



**PARQUES NACIONALES
NATURALES DE COLOMBIA**



CONTRATO N° KFW-CCON-005 2023

Servicios de Consultoría para la Realización de Estudios y diseños para las Áreas protegidas de la Dirección Territorial Orinoquia, incluyendo la gestión de licencias y permisos.

Centro de Interpretación Ambiental Cerrillo

San Juan de Arama, Meta

Informe de Proyecto

Junio de 2024

Calle 143.47.60 Piso 3
Bogotá, Colombia
[+57] 601 695.73.22
[+57] 321 401.52.71

www.arquitecturamasverde.com
info@arquitecturamasverde.com


MD. Arq. Diana RODRÍGUEZ DUQUE.
Arquitecta Bioclimática
 MP. A25032002.79945861

PROPIEDAD INTELECTUAL Y DERECHOS DE AUTOR.

La información contenida en este documento es objeto de propiedad intelectual, y es para uso exclusivo de la(s) persona(s) u organización(es) a la(s) cual(es) está dirigida. La presentación y disposición en conjunto, metodología adoptada, imágenes, gráficas, figuras, tablas y desarrollo de fórmulas son propiedad intelectual –salvo en donde se haga mención de la fuente específica– de **Arquitectura Más Verde** y/o de **David PERICO AGUDELO**.

Si desea reproducir o transmitir total o parcialmente este documento, le agradecemos citar la fuente.

Control de cambios y correcciones

Versión	Fecha	Descripción
v0	2024 03 13	Informe 01 – Diagnóstico Bioclimático.
v0	2024 05 24	Informe 02 – Anteproyecto Bioclimático.
v0	2024 06 12	Informe 03 – Proyecto Bioclimático.

Elaboró	DRD	Lista de distribución
Revisó		MD. Arq. David PERICO AGUDELO. Arquitecto Diseñador, Arquitectura Más Verde.
Aprobó	DPA	Arq. Carlos PINZÓN BARCO. Supervisión, Parques Nacionales Naturales de Colombia –PNNC–.

	Proyecto	Cerrillo.
	Descripción	Estudio Bioclimático Centro de Interpretación Ambiental Cerrillo. San Juan de Arama, Meta.

TABLA DE CONTENIDO.

1.	ARQUITECTURA Y URBANISMO BIOCLIMÁTICOS.....	8
1.1.	Objetivo y alcance de los trabajos.....	8
1.2.	Metodología.....	8
1.3.	Notas aclaratorias.....	9
2.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SITIO.....	10
2.1.	Localización.....	10
2.2.	Información geográfica.....	10
3.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS EXTERIORES.....	11
3.1.	Temperatura seca – Humedad relativa.....	11
3.2.	Vientos dominantes - trayectoria solar.....	12
3.2.1.	Rosa de los vientos.....	12
3.2.2.	Trayectoria solar.....	14
4.	ANÁLISIS DEL PREDIO.....	17
4.1.	Información específica.....	17
4.2.	Gráficos de preexistencias del sitio.....	17
4.3.	Gráficos de corrección del predio.....	18
5.	DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO.....	19
5.1.	Temperaturas secas y humedades relativas del aire.....	19
5.2.	Uso, ocupación y aportes energéticos.....	21
5.3.	Condiciones de confort.....	22
5.3.1.	Modelo de confort.....	22
5.3.2.	Temperatura de confort y Zona de confort.....	25
5.4.	Estrategias bioclimáticas.....	26
5.4.1.	Orientación y permeabilidad volumétrica.....	27
5.4.2.	Características térmicas de las superficies.....	27
5.4.3.	Ventilación natural.....	28
5.4.4.	Control solar de las fachadas.....	28
6.	DISEÑO Y CÁLCULO BIOCLIMÁTICO.....	29
6.1.	Zonificación e implantación.....	29
6.2.	Características térmicas de superficies.....	30
6.2.1.	Propiedades térmicas.....	31
6.2.2.	Composiciones de envolventes propuestas.....	31
6.3.	Ventilación natural.....	32
6.3.1.	Velocidad del viento a diferentes alturas.....	34
6.3.2.	Caudal de ventilación.....	35
6.3.3.	Cálculo de Áreas de inyección y Áreas de extracción.....	35
6.4.	Control solar de fachadas.....	37
7.	COMPORTAMIENTO TÉRMICO - ANÁLISIS TÉRMICO.....	41
7.1.	Metodología de la simulación dinámica.....	41
7.2.	Referencia - [REF]......	42
7.3.	Recomendaciones finales.....	43
8.	ANEXOS.....	44
8.1.	Síntesis de resultados –salida original– de cálculos de VN (incluyen área del marco y/o rejillas).....	44
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	46



ÍNDICES.

Índice de Tablas.

Tabla 3.1. Valores mensuales de Temperaturas y Humedades máximas, medias y mínimas de San Juan de Arama, Meta.	11
Tabla 3.2. Valores mensuales promedio de precipitación, días lluvia, brillo solar y radiación de San Juan de Arama, Meta.	11
Tabla 5.1. Temperaturas promedio horarias de San Juan de Arama, Meta.	19
Tabla 5.2. Humedades relativas promedio horarias de San Juan de Arama, Meta.	20
Tabla 5.3. Valores de oscilación higrotérmica media de San Juan de Arama, Meta.	20
Tabla 5.4. Parámetros de ocupación.	22
Tabla 5.5. Evolución diaria Temperatura de Confort y Zona de confort - Febrero.	26
Tabla 6.1. Propuesta de composición de envolventes.	32
Tabla 6.2. Caudales totales de ventilación.	35
Tabla 6.3. Áreas mínimas de inyección y extracción.	37
Tabla 6.4. Áreas mínimas de inyección y extracción.	37
Tabla 6.5. Ángulos de Altura y Azimut - Marzo, Junio y Diciembre.	39
Tabla 6.6. Ángulos de incidencia del sol del sol sobre fachadas.	39
Tabla 7.1. Compendio del proceso del Estudio Bioclimático.	41
Tabla 7.2. Evolución diaria de la T_o - Referencia [Ref].	43
Tabla 8.1. Síntesis de resultados —salida original— de cálculos de VN (incluyen área del marco y/o rejillas).	45

Índice de Gráficas.

Gráfica 2.1. Ubicación San Juan de Arama, Meta.	10
Gráfica 2.2. Localización Centro Interpretación Cerrillo, San Juan de Arama, Meta.	10
Gráfica 3.1. Climograma de Temperaturas y Humedades máximas, medias y mínimas de San Juan de Arama, Meta.	11
Gráfica 3.2. Climograma de valores mensuales promedio de precipitación y días lluvia de San Juan de Arama, Meta.	12
Gráfica 3.3. Climograma de valores mensuales promedio de brillo solar y radiación de San Juan de Arama, Meta.	12
Gráfica 3.4. Trayectoria de vientos sobre el proyecto.	13
Gráfica 3.5. Trayectoria de vientos sobre el proyecto.	13
Gráfica 3.6. Ubicación predio a intervenir respecto de orografía.	13
Gráfica 3.7. Trayectorias solares sobre el proyecto.	14
Gráfica 3.8. Asoleación en el proyecto - Marzo/Septiembre 21 - 08 ^h a 16 ^h	15
Gráfica 3.9. Asoleación en el proyecto - Junio 21 - 08 ^h a 16 ^h	15
Gráfica 3.10. Asoleación en el proyecto - Diciembre 21 - 08 ^h a 16 ^h	16
Gráfica 3.11. Asoleación en el proyecto - Anual - 08 ^h a 16 ^h	16
Gráfica 4.1. Predio Centro Interpretación Ambiental Cerrillo.	17
Gráfica 4.2. Predio Centro Interpretación Ambiental Cerrillo.	17
Gráfica 5.1. Temperaturas promedio horarias de San Juan de Arama, Meta.	20
Gráfica 5.2. Valores medios de oscilación higrotérmica de San Juan de Arama, Meta.	21
Gráfica 5.3. Humedades relativas promedio horarias de San Juan de Arama, Meta.	21
Gráfica 5.4. Variables que influyen en la sensación de confort térmico.	22
Gráfica 5.5. Diagrama psicométrico de Temperaturas y Humedades de San Juan de Arama, Meta.	23
Gráfica 5.6. Diagrama psicométrico de Temperaturas y Humedades y, confort humano de San Juan de Arama, Meta.	24
Gráfica 5.7. Diagrama de confort adaptativo <i>Ashrae Standar 55-2020</i> - Febrero 06 ^h y Febrero 14 ^h	24
Gráfica 5.8. Evolución diaria Temperatura Confort y Zona de confort - Febrero.	25
Gráfica 5.9. Estrategias bioclimáticas propuestas y recomendadas.	27
Gráfica 5.10. Permeabilidad y movimiento del viento alrededor —e interior— de una edificación.	27
Gráfica 5.11. Diferentes tipos de paredes.	27
Gráfica 5.12. Influencia de la masa térmica en los flujos de calor periódicos.	28
Gráfica 5.13. Movimiento del viento alrededor —e interior— de una edificación.	28
Gráfica 5.14. Dispositivo de protección solar.	28
Gráfica 6.1. Zonificación recomendada.	29
Gráfica 6.2. Implantación actual.	30
Gráfica 6.3. Implantación actual.	30
Gráfica 6.4. Propiedades físicas de algunos materiales de construcción.	31

