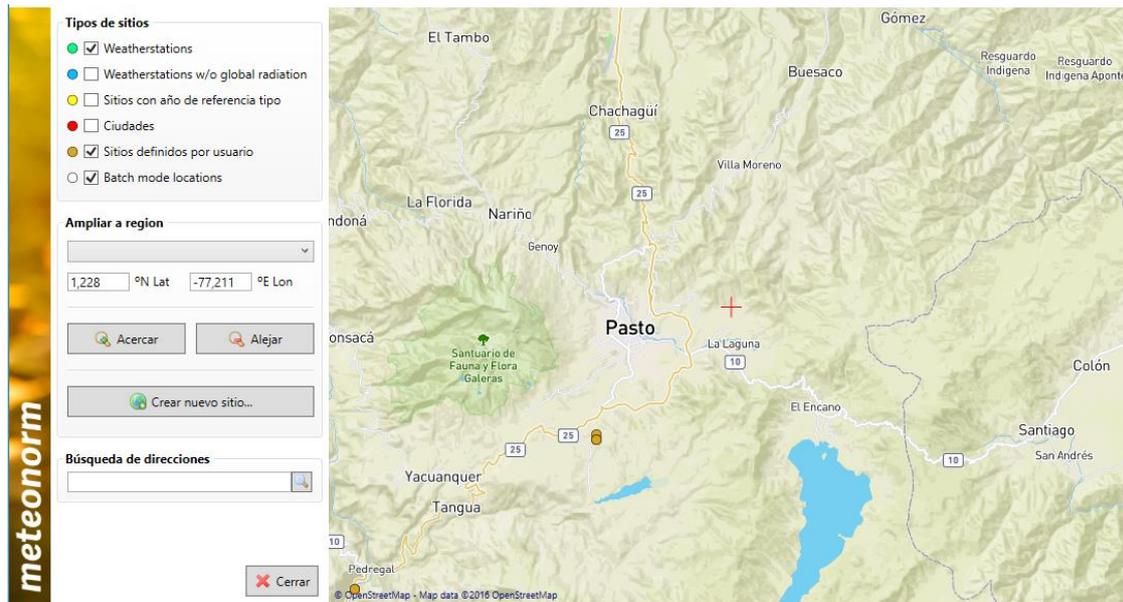
- **LATITUD:** 1° 10' 46"
- **LONGITUD:** 77° 09' 74"
- **ALTURA:** 3053 msnm

## CONDICIONES METEREOLÓGICAS

### UBICACIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA

El punto de partida en el desarrollo del análisis climático es recopilar los datos climatológicos y normalizados para ello se aplicara el software METEONOR. El cual nos arroja datos de temperatura, radiación, precipitación, radiación global difusa.

Ilustración 1 Ubicación de estación



Fuente: Meteornorm

### RANGO DE CONFORT (MODELO DE NEUTRALIDAD TÉRMICA):

Para determinar el rango de confort se emplea el modelo de neutralidad térmica (Tn), o Termopreferéndum, el cual se basa en la fórmula propuesta por Auliciems y de Dear, que relaciona la sensación de confort con la temperatura exterior de bulbo seco y se determina a continuación:

$$T_n = 17 + (T_{Media} (14^\circ) * 0.31)$$

$$T_n = 21^\circ$$

Rango de confort (18° - 24°)

Dónde:

Tn = Temperatura de neutralidad térmica (termopreferéndum)

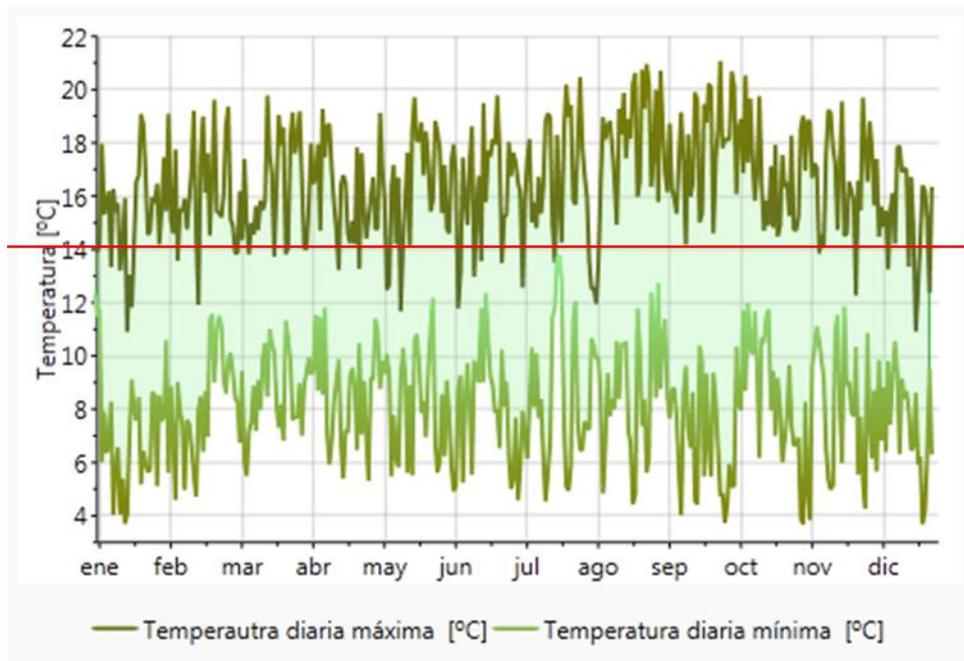
TMedia = Temperatura media exterior de bulbo seco

ANÁLISIS														
CONFORT TÉRMICO MENSUAL														
Temp. superior de confort	t°C	24.6	24.4	24.5	24.5	24.4	24.3	24.2	24.2	24.4	24.7	24.4	24.6	24.4
Temperatura Neutra	t°C	22.1	21.9	22.0	22.0	21.9	21.8	21.7	21.7	21.9	22.2	21.9	22.1	21.9
Temp. inferior de confort	t°C	19.6	19.4	19.5	19.5	19.4	19.3	19.2	19.2	19.4	19.7	19.4	19.6	19.4
TEMPERATURA Máxima Extrema		Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Frío	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort
TEMPERATURA Máxima		Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Frío	Frío	Frío	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort
TEMPERATURA Media		Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío
TEMPERATURA Mínima		Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío
TEMPERATURA Mínima Extrema		Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío

Fuente: Elaboración propia con base en la matriz del laboratorio de diseño bioclimático de la Universidad Autónoma Metropolitana – México

## TEMPERATURA

Grafica 1 Comportamiento de la temperatura mensual



Fuente: Meteonorm

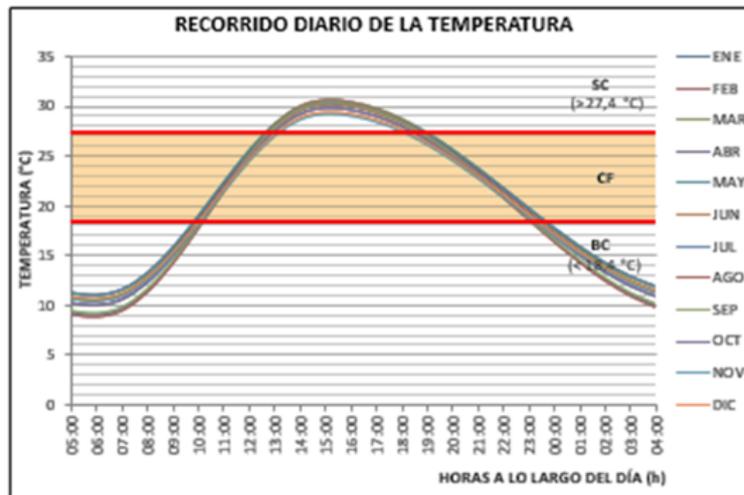
Comportamiento horario de la temperatura se observa la oscilación de la temperatura a lo largo del año; así como los meses que están en bajo calentamiento y sobre calentamiento.

En relación a la Grafica 1 Comportamiento de la temperatura mensual se puede observar que en las horas de la mañana la temperatura está en bajo calentamiento (6AM – 11AM) con un rango de temperaturas de (6° - 10°).

El rango de confort en temperatura se observa (11am – 3pm) con temperaturas que oscilan (14° - 19°)

Apartir de las 4Pm declina nuevamente la temperatura a un bajo calentamiento.

Grafica 2 Comportamiento de la temperatura horaria



Fuente: Elaboración propia con base en la matriz del laboratorio de diseño bioclimático de la Universidad Autónoma Metropolitana – México.