Gráfica 6.5. Composiciones de envolvente adoptadas en diseño arquitectónico.	32
Gráfica 6.6. Mapa de calidad del aire PM _{2.5} en el sector del proyecto.	33
Gráfica 6.7. Mapa de calidad del aire PM ₁₀ en el sector del proyecto.	33
Gráfica 6.8. Mapa de calidad del aire O ₃ en el sector del proyecto.	34
Gráfica 6.9. Perfil del gradiente vertical de la velocidad media del viento –PGVVV–.	35
Gráfica 6.10. Ubicación Áreas de inyección y de extracción y, Movimiento del viento al interior de una edificación. ...	36
Gráfica 6.11. Asoleación Acceso peatonal (desde pasarela existente) - Diciembre 08 ^h a 12 ^h	37
Gráfica 6.12. Asoleación Circulación (desde pasarela existente) - Junio 12 ^h a 16 ^h	37
Gráfica 6.13. Asoleación Circulación - Junio 08 ^h a 16 ^h	38
Gráfica 6.14. Asoleación interior Sala de proyección y Sala de exhibición - Diciembre 08 ^h a 12 ^h	38
Gráfica 6.15. Asoleación Área de descanso - Diciembre 08 ^h a 16 ^h	38
Gráfica 6.16. Franjas horarias de incidencia del sol sobre fachadas.	39
Gráfica 6.17. Ubicación Ángulos de incidencia del sol del sol sobre fachadas.	39
Gráfica 6.18. Implementación Ángulos de incidencia del sol del sol sobre fachadas.	40
Gráfica 7.1. Espacios estudiados térmicamente.	41
Gráfica 7.2. Evolución diaria de la T _o - Referencia [Ref].	42
Gráfica 7.3. Evolución diaria de la T _o - Referencia [Ref].	42

Índice de Imágenes.

Imagen 3.1. Vista hacia esquina NorOeste desde lindero Sur.	14
Imagen 4.1. Vista hacia esquina NorOeste desde lindero Sur.	18
Imagen 4.2. Vista hacia esquina NorEste desde lindero Sur.	18

Índice de Memorias.

Memoria 5.1. Temperatura de Confort - Febrero 06 ^h	25
Memoria 5.2. Zona de Confort - Febrero 06 ^h	25
Memoria 5.3. Temperatura de Confort - Febrero 14 ^h	25
Memoria 5.4. Zona de Confort - Febrero 14 ^h	25
Memoria 5.5. Temperatura de Confort - Media Febrero.	26
Memoria 5.6. Temperatura de Confort - Media Anual.	26
Memoria 6.1. Cálculo de la velocidad del viento a 1,0 m de altura.	34
Memoria 6.2. Cálculo de Caudal total de ventilación - Punto de información + Punto de contratación.	35
Memoria 6.3. Cálculo de Área de inyección - Punto de información + Punto de contratación.	36
Memoria 6.4. Cálculo de Área de extracción - Punto de información + Punto de contratación.	36

LISTA DE SÍMBOLOS Y UNIDADES.

Símbolo	Descripción	Unidad de medida [SI]
h	Altura	mts, cms, mm
h_{met}	Altura estación meteorológica ($h = 10,0$ m)	mts
AP	Anteproyecto Arquitectónico	
A	Área	ft^2 , m^2
A_i	Área de inyección del viento	m^2
A_e	Área de extracción del viento	m^2
C_d	Coefficiente de descarga	
C/h	Cambios / hora (renovaciones de aire)	N°
Q_v	Caudal de aire (ventilación)	cfm , m^3/h
Q_{va}	Caudal de aire / unidad de área (ventilación)	cfm , m^3/h
Q_{vp}	Caudal de aire / persona (ventilación)	cfm , m^3/h
Q_{vt}	Caudal total de aire (ventilación)	cfm , m^3/h
SC	Shade coefficient (Coeficiente de sombra)	%
cfm	Cubic feet per minute (Pies cúbicos por minuto)	
e	Espesor	mts, cms, mm, "
EB	Esquema Básico Arquitectónico	
fr	Factor de relación entre el área A_e y A_i del viento	
HR_{ext}	Humedad relativa (exterior)	%
$HR_{m,ext}$	Humedad relativa media (exterior)	%
$HR_{ma,ext}$	Humedad relativa media anual (exterior)	%
$HR_{mm,ext}$	Humedad relativa media mensual (exterior)	%
HVAC	Heating, ventilation and air conditioning (Ventilación mecánica controlada)	
HSA	Horizontal shadow angle (Ángulo de sombra horizontal)	$^{\circ}$
Clo	Índice de vestimenta (aislamiento vestimenta)	$Clo \sim 0,15 m^2 \cdot ^{\circ}C (W)^{-1}$
Met	Índice metabólico (actividad física)	$Met \sim 58,15 W (m^2)^{-1}$
IV	Individuo vegetal (Arbóreo y/o arbustivo)	
PMV	Predicted Main Vote (Voto medio previsto)	
PPD	Predicted Percentage Dissatisfied (Porcentaje de personas insatisfechas)	
min	Mínimo (a)	
máx	Máximo (a)	
mm	Precipitación	mm
mm_{ma}	Precipitación media anual	mm
mm_{mm}	Precipitación media mensual	mm
PA	Proyecto Arquitectónico	
[REF]	Referencia	
[REF _m]	Referencia media	
r	Relación entre el área A_e y A_i del viento	
R	Resistencia térmica	$m^2 \cdot ^{\circ}C (W)^{-1}$
ft^2	Square feet (Pie cuadrado)	
T_{ext}	Temperatura (exterior)	$^{\circ}C$
T_{BH}	Temperatura de bulbo húmedo	$^{\circ}C$
T_{BS}	Temperatura de bulbo seco	$^{\circ}C$
T_c	Temperatura de confort térmico (interior)	$^{\circ}C$
T_e	Temperatura efectiva (interior)	$^{\circ}C$
$T_{m,ext}$	Temperatura media (exterior)	$^{\circ}C$
$T_{ma,ext}$	Temperatura media anual (exterior)	$^{\circ}C$
$T_{ma,c}$	Temperatura media anual de confort térmico (interior)	$^{\circ}C$
$T_{m,c}$	Temperatura media de confort térmico (interior)	$^{\circ}C$
$T_{mm,ext}$	Temperatura media mensual (exterior)	$^{\circ}C$
$T_{mm,c}$	Temperatura media mensual de confort térmico (interior)	$^{\circ}C$
$T_{m,o}$	Temperatura media operativa (interior)	$^{\circ}C$
$T_{m,r}$	Temperatura media radiante (interior)	$^{\circ}C$
T_o	Temperatura operativa (interior)	$^{\circ}C$
U	Transmisión térmica	$W (m^2 \cdot ^{\circ}C)^{-1}$
[VAR]	Variante	
[VAR _m]	Variante media	
V_h	Velocidad calculada del viento (a una determinada altura)	m/seg

V	Velocidad del viento	m/seg
V _{met}	Velocidad estación meteorológica del viento (h = 10,0 m)	m/seg
V _{m.vent}	Velocidad media de ventilador	m/seg
V _{m.met}	Velocidad media estación meteorológica del viento (h = 10,0 m)	m/seg
VN	Ventilación natural	
VNC	Ventilación natural cruzada (Cross ventilation)	
VNTF	Ventilación natural de tiro forzado (Stack ventilation)	
VSA	Vertical shadow angle (Ángulo de sombra vertical)	°
Vol	Volumen	ft ³ , m ³
Z _c	Zona de confort térmico (interior)	°C
μ	Amortiguación térmica (Factor de reducción térmica)	%
γ	Ángulo de altura solar	°
α	Ángulo de azimut solar	°
Θ _v	Ángulo de incidencia del viento sobre ventana	°
β	Ángulo de incidencia solar	°
λ	Conductividad térmica	W (m °C) ⁻¹
φ	Desfase térmico (Retardo térmico)	h (horas)
Δ	Delta (Diferencia)	
η	Efectividad (Pérdida)	%
~	Equivalencia	
α	Exponente de Hellman	
P	Ocupación (Número de personas)	Nº
m	Pendiente	%
ρ	Presión	Pa
Σ	Sumatoria	

1. ARQUITECTURA Y URBANISMO BIOCLIMÁTICOS.

Durante épocas antiguas, el ser humano encontró la manera de relacionarse con el medio natural que lo rodeaba encontrando la conjunción perfecta entre arquitectura y entorno. Este conocimiento y enfoque se perdieron durante los últimos años generando unos impactos sobre el planeta. Afortunadamente y observando las consecuencias actuales, el ser humano ha empezado a tomar conciencia de la importancia de un actuar respetuoso con el medio ambiente. Nacieron de esta manera enfoques como el de la Arquitectura y el Urbanismo Bioclimáticos que retoman los conocimientos ancestrales para permitir la evolución de los proyectos generando beneficios ambientales al buscar una eficiencia térmica y energética y, el buen aprovechamiento de los recursos naturales. Esto es logrado mediante el “trabajo en equipo” de diversas estrategias propias a la Arquitectura y el Urbanismo Bioclimáticos y, de tecnologías apropiadas a cada clima, proyecto y uso en particular.

1.1. Objetivo y alcance de los trabajos.

Bajo una visión respetuosa del medio ambiente, esta asesoría se propone obtener **las mejores condiciones térmicas posibles de manera natural y en lo posible, dentro de rangos —máximos y mínimos— de confort establecidos científicamente** en los diversos espacios cubiertos que integran el proyecto de conformidad con las recomendaciones normativas nacionales e internacionales aplicables. Particularmente ofrecemos las recomendaciones, estrategias y desarrollos bioclimáticos —comprobaciones científicas— para ser implementadas por el equipo proyectista teniendo en cuenta la viabilidad técnica, constructiva y presupuestal y la aplicación viable de diversas estrategias propias a la Arquitectura Bioclimática como:

1. Manejo de las corrientes de viento.
2. Renovación/intercambio natural del aire.
3. Cumplimiento de normas de calidad del aire interior.
4. Límites máximos y mínimos de confort térmico.
5. El uso de tecnologías pasivas de climatización buscando la eficiencia energética.
6. Relación entre ventilación natural y asoleamiento.

La asesoría se ocupa de estudiar de manera particular aquellas áreas de estudio y de convivencia de los ocupantes como principales usuarios del proyecto. La asesoría tiene en cuenta:

1. La aplicación viable de las estrategias anteriormente mencionadas.
2. El número de ocupantes, el metabolismo propio a las edades promedio de los ocupantes y la actividad típica (establecida y descrita según planos de anteproyecto arquitectónico) a desarrollarse en las diferentes áreas.
3. La energía calórica producida por los diferentes equipos electromecánicos y de iluminación (según planos de anteproyecto arquitectónico).
4. Las condiciones meteorológicas del lugar de acuerdo con los registros de los últimos 20 años del Ideam.

1.2. Metodología.

El desarrollo de este Estudio Bioclimático **estará siempre referenciado a la Programación general aprobada** y solo se habrá de modificar dependiendo al avance del proyecto. No obstante, para ello será necesaria la información del proyecto en cuanto a ocupación, materiales, equipos y que servirán de insumo y contexto para el correcto desarrollo de las actividades. La asesoría tiene en cuenta:

1. La información climatológica histórica tomando como fuente al Ideam que servirán de referencia.
2. La aplicación viable de las estrategias anteriormente mencionadas.
3. El número de ocupantes y la actividad a desarrollarse en los diferentes espacios.
4. La energía calórica producida por equipos electromecánicos y de iluminación.
5. La energía solar incidente sobre el proyecto.
6. Los métodos y variables descritas por el Ashrae Fundamentals.
7. Gráficas psicométricas de temperatura y humedades relativas.
8. Gráficas de vientos dominantes, sus frecuencias y velocidades.
9. Gráficas de confort térmico humano y de trayectoria solar.
10. Perfil del gradiente vertical de la velocidad media del viento.
11. Insumos técnicos —y retroalimentación— de paisajismo y arquitectura.

Se propone una metodología que se basa en encuentros constantes con el equipo proyectista y demás asesores con el fin de generar información válida y eficiente. Es así como nuestro ejercicio se desglosa de la siguiente manera y respondiendo a las expectativas del cliente:

Como primera medida se presenta un **[1] Informe de Diagnóstico** dedicado a la presentación de la evaluación climática del lugar del proyecto de acuerdo con la información oficial histórica —Ideam— con el fin de definir las variables que

determinan las condiciones de confort adaptativo para el clima predominante y el tipo de uso. Esto permite determinar los días críticos de diseño bioclimático.

A continuación, y de acuerdo con el desarrollo de la arquitectura, se presenta un **[2] Informe Inicial** que está dedicado a la conceptualización desde un enfoque bioclimático a partir de la información recibida por los proyectistas. Posteriormente, en cada capítulo se presenta la implementación de las diferentes estrategias propuestas a los proyectistas y su aplicación específica en el Anteproyecto. Entre la presentación de los Informes, se establece una comunicación constante con el equipo proyectista con el fin de resolver las dudas que puedan tener en el desarrollo (avance) del proyecto.

Posteriormente, se presenta un **[3] Informe Final** que estará consagrado a un estudio del comportamiento térmico final del Proyecto. En este se presentarán [1] las memorias de cálculo de caudales de aire y de dimensionamiento para aberturas de ventilación, [2] el diagrama de confort con las temperaturas obtenidas, [3] el análisis de los elementos aislantes en el proyecto y [4] recomendación de materiales y especificaciones técnicas mínimas. Este informe verifica científicamente cada una de las estrategias finales adoptadas por los proyectistas-

1.3. Notas aclaratorias.

Las recomendaciones bioclimáticas aquí presentadas se realizan a partir de **escenarios hipotéticos** planteados a partir de metodologías científicas válidas. Sin embargo, estas **se deben ver desde lo relativo y nunca sobre absoluto** puesto que e.g., las condiciones climatológicas son variables, así como las ocupaciones y la misma configuración del proyecto en su proceso constructivo. Quiere decir esto que la información aquí consignada sirve para tener **un estimado del comportamiento térmico** pues no es posible controlar el clima de un lugar de manera natural.

El presente documento aplica únicamente para la configuración arquitectónica del proyecto desarrollado por el equipo proyectista. **En caso de que el proyecto arquitectónico sufra alguna variación importante a nivel de volumetría y dimensiones, el presente documento no tendrá ninguna validez.** Igualmente, el equipo proyectista **bajo su autonomía técnica es libre de implementar o no las estrategias bioclimáticas recomendadas** (acabados, materiales, espesores, dimensiones mínimas) en el presente documento de acuerdo con criterios estéticos, constructivos, proyectuales y/o presupuestales.