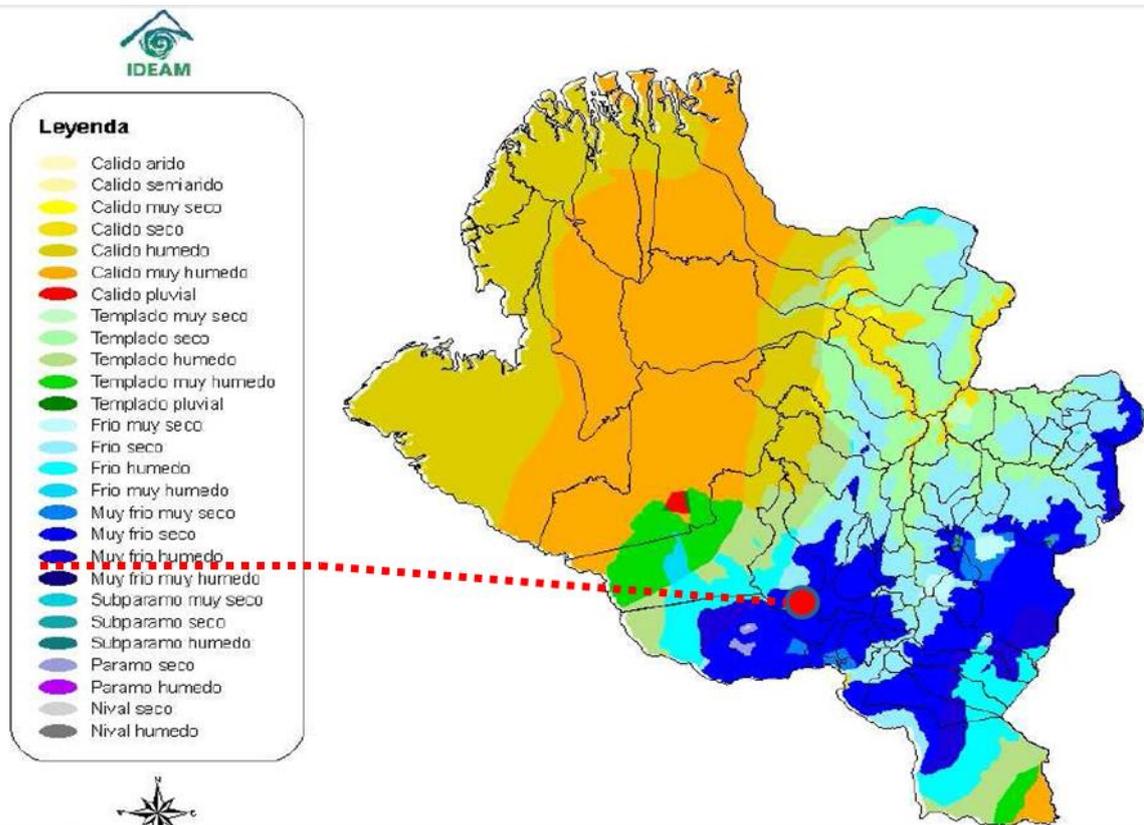


Ilustración 2 Clasificación climática IDEAM

## CONCLUSIÓN:

El rango de temperaturas es fluctuante por lo que se recomienda ganar radiación durante el 70% del día; así como bloquear los puentes térmicos en las grandes superficies para concentrar la energía captada por radiación.

Se recomienda ganar radiación directa para generar condiciones de confort en el flanco Oriente de (6:00 – 12:00).

En el flaco Oeste ganar radiación (12:00 – 15:00horas)

### VOTO ESTIMADO MEDIO Y (CLO)

El voto medio estimado indica un valor de los votos emitidos de un grupo de personas respecto a una escala térmica de 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso, muy caluroso), basado en el equilibrio térmico.

El equilibrio térmico depende de la actividad física, de la vestimenta, y parámetros ambientales como la temperatura del aire, la temperatura radiante, la velocidad y humedad del aire.

Parámetros de simulación del PMV:

Vestimenta:

Aislamiento térmico para combinaciones habituales de ropa

**Ropa de trabajo**

- Calzoncillos, mono, calcetines, zapatos
- Calzoncillos, camisa, mono, calcetines, zapatos
- Calzoncillos, camisa, pantalones, bata, calcetines, zapatos
- Ropa interior de mangas y perneras cortas, camisa, pantalones, chaqueta, calcetines, zapatos
- Ropa interior de mangas y perneras largas, chaqueta térmica, calcetines, zapatos
- Ropa interior de mangas y perneras cortas, camisa, pantalones, chaqueta, chaquetón y sobrepantalones con acolchado grueso, calcetines, zapatos, gorro, guantes
- Ropa interior de mangas y perneras cortas, camisa, pantalones, chaqueta, chaquetón y sobrepantalones con acolchado grueso, calcetines, zapatos
- Ropa interior de mangas y perneras largas, chaqueta y pantalones térmicos, parka con acolchado chaquetón y sobrepantalones con acolchado grueso, calcetines, zapatos

**Ropa de uso diario**

- Bragas, camiseta, pantalón corto, calcetines finos, sandalias
- Calzoncillos, camiseta de manga corta, pantalones ligeros, calcetines finos, zapatos
- Bragas, combinación, medias, vestido, zapatos
- Ropa interior, camisa, pantalones, calcetines, zapatos
- Bragas, camisa, pantalones, calcetines, zapatos
- Bragas, medias, blusa, falda larga, chaqueta, zapatos
- Ropa interior de manga y perneras largas, camisa, pantalones, jersey de cuello en V, chaqueta, zapatos
- Ropa interior de manga y perneras cortas, camisa, pantalones, chaleco, chaqueta, chaquetón, zapatos

Aislamiento de la ropa  clo (1 clo = 0,155 m2 K/W)

Actividad Metabólica:

Tasa metabólica según la actividad

- Reposo, tendido
- Reposo, sentado
- Actividad sedentaria (oficina, domicilio, escuela, laboratorio)
- Actividad ligera, de pie (de compras, laboratorio, industria ligera)
- Actividad media, de pie (dependiente de comercio, tareas domésticas, trabajo con máquinas)
  - Caminar en llano a 2 Km/h
  - Caminar en llano a 3 Km/h
  - Caminar en llano a 4 Km/h
  - Caminar en llano a 5 Km/h

Actividad metabólica sedentaria Tasa metabólica  met

Se realizará el análisis de la temperatura media promedio, Máxima Promedio (horas de la tarde) y la temperatura mínima promedio (horas de la mañana) para estimar los porcentajes y las condiciones de vestimenta de las personas con la temperatura ambiente exterior.

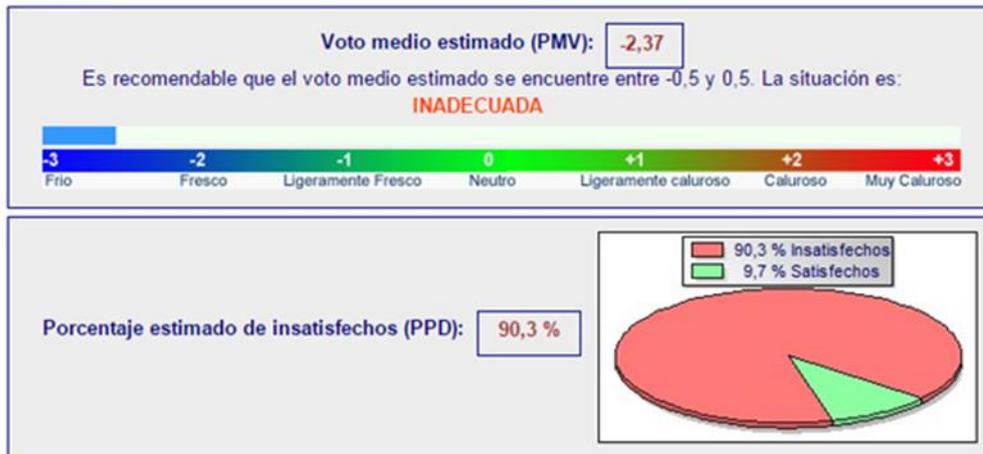
## PARÁMETROS (PVM) TEMPERATURA MEDIA (14°)

Parámetros para temperatura Media

Temperatura del aire 8 °C  
 Temperatura radiante media 14 °C  
 Velocidad relativa del aire 0,5 m/s  
 Humedad relativa 89 %

### Resultado (PMV) Temperatura Media (14°)

#### Resultados



<http://www.ergonautas.upv.es/herramientas/fanger/fanger.php>

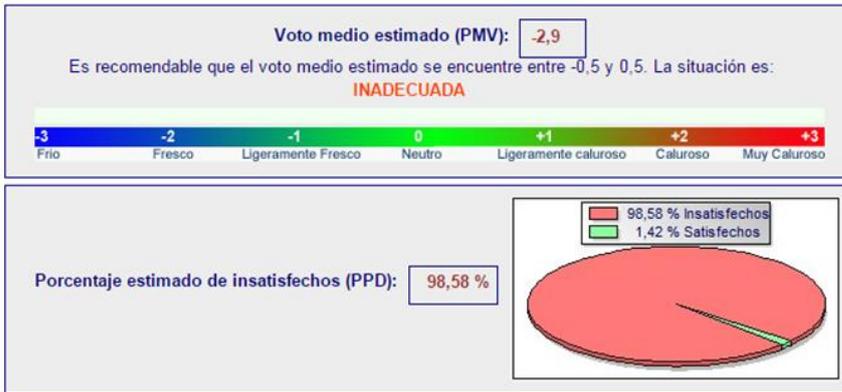
Con los datos de temperatura media promedio y con una chaqueta y ropa abrigada se tendría un 90,3% de personas insatisfechas.

## PARÁMETROS (PVM) TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (10°)

Parámetros para temperatura Mínima

Temperatura del aire 6 °C  
 Temperatura radiante media 10 °C  
 Velocidad relativa del aire 0,5 m/s  
 Humedad relativa 91 %

Resultados



<http://www.ergonautas.upv.es/herramientas/fanger/fanger.php>

Con los datos de temperatura mínima promedio y con una chaqueta y ropa abrigada se tendría un 98,58 % de personas insatisfechas.