Finalmente si en el funcionamiento del proyecto, su ocupación (personas y/o equipos) o destinación de espacios variasen o, las recomendaciones y/o estrategias bioclimáticas del presente documento no se cumplieren por temas ajenos a los objetivos del Estudio Bioclimático (presupuestales, diseños modificados sin previa autorización y revisión, errores u omisiones en la ejecución de obra, e.g.), **Arquitectura Más Verde y/o la Arq. Diana RODRÍGUEZ DUQUE no se harán responsables en ningún caso de las condiciones térmicas interiores y de calidad del aire presentes en el proyecto.**

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SITIO.

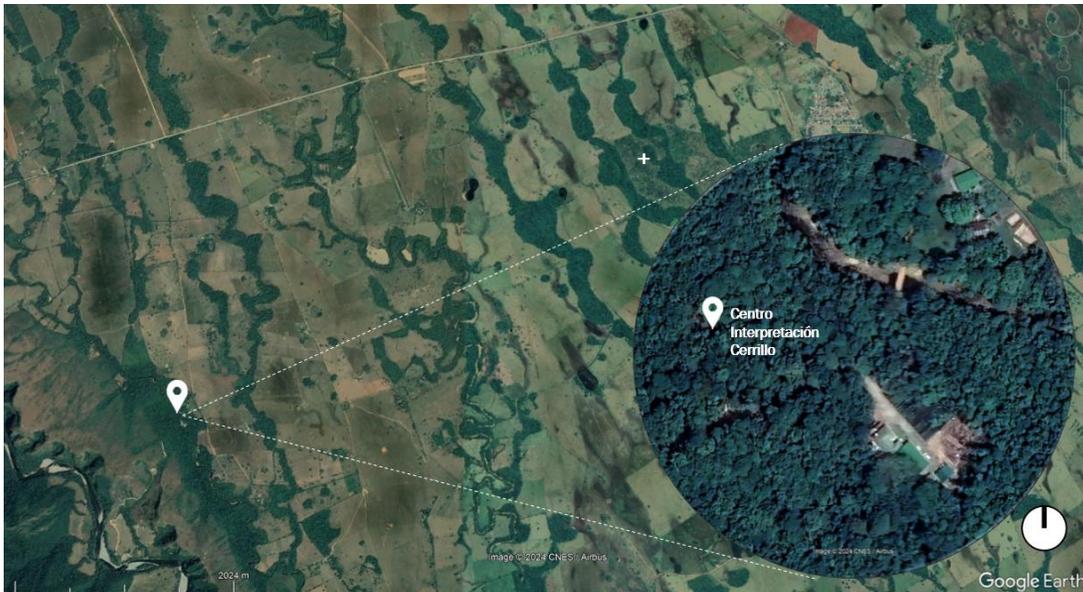
2.1. Localización.

La ubicación del Centro de Interpretación se ubica en el predio denominado Cerrillo localizado en la Vereda Bajo Curia del Municipio de San Juan de Arama, Departamento del Meta.

Su ubicación es estratégica y con fácil acceso, carretera en buen estado, intermediación entre los Municipios de Mesetas, San Juan de Arama, Uribe, Lejanías y es paso obligado de los visitantes del principal escenario del Sector Norte del área protegida Cañón del Río Güejar. El predio es de propiedad del Área protegida —AP— y es el punto de ingreso del Sendero Interpretativo de El cerrillo y otros senderos establecidos de la Sede



Gráfica 2.1. Ubicación San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de <https://es.wikipedia.org>



Gráfica 2.2. Localización Centro Interpretación Cerrillo, San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Google Earth.

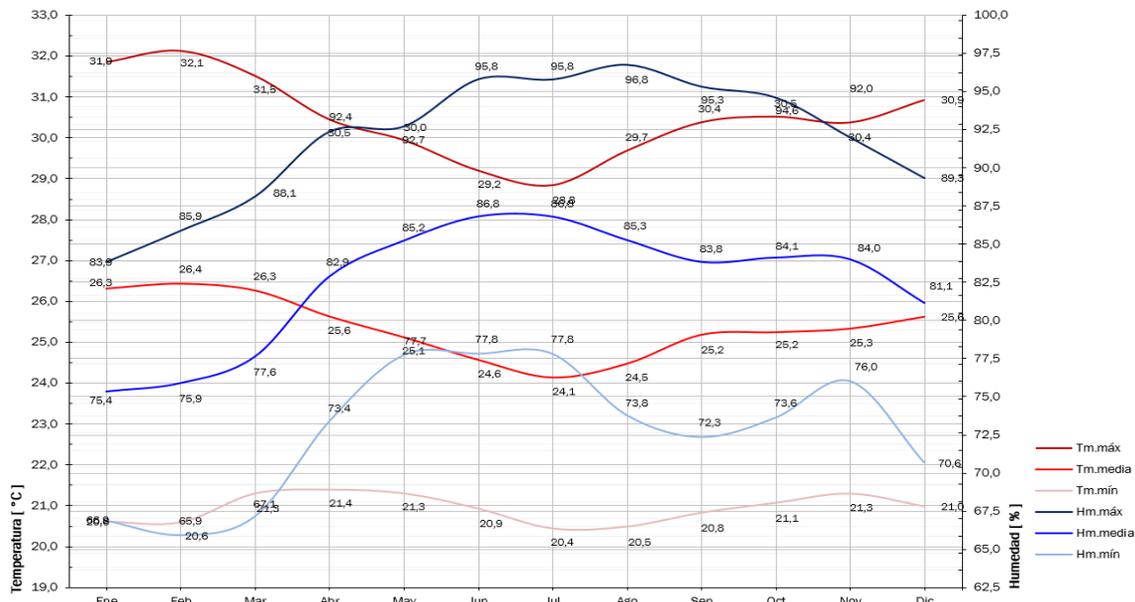
2.2. Información geográfica.

Extensión total	±840,0 m ² (entre masa arbórea)
Latitud y longitud	3° 21' 12" N 73° 56' 17" O ~ 3,35 N 73,94 O
Altitud media	±458,0 msnm (predio)
Temperatura media anual —T _{ma.ext} —	25,4 °C
Humedad relativa media anual —HR _{ma.ext} —	82,4%
Precipitación media anual —mm _{ma} —	232,9 mm

3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS EXTERIORES.

3.1. Temperatura seca – Humedad relativa.

En este proyecto trabajamos con datos meteorológicos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia –IDEAM¹ sobre las características climáticas del Municipio de San Juan de Arama. Esta información es el contexto el cual nos permite establecer las mejores estrategias bioclimáticas para este proyecto. Debido al comportamiento estable de la Temperatura – T_{ext} – y de la Humedad relativa del aire – HR_{ext} – en el Municipio, tomaremos el promedio anual para realizar nuestro estudio.



Gráfica 3.1. Climograma de Temperaturas y Humedades máximas, medias y mínimas de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

El clima del Municipio de San Juan de Arama se inscribe dentro del característico régimen bimodal colombiano: “verano” con T_{ext} y HR altas y una oscilación térmica estable, e “invierno” con un comportamiento inverso de estas dos variables. En Gráfica 3.1 y la Tabla 3.1 se puede observar cómo los valores de HR presentan un comportamiento inverso a las T_{ext} .

Variable	Valores medios mensuales												Prom. Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Temp. Máx. [°C]	31,9	32,1	31,5	30,5	30,0	29,2	28,8	29,7	30,4	30,5	30,4	30,9	30,5
Temp. Med. [°C]	26,3	26,4	26,3	25,6	25,1	24,6	24,1	24,5	25,2	25,2	25,3	25,6	25,4
Temp. Mín. [°C]	20,6	20,6	21,3	21,4	21,3	20,9	20,4	20,5	20,8	21,1	21,3	21,0	20,9
Hum. Rel. Máx. [%]	83,9	85,9	88,1	92,4	92,7	95,8	95,8	96,8	95,3	94,6	92,0	89,3	91,9
Hum. Rel. Med. [%]	75,4	75,9	77,6	82,9	85,2	86,8	86,8	85,3	83,8	84,1	84,0	81,1	82,4
Hum. Rel. Mím. [%]	66,9	65,9	67,1	73,4	77,7	77,8	77,8	73,8	72,3	73,6	76,0	70,6	72,8

Tabla 3.1. Valores mensuales de Temperaturas y Humedades máximas, medias y mínimas de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

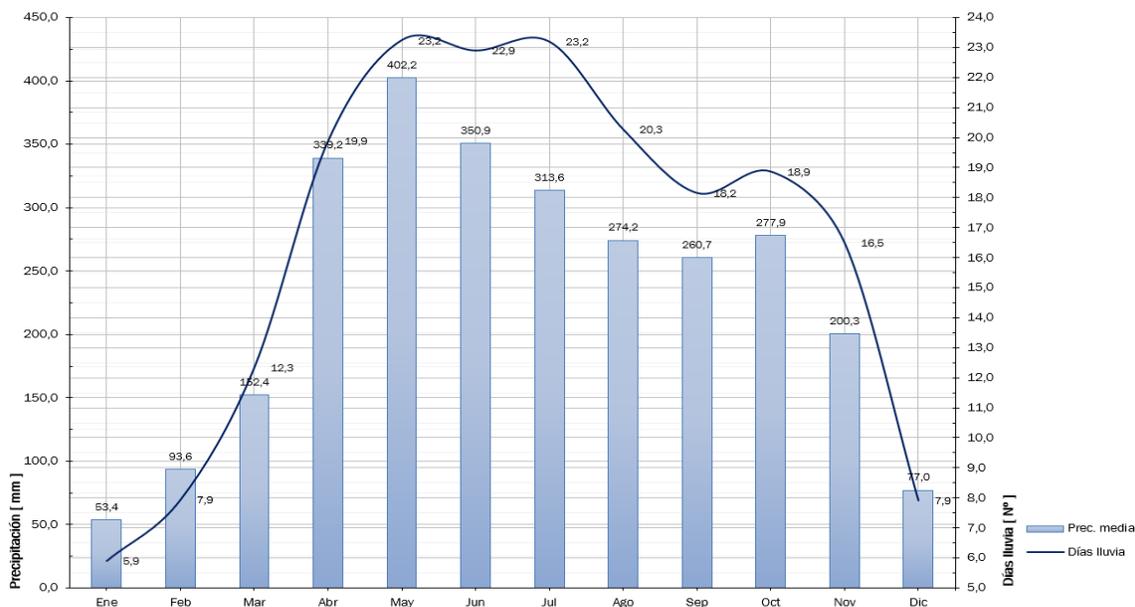
El clima predominante del Municipio de San Juan de Arama –según la clasificación climática de LANG²–, es Cálido húmedo con una $T_{mm,ext} máx$ en Febrero (32,1°C) con un valor promedio mensual de 25,4 °C a lo largo del año y un valor de $T_{mm,ext} mín$ de 20,4 °C en Julio. La Tabla 3.2 y las Gráficas 3.2 y 3.3 presentan otros datos meteorológicos.

Variable	Meses del año												Prom. Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Precipitación [mm]	53,4	93,6	152,4	339,2	402,2	350,9	313,6	274,2	260,7	277,9	200,3	77,0	232,9
Días lluvia [N° Días]	5,9	7,9	12,3	19,9	23,2	22,9	23,2	20,3	18,2	18,9	16,5	7,9	16,4
Brillo [Hrs]	175,4	131,2	99,7	99,1	119,3	113,0	109,2	128,1	143,9	145,3	147,7	180,7	132,7

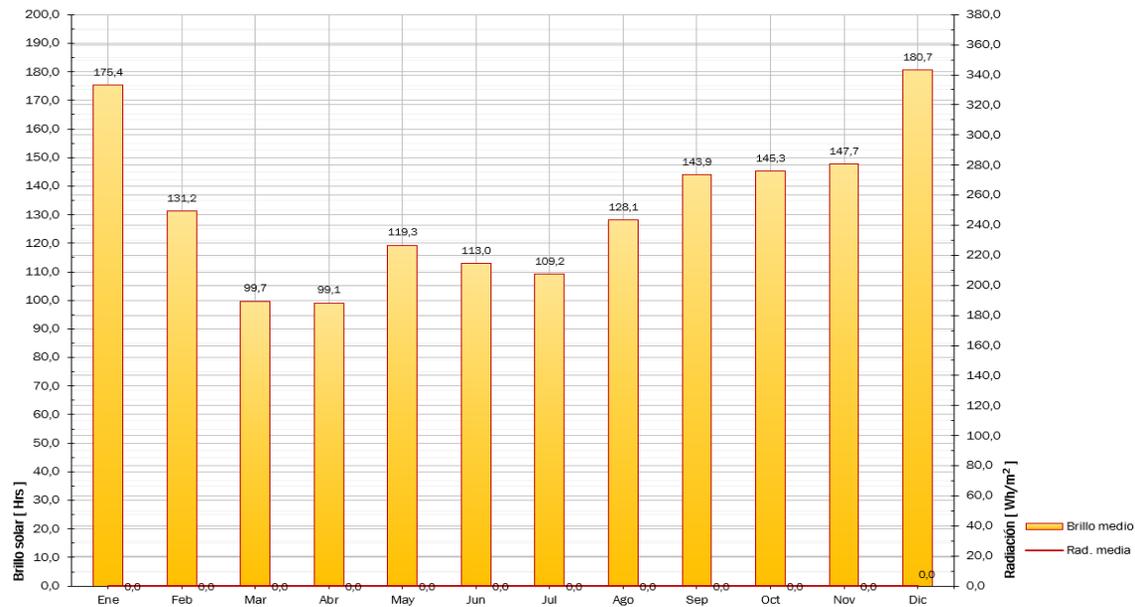
Tabla 3.2. Valores mensuales promedio de precipitación, días lluvia, brillo solar y radiación de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

¹ Para la obtención de los datos meteorológicos y debido a la inexistencia de una Estación del IDEAM en el Municipio de San Juan de Arama, se interpolan dos (2) estaciones: 1] Estación Climatológica ordinaria –CO– La Holanda (Granada, Meta) N° 3207504, 3° 30' 36" N 73° 42' 36" W, 360,0 msnm y 2] Climatológica ordinaria –CO– Mesetas (Mesetas, Meta) N° 3207505, 3° 22' 48" N 74° 02' 24" W, 620,0 msnm y ubicadas a ±30,70 Kms y 11,60 Km del proyecto respectivamente.

² Richard LANG establece en 1915 una clasificación climática para la cual utiliza la precipitación anual (mm) y la temperatura media anual (°C). Estas dos variables climáticas son relacionadas mediante un cociente llamado factor de Lang obteniéndose y seis clases de climas entre ellas. De esta manera se puede establecer el Factor de Lang como P/T (Ver Factor de Lang).



Gráfica 3.2. Climograma de valores mensuales promedio de precipitación y días lluvia de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.