## PARÁMETROS (PVM) TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (20°)

Parámetros para temperatura Máxima

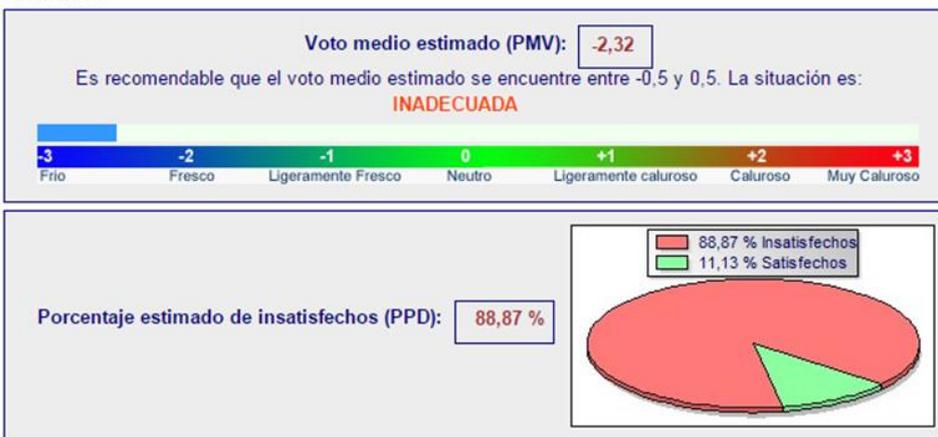
Temperatura del aire  °C

Temperatura radiante media  °C

Velocidad relativa del aire  m/s

Humedad relativa  %

Resultados



<http://www.ergonautas.upv.es/herramientas/fanger/fanger.php>

En horas de la tarde con una temperatura ambiente máxima de 20°C y con una chaqueta Abrigada 88.87%, las personas se están sintiendo incomodas por el frio del lugar.

## Conclusión

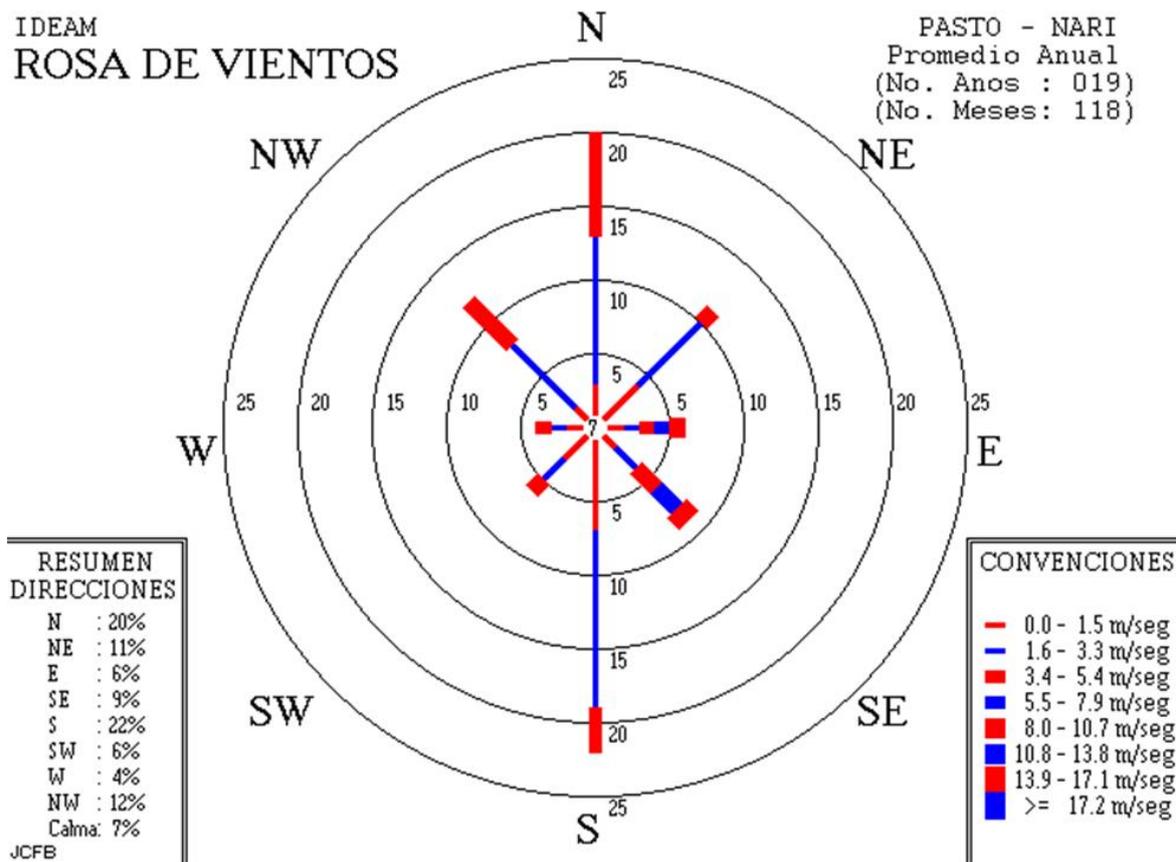
Las condiciones ambientales exteriores del lugar están muy por abajo del rango de confort y el (PVM) durante todo el año genera porcentaje por arriba del 80% de personas insatisfechas.

## VIENTOS

El flujo del aire según la rosa de los vientos predomina la dirección SUR - Norte con un porcentaje del 22%, y un régimen secundario proveniente del Norte– Sur 20%.

Según la información aeronáutica del IDEAM prevalecen vientos medios en la mayor parte del año en rangos de (3,4 – 5). No obstante, vale la pena mencionar algunas épocas para las cuales el viento alcanza valores cercanos a 17 m/s

Grafica 3 Rosa de los vientos Pasto - Nariño

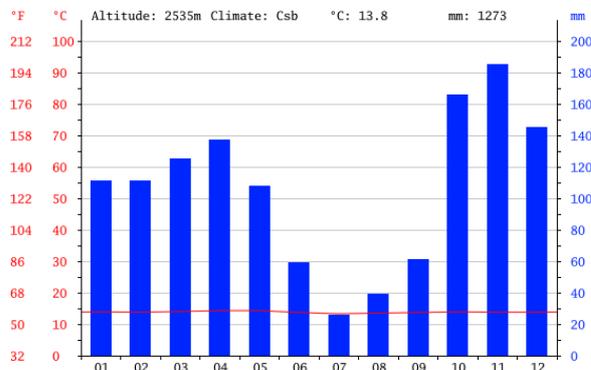


Fuente: IDEAM

## PRECIPITACIÓN

El promedio de lluvia total anual es de 1273 mm. El mes más seco es julio, con 26 mm, 185 mm, mientras que la caída media en noviembre. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año

Grafica 4 Precipitación



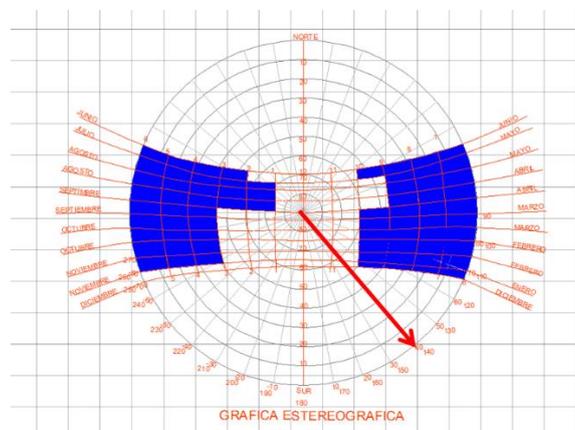
Fuente: IDEAM

## GRAFICA ESTEREOGRÁFICA

Es la representación de la bóveda celeste y la trayectoria solar en geometral o montea biplanar. En ella podemos localizar fácilmente la posición del sol, o la trayectoria del rayo solar a cualquier hora y en cualquier año, es decir, que podemos conocer los valores de acimut y altura solar". Freixanet Fuentes V.

En Estereográficas observa un sistema de representación geocéntrico donde se plantea el recorrido aparente del sol basado en los ángulos de acimut y altura solar para cada hora en un periodo de 12 horas, estas son variable según el ángulo de declinación de la tierra. Misma en la que se plasma información sobre los rangos de temperatura y humedad horaria, con la cual, se determina la orientación óptima para obtener ganancias solares, en el caso de bajo calentamiento (color azul en la gráfica) y el rango de confort se representa (Color blanco)

Grafica 5. Estereográfica



Fuente: Elaboración propia con base en la matriz del laboratorio de diseño bioclimático de la Universidad Autónoma Metropolitana – México.

Según la gráfica Podemos establecer los requerimientos de ganancia de radiación o bloque en los siguientes meses:

- ENERO: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM- Confort 10:00 - 3:00 pm  
Bajo calentamiento 3:00 – 6:00 pm
- FEBRERO: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM - Confort 10:00 - 3:00 pm  
Bajo calentamiento 3:00 – 6:00 pm
- MARZO: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM - Confort 10:00 - 3:00 pm  
Sobre calentamiento 3:00 – 6:00 pm
- ABRIL: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM - Confort 10:00 - 13:00 pm  
Bajo calentamiento 1:00 – 6:00 pm
- MAYO: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM - Confort 10:00 - 13:00 pm  
Bajo calentamiento 1:00 – 6:00 pm
- JUNIO: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM - Confort 10:00 - 13:00 pm  
Bajo calentamiento 1:00 – 6:00 pm
- JULIO: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM - Confort 10:00 - 13:00 pm  
Bajo calentamiento 1:00 – 6:00 pm
- AGOSTO: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM - Confort 10:00 - 13:00 pm  
Bajo calentamiento 1:00 – 6:00 pm
- SEPTIEMBRE: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM - Confort 10:00 - 13:00 pm  
Bajo calentamiento 1:00 – 6:00 pm
- OCTUBRE: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM - Confort 10:00 - 13:00 pm  
Bajo calentamiento 1:00 – 6:00 pm

- NOVIEMBRE: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM - Confort 10:00 - 13:00 pm

Bajo calentamiento 1:00 – 6:00 pm

- DICIEMBRE: Bajo calentamiento de 6:00 -10:00 AM - Confort 10:00 - 13:00 pm

Bajo calentamiento 1:00 – 6:00 pm

## Conclusión

Se puede concluir que el comportamiento horario de la temperatura a lo largo del año en las horas de la mañana se encuentra en Bajo calentamiento de 6:00am -10:00 AM, se sugiere ganar radiación en el flanco Este

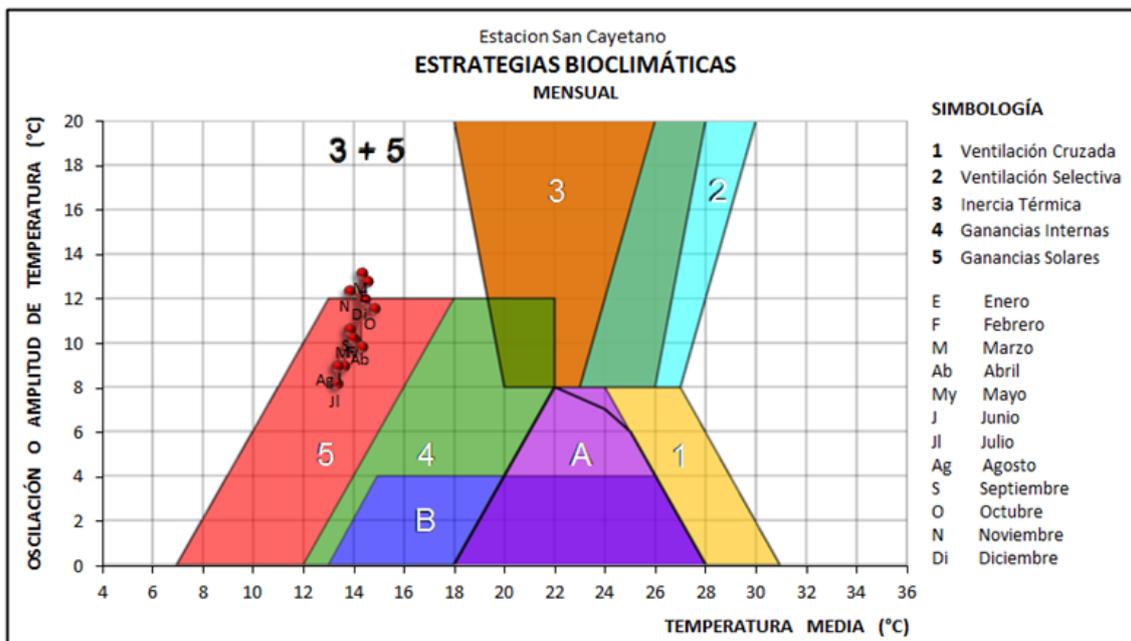
El rango de confort se encuentra durante todo el año en las horas de 10 – 12 pm.

En las horas de la tarde durante todo el año se encuentra en bajo calentamiento a partir de las 1:00 – 6:00 pm. Se seguirá ganar la radiación directa en estas horas.

## Triángulos de confort (Evans)

Los triángulos de confort relacionan la temperatura media con la oscilación térmica. Para el sitio se establece que la temperatura mínima promedio a las 6.00am todos los meses está por fuera del rango de confort, al presentar muy bajas temperaturas.

Tabla 1 Triángulos de confort



Fuente: Elaboración propia con base en la matriz del laboratorio de diseño bioclimático de la Universidad Autónoma Metropolitana – México.

## Conclusión

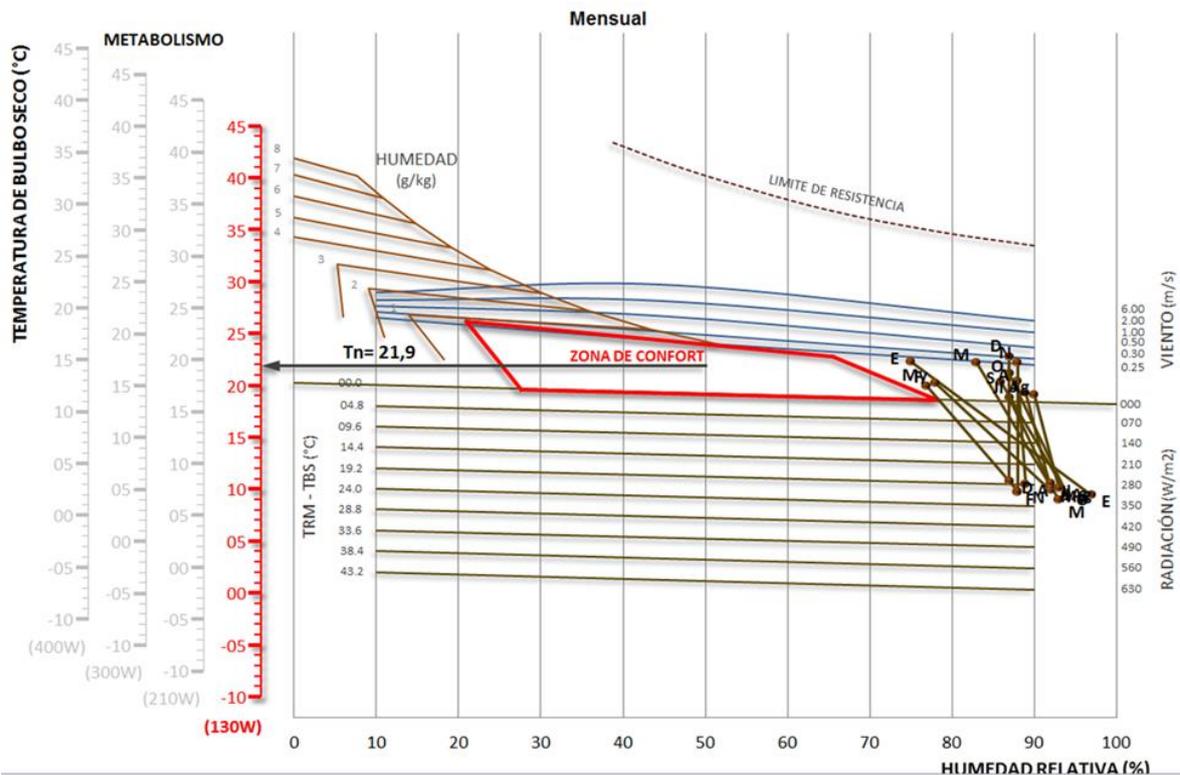
Los datos graficados muestran que la principal estrategia de diseño se inclina sobre las ganancias solares e inercia térmica durante todo el año.

## CARTA BIOCLIMÁTICA

Consiste en un diagrama de condiciones básicas donde el eje de las abscisas representa la humedad relativa y el de las ordenadas la temperatura.

La carta bioclimática es la síntesis e integración de condiciones climáticas. Con ella se definen 5 estrategias básicas de diseño, según zonas de confort: calentamiento, sombreado, ventilación, humidificación y masa térmica. Fuentes Freixanet, V. A. (2004).

### Grafica 6 Carta Bioclimática



Fuente: Elaboración propia con base en la matriz del laboratorio de diseño bioclimático de la Universidad Autónoma Metropolitana – México.

## CONCLUSIÓN

Según los resultados de la gráfica estereográfica se puede concluir que a lo largo de todo el año y Durante todo el día se debe considerar ganar radiación en un rango de (350 – 320 W/m<sup>2</sup>) para generar condiciones de confort térmico al interior de la edificación

## ESTRATEGIAS PASIVAS DE CLIMATIZACIÓN A IMPLEMENTAR.

Bioclima: FRIO- HÚMEDO, con dicha clasificación climatológica se determinaron las siguientes estrategias a aplicar en el lugar:

**Grafica 7 Matriz de estrategias Bioclimáticas**

Sistema Pasivo	ESTRATEGIAS		DIAGRAMA	OPCIONES DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO												SIMBOLOGÍA																
	SISTEMA	MECANISMO T.		ESTRATEGIA	INVIERNO			PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO																		
					ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
CALENTAMIENTO	DIRECTO	R	Promover la Ganancia Solar Directa	dia	■			■			■			■			Elementos acristalados: ventanas, tragaluces lucernarios, etc.															
			noche																													
	INDIRECTO	Cd	Promover las Ganancias Internas	dia	■			■			■			■			Personas, lámparas, equipos, chimeneas, etc.															
			noche																													
	INDIRECTO	Cd	Promover la Ganancia Solar Indirecta	dia	■												Inercia térmica de materiales, radiación reflejada, muro trombe, invernaderos, sistemas aislados, etc.															
			noche																													
INDIRECTO	Cv	Minimizar el Flujo Conductivo de Calor	dia	■			■			■			■			Materiales aislantes, contraventanas, etc.																
		noche																														
INDIRECTO	Cv	Minimizar el Flujo de Aire externo	dia	■			■			■			■			Protección contra el viento (barreras vegetales o arquitectónicas) Exclusas térmicas y hermeticidad																
		noche																														
INDIRECTO	Cv	Minimizar la Infiltración	dia	■			■			■			■			Exclusas térmicas, hermeticidad																
		noche																														
DESHUMIDIFICACIÓN	DIRECTA	R	Promover el Calentamiento Directo	dia	■												Ganancia solar directa por acristalamientos: ventanas, tragaluces lucernarios, etc. Chimeneas o radiadores de alta eficiencia															
			noche																													
	INDIRECTA	Cd	Promover el Calentamiento Indirecto	dia	■												Inercia térmica de materiales, muro trombe, invernadero adosado o seco, etc. Chimeneas o radiadores de alta eficiencia															
noche																																
INDIRECTA	Cv	Promover la Ventilación Natural o Inducida	dia	■												Ventilación natural, colectores de aire, muro trombe, invernadero seco, etc.																
		noche																														
HUMIDIFICACIÓN	DIRECTA	Ev	Promover Sistemas Evaporativos	dia	■			■			■			■			Espejos de agua, fuentes, cortinas de agua, albercas, lagos, ríos, mar, vegetación, etc.															
			noche																													
INDIRECTA	Cv	Cv	Promover la Ventilación Inducida	dia	■			■			■			■			Dúctos eólicos, colectores de aire, muro trombe, invernaderos húmedo, etc.															
			noche																													

### CALENTAMIENTO.

Promover ganancias solar directa:

- Elementos acristalados: ventanas, tragaluces lucernarios.