Gráfica 3.3. Climograma de valores mensuales promedio de brillo solar y radiación de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

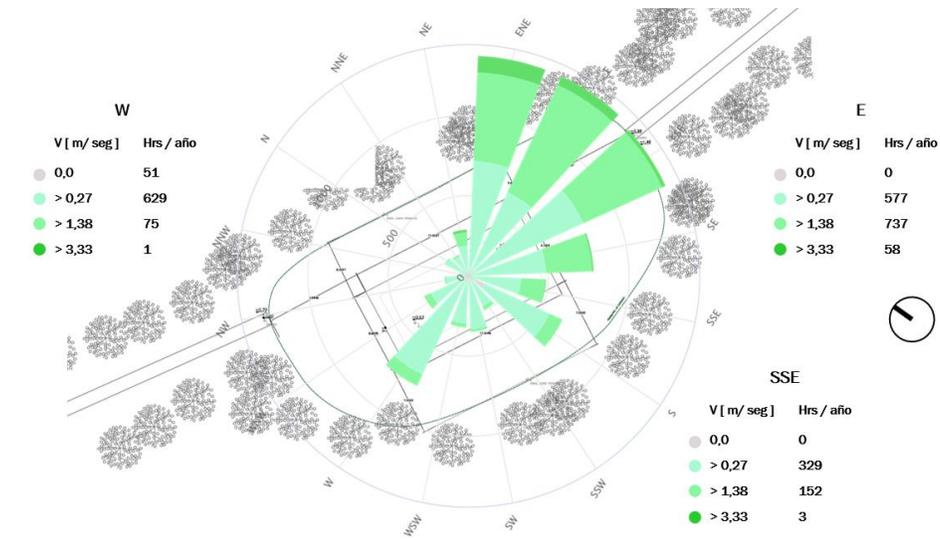
3.2. Vientos dominantes - trayectoria solar.

El viento es aire en movimiento compensatorio que se genera por las diferencias de presión y de temperatura atmosféricas, causada por un calentamiento no uniforme de la superficie terrestre. Este es caracterizado por presentar a lo largo del día una velocidad, una frecuencia y una dirección dominante.

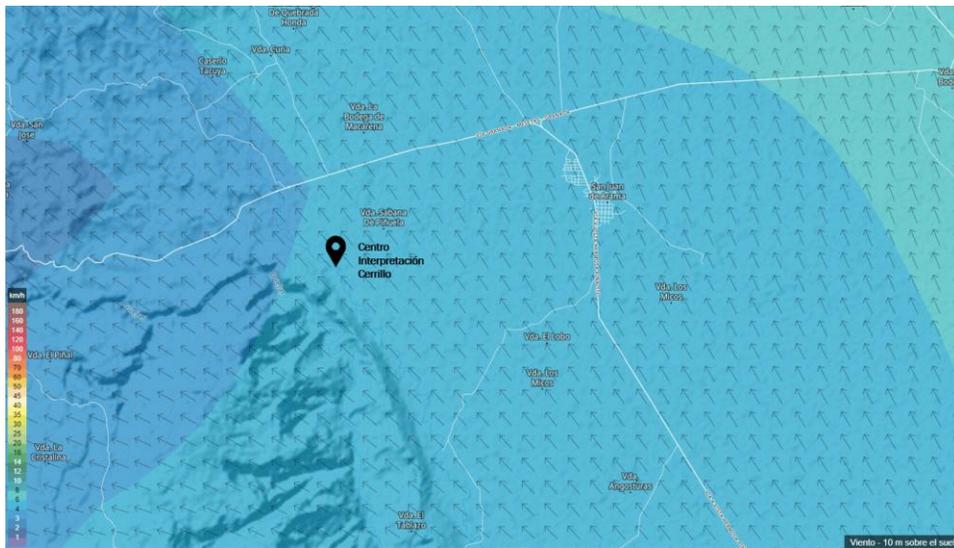
3.2.1. Rosa de los vientos.

La rosa de los vientos es la circunferencia del horizonte en la cual se encuentran marcadas las diferentes direcciones de donde proviene el viento y sus frecuencias (%). Las Gráficas 3.4 y 3.5 evidencian que los vientos dominantes provienen del Este (E), EsteNorEste (ENE) y EsteSurEste (ESE) en mayor frecuencia y velocidad constante y, en menor frecuencia, desde en SurSurEste (SSE) y Oeste (W).

Por su parte la Gráfica 3.6 evidencia la ubicación del predio intervenir y su cercanía con la cadena montañosa que enmarca el cañón del Río Guejar lo cual explica la dirección de los vientos y a su vez explica las Gráficas 3.4 y 3.5.



Gráfica 3.4. Trayectoria de vientos sobre el proyecto.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.



Gráfica 3.5. Trayectoria de vientos sobre el proyecto.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.



Gráfica 3.6. Ubicación predio a intervenir respecto de orografía.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

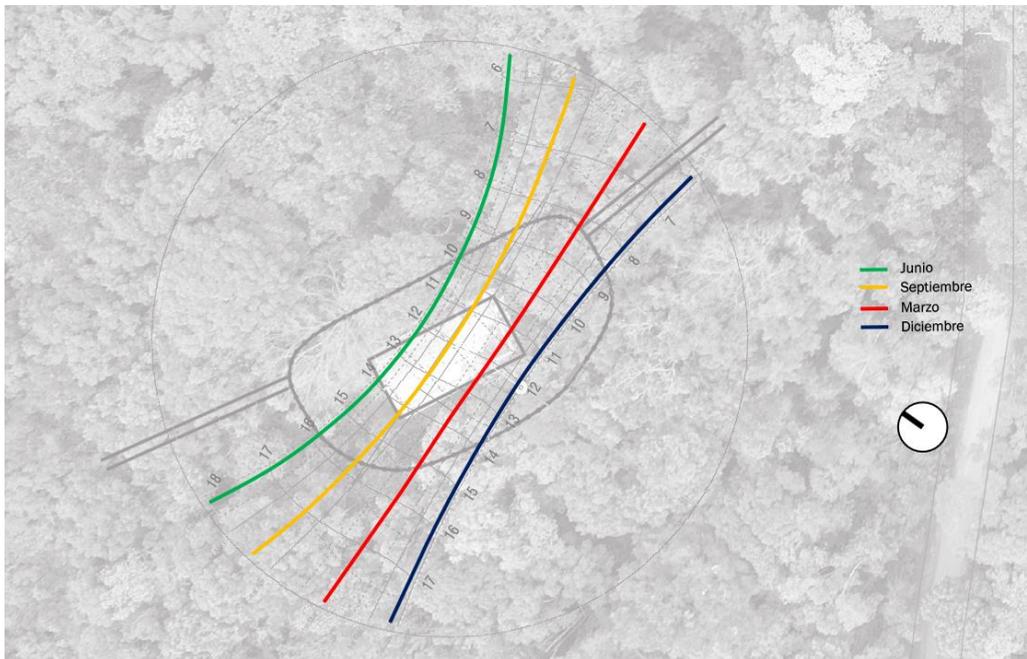
No obstante es importante mencionar que si bien la anterior es la incidencia del viento sobre el lugar del proyecto, **la masa arbórea inmediatamente vecina al predio y que por lo demás lo limita genera una barrera al viento** (Ver *Imágenes 3.1, 4.1 y 4.2*) lo cual no permite que las estrategias bioclimáticas están encaminadas a la generación de viento por convección (movimientos verticales del viento) sumado a estrategias de control solar, de tratamiento de la envolvente y de permeabilidad volumétrica.



Imagen 3.1. Vista hacia esquina NorOeste desde lindero Sur.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

3.2.2. Trayectoria solar.

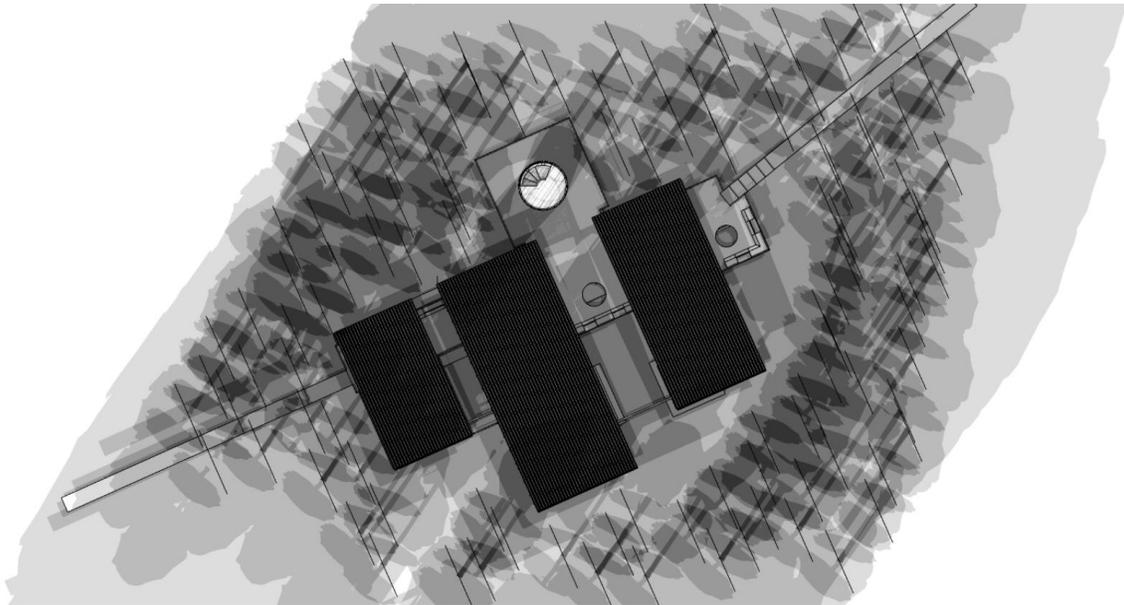
Al observar el registro fotográfico, se puede inferir que la radiación solar incidente sobre el predio no es constante y solo en horas cuando el sol se encuentre en el Zenit (11^h a 13^h) el proyecto habrá de protegerse de la radiación incidente. Lo anterior y de acuerdo con las *Imágenes 3.1, 4.1 y 4.2*, la masa arbórea se presenta como una barrera al sol en horas de la mañana y la tarde (Ver *Gráfica 3.7*) lo que significa entonces una reducción de la T_{ext} un aumento de la HR.



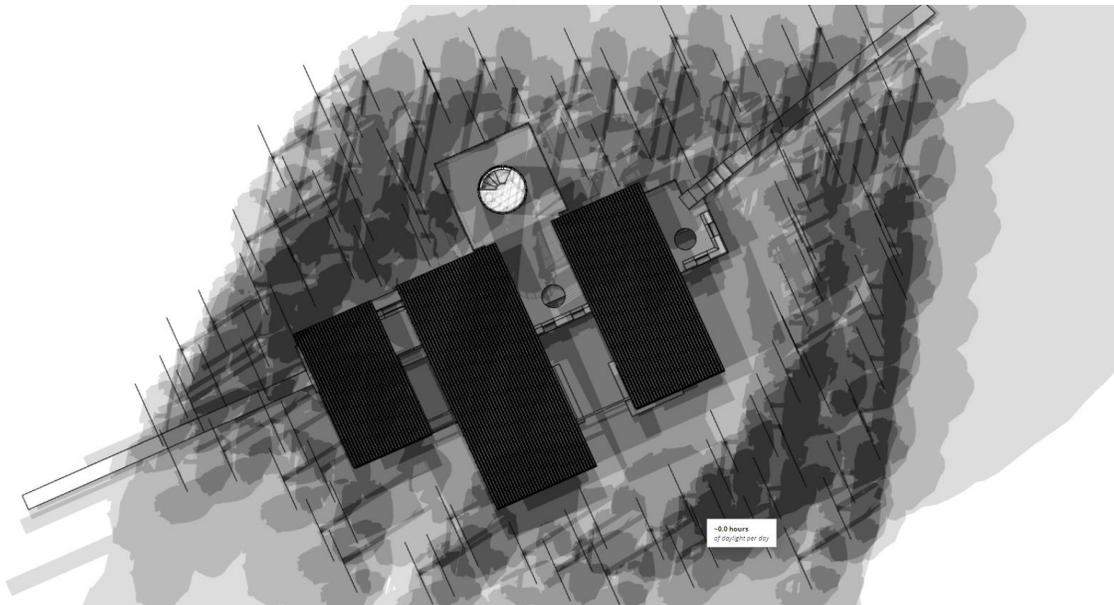
Gráfica 3.7. Trayectorias solares sobre el proyecto.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

De acuerdo con lo anterior y las Gráficas 3.4 y 3.7, y la literatura universal respecto del clima y el uso del proyecto, se recomienda **[1] emplear materiales y/o composiciones de envolventes con baja transferencia térmica** con el fin de evitar calentamientos exagerados por conductividad y **[2] garantizar la permeabilidad volumétrica** con el objetivo de favorecer el movimiento del viento mediante un sistema de ventilación natural —VN— vertical. De acuerdo con las condiciones climáticas exteriores predominantes las cuales no se pueden controlar de manera natural, **se podrían implementar Ventiladores de aspa descolgada** en aquellos espacios de producción de calor por agrupación de ocupantes y/o equipos como *Sala de proyección y exhibición* principalmente.

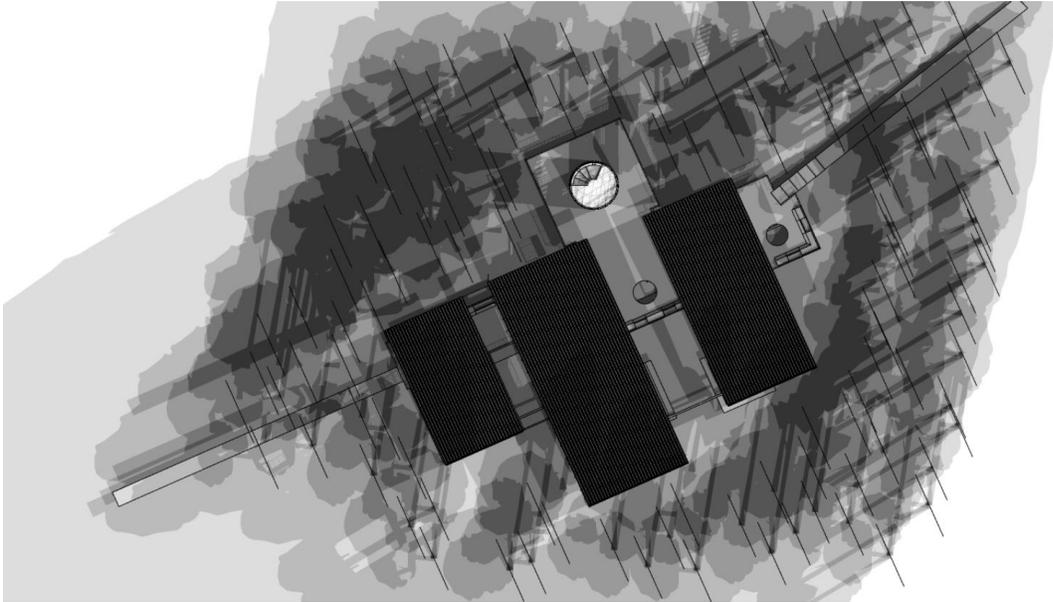
De otra parte, las Gráficas 3.8 a 3.11 presentan el estudio solar del proyecto en **Marzo/Septiembre, Junio y Diciembre y a lo largo del año respectivamente para las franjas horarias entre 08^h y 16^h (intervalos cada 2^{hrs})**. En estas se puede observar que los intersticios entre edificaciones siempre están a la sombra (excepto en el Zénit) gracias al distanciamiento entre estas. La gran cantidad sombra que se evidencia en las citadas Gráficas responde a la gran cantidad de individuos arbóreos (Ver *Imágenes 3.1, 4.1 y 4.2*) que rodean al proyecto y que permiten que en el momento de horas tempranas o tardías, no haya ingreso del sol al interior del proyecto.