Promover ganancias internas:

- Personas, lámparas, equipos, chimeneas.

Minimizar el flujo conductivo de calor:

- Materiales aislantes, contraventanas.

Minimizar el Flujo de Aire externo:

- Protección contra el viento (barreras vegetales o arquitectónicas)
- Exclusas térmicas y hermeticidad.

Minimizar la Infiltración:

- Exclusas térmicas, hermeticidad.

## DESHUMIDIFICACIÓN

Promover el Calentamiento Directo:

- Tragaluces lucernarios, Chimeneas o radiadores de alta eficiencia.

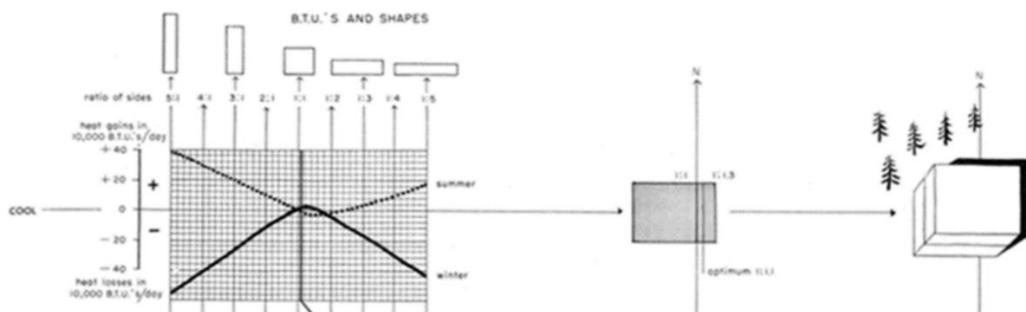
Promover el Calentamiento Indirecto:

- Inercia térmica de materiales, muro trombe, invernadero adosado o seco, Chimeneas o radiadores de alta eficiencia.

## APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS

### DEFINICIÓN DE ENVOLVENTE GEOMÉTRICA ARQUITECTÓNICA

La envolvente geométrica arquitectónica se plantea en correlación a la temperatura y la humedad con el objetivo de desarrollar un equilibrio térmico. El resultado de esta relación bidimensional para la edificación del es 1:3 con el objetivo de generar un equilibrio térmico y generar condiciones de confort.



Fuente: Clima y Arquitectura, Víctor Olguay

## ORIENTACIÓN

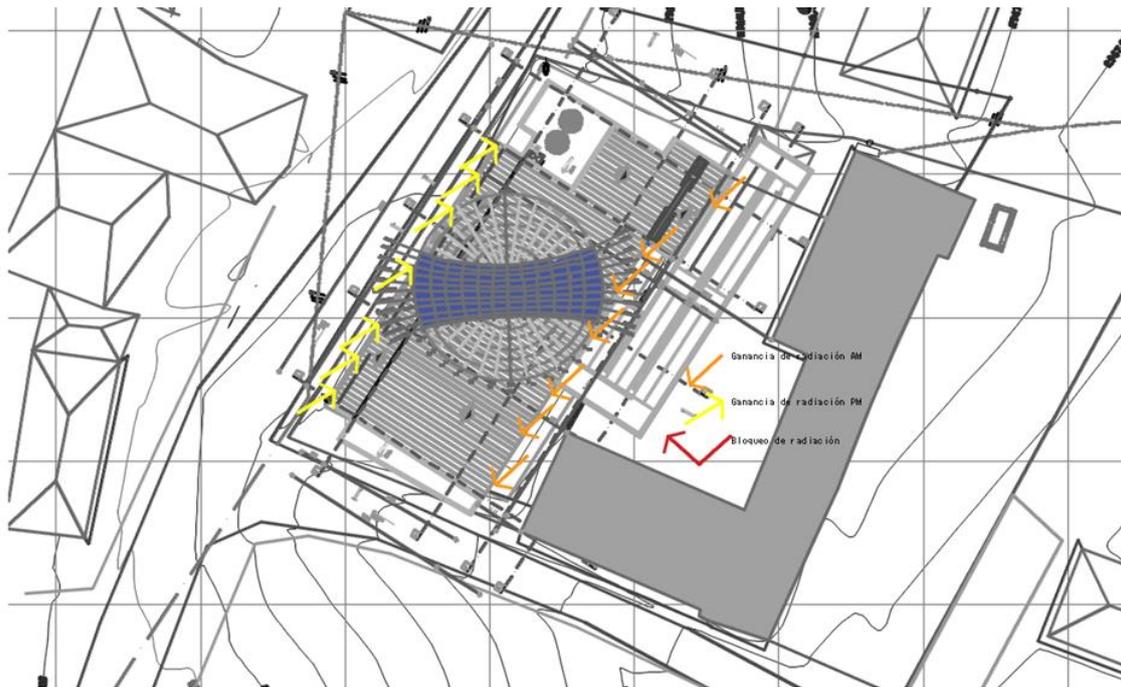
La orientación de las edificaciones se plantean con base en el movimiento aparente del sol y con respecto al eje térmico para aprovechar al máximo la incidencia de radiación directa.

El eje óptimo para la incidencia de radiación según la actividad metabólica (Dormitorios, uso nocturno) es SUR – Oriente con un rango aproximado de 22.5.

La orientación para el uso de administración (Aulas) es Sur- Oriente con una Tasa metabólica media de 100 W/m<sup>2</sup>. (1,72 met.). El rango de orientación se sugiere de 130° teniendo en cuenta el eje vertical Norte

Las aberturas para el área de las aulas se plantean sobre el eje largo Sur.

Grafica 8 Orientación optima de la edificación



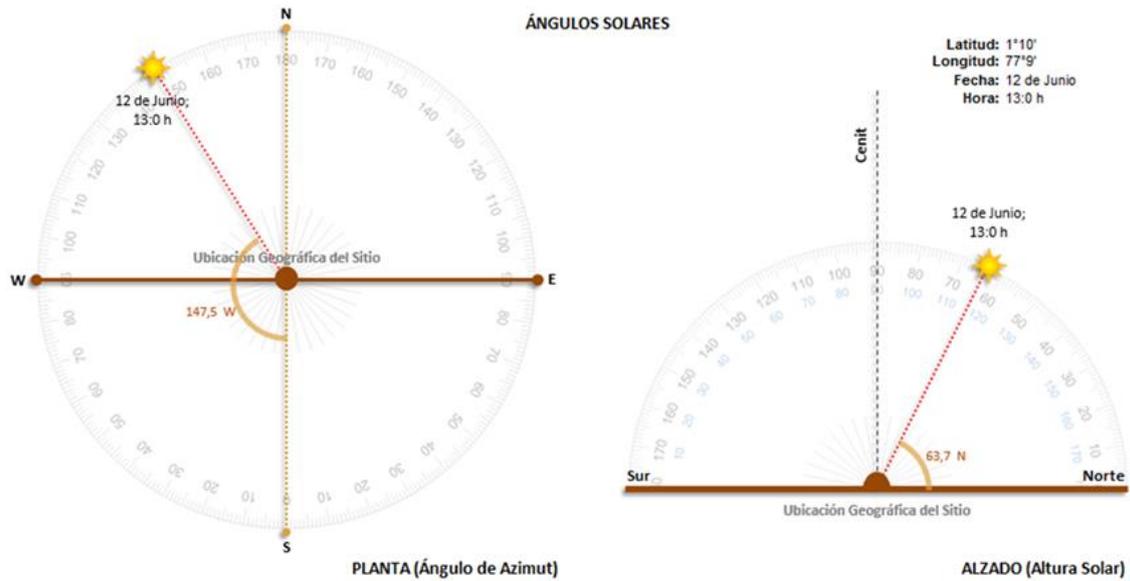
### Calculo de Dispositivos de control de radiación directa

Según el análisis climatológico del lugar, Se recomienda ganar radiación directa en el flanco Orienté en las horas de la mañana

En el flanco Occidente se recomienda ganar radiación directa, pero debido a que son aulas de clase se no es posible que le incida radiación para no incomodar a los ocupantes, por lo que se sugiere un dispositivos de control solar que bloqueen la radiación directa pero permita el paso de la radiación difusa con el objetivo de iluminar naturalmente y generar condiciones óptimas de confort lumínico y térmico.

En el proyecto se proponen dispositivos de control solar según el Angulo de declinación del sol, el cual se calculó para el equinoccio de verano (21 junio)

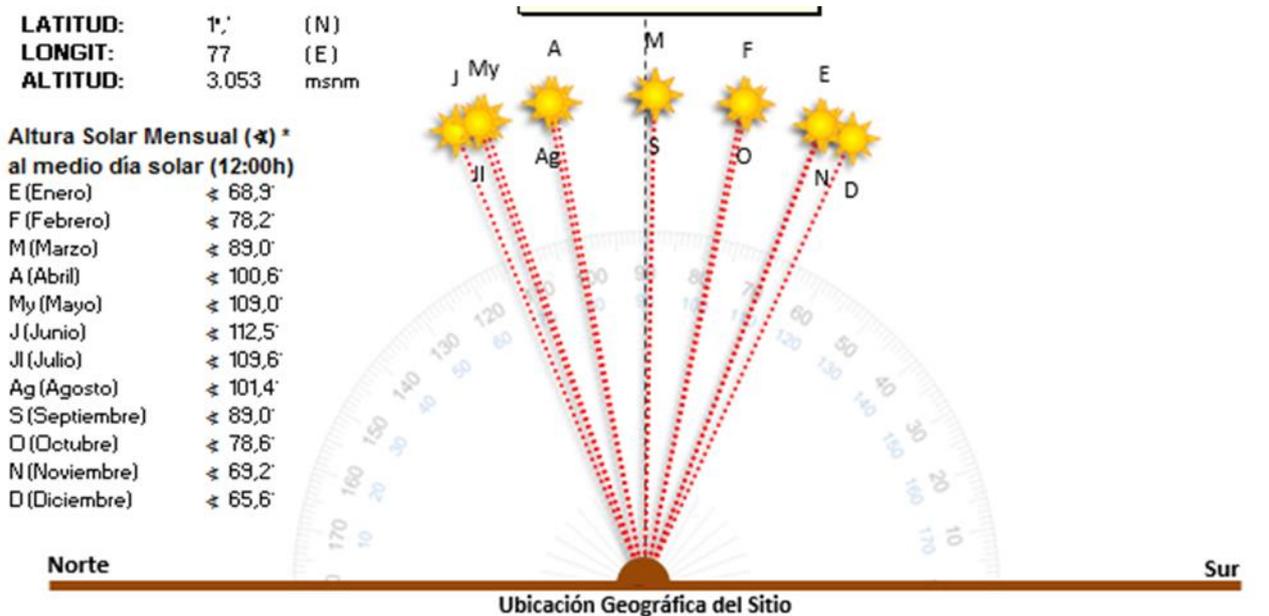
El Angulo de incidencia en planta para las 13 horas es de  $146^{\circ}$  W° con respecto al Norte.

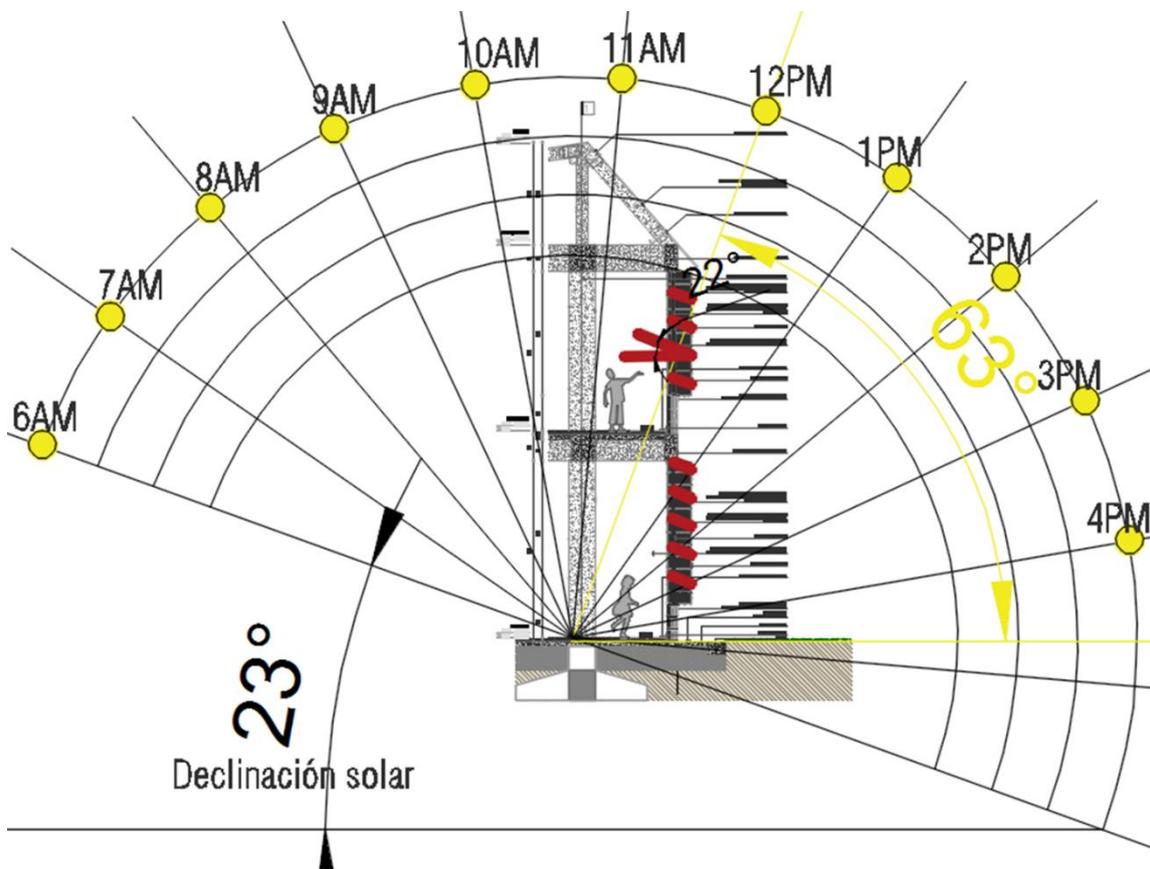


**Grafica 9** Calculo de ángulos de incidencia

El Angulo de incidencia en proyección frontal a fachada poniente es de 63° posteriormente se calculó el dispositivo de control solar para proteger de la radiación directa y permitir el paso de la radiación difusa.

**Ilustración 3** Ángulos de Incidencia





Grafica 10 Dimensión y ángulos de dispositivo de control

El dispositivo de bloqueo solar se calcula para cubrir la incidencia de radiación en un vano, para este bloqueo solar se requiere de un dispositivo de 0,32 más de ancho por el largo de la ventana, y una distancia entre dispositivos de 0,50 m con ángulos con respecto al vano de 22° Ver Grafica 10 Dimensión y ángulos de dispositivo de control

## CALCULOS DE VENTILACION

La ventilación en el proyecto mezcla dos tipos de sistemas de ventilación natural: [1] la ventilación natural cruzada —VNC— que consiste en el paso del aire del exterior de un lado al otro del proyecto teniendo como espacios de inyección natural diferentes áreas de aperturas sobre fachadas. De otra parte y complementariamente, [2] la ventilación natural de tiro forzado —VNTF— denominado por la literatura como “efecto stack” o “termosifón” el cual consiste en producir diferencias de presión y temperatura para forzar el aire del exterior a ascender.

Siguiendo el estándar americano ANSI/ASHRAE 62.1-2007 sobre la Ventilación para una Calidad Aceptable de Aire Interior, debido a la ausencia de una norma

Colombiana para tales fines. Las áreas ocupadas deben contar con unas mínimas cantidades de renovación de aire dependiendo de su actividad, su ocupación y su superficie. El alcance de estos cálculos es el de obtener la mejor calidad de aire interior evitando concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) mediante la inyección de manera natural de la mayor cantidad de aire (Caudal Q) del exterior y de esta manera determinar las áreas mínimas netas de inyección y extracción de aire.

## VELOCIDAD LOCAL DEL VIENTO

Las velocidades del viento generalmente son medidas en aeropuertos a una altura de 10 m por sobre el nivel del suelo, razón por la cual este valor debe ser corregido para identificar de forma más precisa el valor de la velocidad local del viento que afecta nuestro proyecto.

El perfil de velocidades puede ser calculado según la siguiente ecuación extraída del British Standard BS 5925:1991

$$v(Z) = v(Z_0) \left[ \frac{Z}{Z_0} \right]^\alpha$$

Dónde:

Z = Velocidad del viento a una altura Z (m/s)

Z<sub>0</sub> = Velocidad del viento a una altura de referencia Z<sub>0</sub> (m/s) (10<sup>1/3</sup>)

α = Exponente que depende del terreno (Rugosidad del terreno 0,20 ver

**Tabla 2 Constantes de rugosidad del terreno para diferentes capas.**

Tipo de terreno	Altura de obstrucciones	Capa de fricción o altura de capa límite	Constante de rugosidad	Longitud de rugosidad	Exponente de velocidad media	Velocidad de fricción
		δ	Ao	Zo	a	v*
	(m)	(m)		(m)		%v
Mar abierto, tundra o desierto	0 - 0.30	250	1.16	0.001	0.11	0.01596v
Campo abierto con arbustos bajos o Aeropuertos	0.30 - 0.60	300	1.00	0.030	0.15	0.02530v
Campo con vegetación media	0.95 - 1.90	350	0.76	0.095	0.20	0.03156v
Suburbios, poblados bajos (máximo 2 niveles)	3.0 - 6.0	400	0.59	0.30	0.25	0.04192v
Zona Urbana (entre 3 y 6 niveles)	9.5 - 19.0	450	0.46	0.95	0.30	0.06240v
Centros Urbanos, edificios altos (más de 6 niveles)	20.0 - 60.0	500	0.35	3.00	0.36	0.12208v

Fuente: Cálculos básicos para arquitectura. Víctor Armando Fuentes Freixanet  
Para el caso del proyecto la velocidad del viento a una altura de 1 m, (altura promedio de ubicación de aberturas de inyección) corresponde a (5 m/s). El anterior parámetro se tomara como coeficiente general para el desarrollo de los cálculos.

### CALIDAD DEL AIRE:

Una espacio sin ventilar genera una sensación desagradable de incomodidad, ya que se alteran sensaciones físicas, químicas y biológicas del aire, benignas y necesarias; así como también, se producen cambios higrotermicos y deterioro progresivo del aire debido, principalmente, al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que es resultado de los procesos de oxidación celular como de las combustiones corporales, existen otras fuentes de contaminantes dentro de la vivienda.

**Tabla 3 Tasa mínima de producción de CO<sub>2</sub> por tipo de actividad**

Tasa mínima de producción de CO <sub>2</sub> por tipo de actividad		
En descanso	0,015	m <sup>3</sup> /h
Trabajo ligero	0,022	
Trabajo moderado	0,047	
Trabajo pesado	0,072	
Trabajo muy pesado	0,094	

**Tabla 4 Calidad del aire**

Calidad del aire		
Aire totalmente puro	0,03%	% de CO <sub>2</sub>
Aire casi puro	0,04%	
Aire medianamente puro	0,05%	
Aire poco puro	0,06%	
Aire tipo urbano	0,07%	
Aire contaminado	0,08%	
Aire muy contaminado	0,09%	
Límite permitido	0,10%	

En una situación de régimen estacionario de producción de gas contaminante y con una tasa fija de ventilación, se aplica la siguiente ecuación para calcular la intensidad de ventilación que se requiere:

$$V = \frac{g}{CI - Ce}$$

Dónde:

v = tasa de ventilación (m<sup>3</sup> /h)

g = Tasa de emisión de gas contaminante

Ci y Ce = Concentraciones de gas (en porcentaje) en mezcla interior que introduce para ventilar.

Para efectos de cálculo, puede adoptarse para cada adulto en reposo:

$G = 0,015 \text{ m}^3/\text{h}$  Actividad sedentaria para no pasar el umbral de 0,1%; y la ventilación se realizara con un coeficiente  $C_e = 0,03\%$  el resultado sería:

$$V = \frac{0,015}{0,001 - 0,003} = 21,4 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{persona}$$

- Si se introduce aire normal con 0,05% de  $\text{CO}_2$ , se requiere una ventilación 30  $\text{m}^3 \text{ h} / \text{persona}$
- En aire urbano 0,07% de  $\text{CO}_2$ , la tasa de ventilación ascienden a 50 $\text{m}^3/\text{h}$ . Esta variable indica el número de cambios de aire que se requieren en relación a la producción de agentes contaminantes, ya sea por fuentes generadoras como: equipos mecánicos, cargas térmicas y personal.

Para el caso de estudio, se calculó para (4- 2) personas dependiendo del espacio, con una calidad del aire casi puro con porcentaje de  $\text{CO}_2$  del 0.4% y una emisión por persona de 0.022  $\text{m}^3/\text{h}$ .

A continuación se presentan los espacios analizados. Cada número corresponde a un área promedio, actividad y altura específica, es importante ubicarse con los planos guías que se muestran en las siguientes imágenes:

## **VENTILACIÓN DEBIDO A LA PRESIÓN DEL VIENTO (VENTILACIÓN NATURAL CRUZADA) VNC**

Para que pueda darse la ventilación es necesario que haya ventilación cruzada. Se genera cuando se proyectan dos vanos:

- Barlovento (Presión positiva) entrada de aire.
- Sotavento o cualquier zona de presión negativa.

Conversión de fórmulas (según Olyay) ventilación cruzada.

$$Q = 3150 AV \text{ (pie}^3/\text{h)}$$

Dónde:

Q = Cantidad de aire (pie<sup>3</sup>/h)

A = Área de entrada (pie<sup>2</sup>)

V = Velocidad del viento (mph)

3150 = Es válido si el área de entrada es igual al área de salida.

$$A = 1\text{m} * 1\text{m} = 1\text{m}^2$$

$$3,281 * 3,281 \text{ pie} = 10,764961 \text{ pie}^2$$

$$V = 1\text{m/s} = 2.24 \text{ mph}$$

$$Q = 3150 * 10,764961 * 2,24$$

$$Q = 75957,562 \text{ Pie}^3 / \text{h}$$

$$\frac{75957,562 \text{ pie}^3}{1\text{h}} * \frac{0,0283(\text{m}^3)}{3600\text{s}} = 0,5971108$$

$Q = 0,5971108 \text{ m}^3/\text{S}$  (el viento perpendicular a la entrada)  
 $Q = 0,5971108 \text{ AV}$

**Parámetros de análisis:**

Velocidad del viento 5m/s velocidad teórica con base en el cálculo del British Standard BS 5925:1991

Angulo de incidencia: El Angulo de incidencia para el desarrollo de los cálculos de ventilación cruzada se plantea como parámetro el  $\alpha=45$ , con respecto al flanco de barlovento y el flanco de incidencia del flujo de aire critico teórico

Ilustración 4 Espacios analizados 1 piso

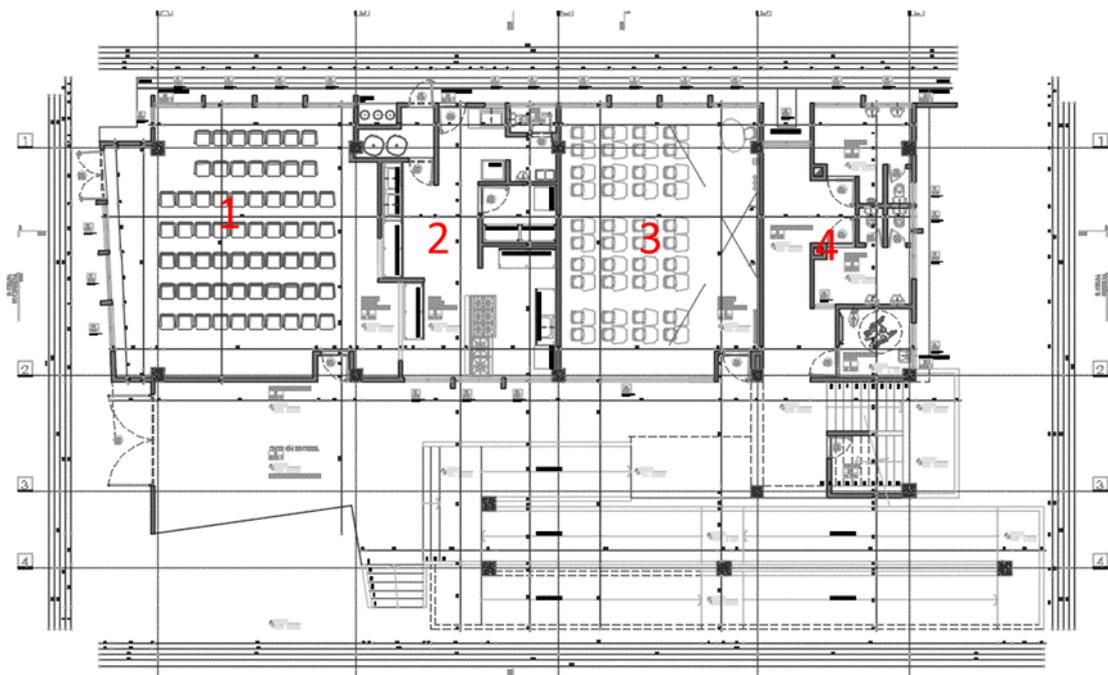
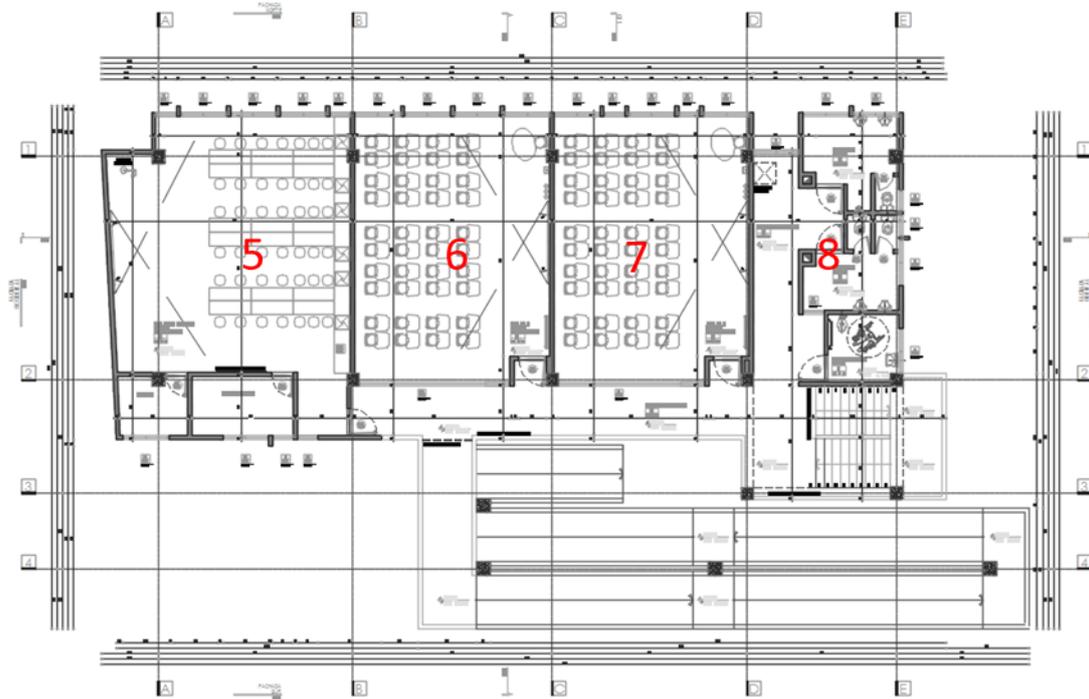


Ilustración 5 Espacios analizados 2 piso



En la Tabla 5 Tabla resumen de caudales de ventilación e inyección / Extracción se observa la dimensión de los aperturas con el área efectiva a proyectar en las ventanas de las aulas.

Tabla 5 Tabla resumen de caudales de ventilación e inyección / Extracción

No	Espacio	Ocupacion	Ratas minimas de ventilacion ASRAHE 62.1			N C/H requeridos
			Personas	l/s por persona (M3)	L/s (M3)	
1	Comedor	60	0,015	25	(1-5)	1
2	cocina	40	0,015	25	(3-5)	3
3	Aulas	40	0,015	25	(3-6)	6
4	wc	10	0,015	25	(5-8)	6
5	laboratorio	40	0,015	25	(5-8)	6
6	Aulas	40	0,015	25	(3-6)	6
7	Aulas	40	0,015	25	(3-6)	6
8	wc	10	0,015	25	(5-8)	6

### Conclusiones:

Se puede concluir que para la implantación de las aulas escolares se ajustaron a la implantación existente y ello dio como resultado una orientación Nor – Poniente, por lo cual el eje largo captara un porcentaje del 30% de radiación directa en la mañana y un 60% en la tarde, en este clima es un acierto; ya que se requiere ganar radiación directa durante todo el día y con la aplicación de

materiales con alta inercia térmica como el ladrillo, Generaran un equilibrio térmico en la mañana.

Así como también se desarrolló un análisis del flujo de aire y para determinar cuántos cambios de aire se requieren según el número de ocupantes y el  $Q_{met}$  de estos, en relación a la norma ASRHAE 62.1, Cabe aclarar los cambios que arroja la aplicación de esta norma generan una dualidad, ya que son prácticamente el doble de cambios y estos podrían producir un enfriamiento de la edificación por convección, generando que decline el rango de confort en las aulas. Es por ello que los vanos de inyección y extracción de aire se le reducen el área útil de ingreso y evacuación de aire viciado

## MEMORIA DE CÁLCULO CAMBIOS DE AIRE POR ESPACIO

### 1. Cocina

Datos de la habitación		
Largo	8,80	m
Ancho	8,18	m
Alto	2,90	m
Área	71,98	m <sup>2</sup>
Volumen	208,75	m <sup>3</sup>

Ocupantes		
Número de ocupantes	6	personas

Calidad del aire		
Calidad del aire que se introducirá	0,0005	tasa de CO <sub>2</sub>

Tasa de producción de CO <sub>2</sub>		
Emisión de CO <sub>2</sub> por persona	0,015	m <sup>3</sup> /h

Tasa mínima de ventilación requerida		
Por persona	30,00	m <sup>3</sup> /h
<b>Total</b>	<b>180,00</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>

Renovación de aire necesaria en el local		
Cambios de aire	0,86	cambios/h

### 2. Comedor

Datos de la habitación		
Largo	13,74	m
Ancho	13,74	m
Alto	2,90	m
Área	188,79	m <sup>2</sup>
Volumen	547,48	m <sup>3</sup>

Ocupantes		
Número de ocupantes	60	personas

Calidad del aire		
Calidad del aire que se introducirá	0,0005	tasa de CO <sub>2</sub>

Tasa de producción de CO <sub>2</sub>		
Emisión de CO <sub>2</sub> por persona	0,015	m <sup>3</sup> /h

Tasa mínima de ventilación requerida		
Por persona	30,00	m <sup>3</sup> /h
<b>Total</b>	<b>1800,00</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>

Renovación de aire necesaria en el local		
Cambios de aire	3,29	cambios/h

### 3.WC

Datos de la habitación		
Largo	9,00	m
Ancho	9,00	m
Alto	2,90	m
Área	81,00	m <sup>2</sup>
Volumen	234,90	m <sup>3</sup>

Ocupantes		
Número de ocupantes	15	personas

Calidad del aire		
Calidad del aire que se introducirá	0,0005	tasa de CO <sub>2</sub>

Tasa de producción de CO <sub>2</sub>		
Emisión de CO <sub>2</sub> por persona	0,015	m <sup>3</sup> /h

Tasa mínima de ventilación requerida		
Por persona	30,00	m <sup>3</sup> /h
<b>Total</b>	<b>450,00</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>

Renovación de aire necesaria en el local		
Cambios de aire	1,92	cambios/h

### 4. Aula

Datos de la habitación		
Largo	8,18	m
Ancho	8,18	m
Alto	2,90	m
Área	66,91	m <sup>2</sup>
Volumen	194,05	m <sup>3</sup>

Ocupantes		
Número de ocupantes	40	personas

Calidad del aire		
Calidad del aire que se introducirá	0,0005	tasa de CO <sub>2</sub>

Tasa de producción de CO <sub>2</sub>		
Emisión de CO <sub>2</sub> por persona	0,015	m <sup>3</sup> /h

Tasa mínima de ventilación requerida		
Por persona	30,00	m <sup>3</sup> /h
<b>Total</b>	<b>1200,00</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>

Renovación de aire necesaria en el local		
Cambios de aire	6,18	cambios/h

## 5. LABORATORIO

### Datos de la habitación

Largo	9,74	m
Ancho	9,74	m
Alto	2,90	m
Área	94,87	m <sup>2</sup>
Volumen	275,12	m <sup>3</sup>

### Ocupantes

Número de ocupantes	10	personas
---------------------	----	----------

### Calidad del aire

Calidad del aire que se introducirá	0,0005	tasa de CO <sub>2</sub>
-------------------------------------	--------	-------------------------

### Tasa de producción de CO<sub>2</sub>

Emisión de CO <sub>2</sub> por persona	0,015	m <sup>3</sup> /h
--	-------	-------------------

### Tasa mínima de ventilación requerida

Por persona	30,00	m <sup>3</sup> /h
<b>Total</b>	<b>300,00</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>

### Renovación de aire necesaria en el local

Cambios de aire	1,09	cambios/h
-----------------	------	-----------

## 6. Aulas

### Datos de la habitación

Largo	8,18	m
Ancho	8,18	m
Alto	2,90	m
Área	66,91	m <sup>2</sup>
Volumen	194,05	m <sup>3</sup>

### Ocupantes

Número de ocupantes	40	personas
---------------------	----	----------

### Calidad del aire

Calidad del aire que se introducirá	0,0005	tasa de CO <sub>2</sub>
-------------------------------------	--------	-------------------------

### Tasa de producción de CO<sub>2</sub>

Emisión de CO <sub>2</sub> por persona	0,015	m <sup>3</sup> /h
--	-------	-------------------

### Tasa mínima de ventilación requerida

Por persona	30,00	m <sup>3</sup> /h
<b>Total</b>	<b>1200,00</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>

### Renovación de aire necesaria en el local

Cambios de aire	6,18	cambios/h
-----------------	------	-----------

## 7. Aulas

### Datos de la habitación

Largo	8,18	m
Ancho	8,18	m
Alto	2,90	m
Área	66,91	m <sup>2</sup>
Volumen	194,05	m <sup>3</sup>

### Ocupantes

Número de ocupantes	40	personas
---------------------	----	----------

### Calidad del aire

Calidad del aire que se introducirá	0,0005	tasa de CO <sub>2</sub>
-------------------------------------	--------	-------------------------

### Tasa de producción de CO<sub>2</sub>

Emisión de CO <sub>2</sub> por persona	0,015	m <sup>3</sup> /h
--	-------	-------------------

### Tasa mínima de ventilación requerida

Por persona	30,00	m <sup>3</sup> /h
<b>Total</b>	<b>1200,00</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>

### Renovación de aire necesaria en el local

Cambios de aire	6,18	cambios/h
-----------------	------	-----------

## 8. WC

### Datos de la habitación

Largo	9,00	m
Ancho	9,00	m
Alto	2,90	m
Área	81,00	m <sup>2</sup>
Volumen	234,90	m <sup>3</sup>

### Ocupantes

Número de ocupantes	15	personas
---------------------	----	----------

### Calidad del aire

Calidad del aire que se introducirá	0,0005	tasa de CO <sub>2</sub>
-------------------------------------	--------	-------------------------

### Tasa de producción de CO<sub>2</sub>

Emisión de CO <sub>2</sub> por persona	0,015	m <sup>3</sup> /h
--	-------	-------------------

### Tasa mínima de ventilación requerida

Por persona	30,00	m <sup>3</sup> /h
<b>Total</b>	<b>450,00</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>

### Renovación de aire necesaria en el local

Cambios de aire	1,92	cambios/h
-----------------	------	-----------

## Bibliografía:

IDEAM., Atlas del viento y energía de Colombia.  
<http://www.upme.gov.co/Docs/MapaViento/CAPITULO4.pdf>

Serra R., Coch H, 2004, Arquitectura y Energía natural., España: Alfa omega

Lacomba Ruth.2007, Manual de Arquitectura solar, México: Trillas

Higueras Ester. 2008, Reto de la ciudad habitable y sostenible, Comisión Urbanismo COAM, España.

García Chávez, J.R and V. Fuentes Fraixanet, viento y arquitectura. El viento como factor de diseño arquitectónico. 2005, México: Trillas.

Freixanet Fuentes V. Geometría solar, Consultado 10/01/2014:  
<file:///C:/Users/USER/Downloads/4-geosol.pdf>.

Florensa, R.S., Arquitectura y Clima, Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. 1997: Gustavo gili.

Gottmann, J. 1961. Megalopolis: The urbanized Northeastern Seaboard of the United States, New York, The Twentieth Century Fund.

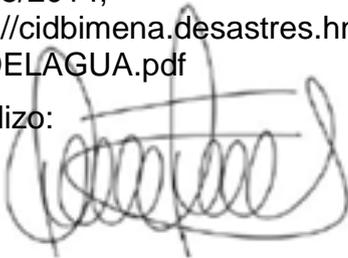
Velásquez Soto, J.M. 2012. Análisis físico y numérico del comportamiento del flujo de aire en un edificio. México, Universidad Autónoma metropolitana.

Velasco Sandoval, A.F. 2013. Evaluación del desempeño aerodinámico mediante una técnica experimental aplicada a envolventes arquitectónicas. México, Universidad Autónoma Metropolitana.

Tate Donal M. 2007, Principios del uso eficiente del agua, Consultado 12/05/2014,

<http://cidbimena.desastres.hn/docum/Honduras/PRINCIPIOSDELUSOEficienTEDELAGUA.pdf>

Realizo:



ALBERTH FABIAN VELASCO SANDOVAL.

Maestría en Diseño Bioclimático

[Velasco203@hotmail.com](mailto:Velasco203@hotmail.com)

Cel. 3216524671