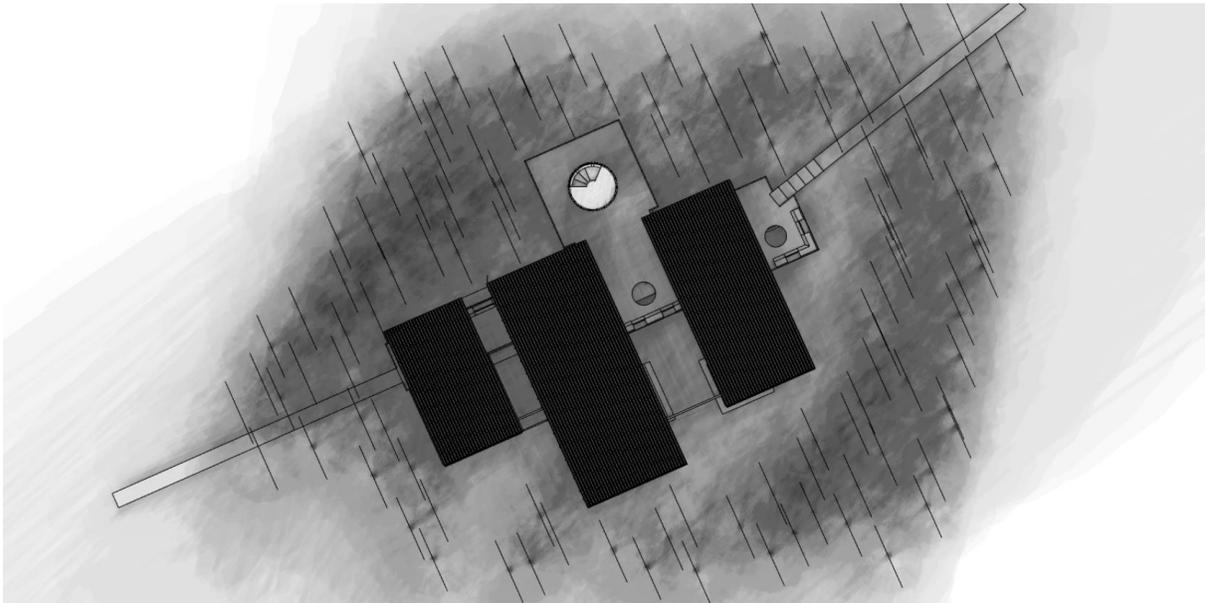
Gráfica 3.8. Asoleación en el proyecto - Marzo/Septiembre 21 - 08^h a 16^h.
Fuente. Arquitectura Más Verde.



Gráfica 3.9. Asoleación en el proyecto - Junio 21 - 08^h a 16^h.
Fuente. Arquitectura Más Verde.



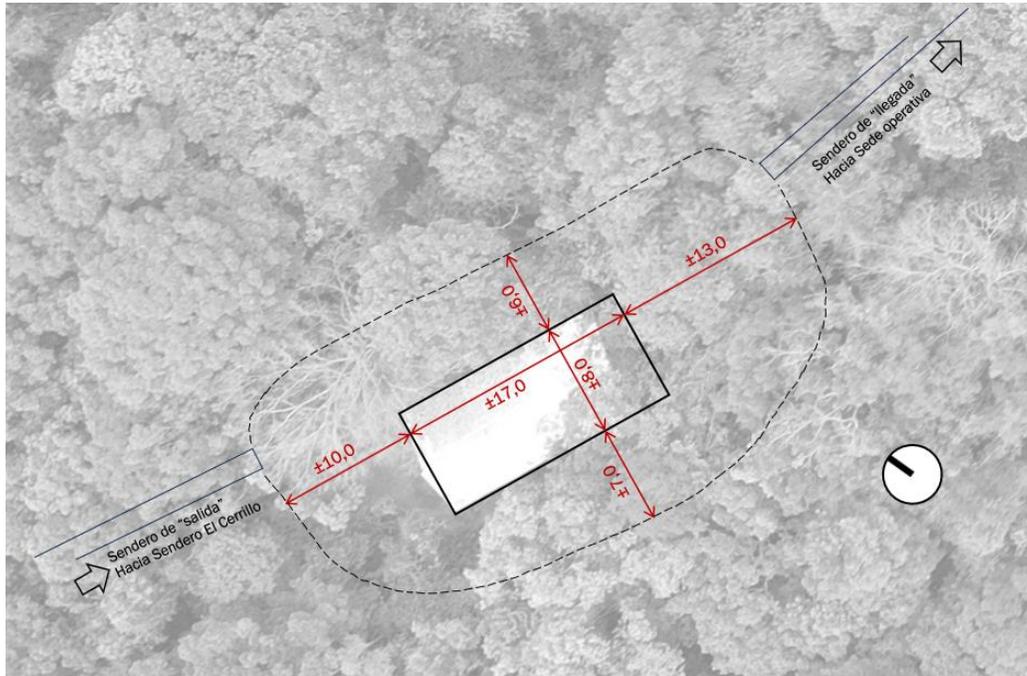
Gráfica 3.10. Asoleación en el proyecto - Diciembre 21 - 08^h a 16^h.
Fuente. Arquitectura Más Verde.



Gráfica 3.11. Asoleación en el proyecto - Anual - 08^h a 16^h.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

4. ANÁLISIS DEL PREDIO.

4.1. Información específica.



Gráfica 4.1. Predio Centro Interpretación Ambiental Cerrillo.
Fuente. Arquitectura Más Verde.



Gráfica 4.2. Predio Centro Interpretación Ambiental Cerrillo.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

4.2. Gráficos de preexistencias del sitio.

El lugar en donde se desarrolla el proyecto se encuentra sobre la vía veredal (Vía PNN Sierra La Macarena) que conduce desde la vía nacional N° 65A (San Juan de Arama – Mesetas) hasta el Cañón del Río Guejar pasando por la Sede Operativa de Parques Nacionales Naturales de Colombia —PNNC—.

El predio en particular ($\pm 840,0 \text{ m}^2$ los cuales se inscriben dentro de los límites físicos y de accesibilidad) se encuentra a una distancia peatonal de $\pm 90,0 \text{ mts}$ desde el ingreso de la Sede Operativa (Ver Imagen 3.1) y se encuentra absolutamente rodeado de una espesa vegetación de porte alto de densidad media que como se indicó anteriormente, impide el ingreso contante de la radiación solar y del viento predominante.



Imagen 4.1. Vista hacia esquina NorOeste desde lindero Sur.
Fuente. Arquitectura Más Verde.



Imagen 4.2. Vista hacia esquina NorEste desde lindero Sur.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

4.3. Gráficos de corrección del predio.

Previa implantación del proyecto y de acuerdo con el levantamiento topográfico del predio, se trata de un predio con una leve inclinación de aproximadamente $\pm 0,50$ mts en el “sentido largo” y de $\pm 0,10$ mts en el “sentido corto”. Se evidencia la existencia de un canopi arbóreo de $\pm 18,0$ mts de alto de follaje denso y fustes altos y delgados permitiendo —a priori— el ingreso de radiación solar directa cuando el sol se encuentre en el Zénit y dificultando el acceso de las corrientes de viento.

En cuanto a individuos vegetales (arbóreos) —IV— (Ver Gráfica 4.2 e Imágenes 4.1 y 4.2), se recomienda que la implantación del proyecto impacte la menor cantidad de estos. No obstante, se hará necesario que previo al inicio de la construcción, se realice una labor de leñateo de algunos IV con el fin de minimizar el impacto de ramas y hojas en la estructura de cubierta y desagües de aguas lluvias.

5. DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO.

5.1. Temperaturas secas y humedades relativas del aire.

Las Tablas 5.1 y 5.2 y, las Gráficas 5.1 y 5.3 presentan los promedios horarios de la T_{ext} y las HR teniendo en cuenta los datos promedios mensuales de las máximas y mínimas tomando como fuente los datos meteorológicos del Ideam. A partir de esto, podemos identificar los meses y horas críticas de diseño $-T_{ext}$ y HR_{ext} mínimas y máximas— que servirán de base para nuestros cálculos y simulaciones.

TEMPERATURAS HORARIAS SEGÚN DATOS MEDIOS												
Lugar:	San Juan Arama, Meta.						Fuente:	Ideam N° 3207504 y 3207505				
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temp. Máx. [°C]	31,9	32,1	31,5	30,5	30,0	29,2	28,8	29,7	30,4	30,5	30,4	30,9
Temp. Mín. [°C]	20,6	20,6	21,3	21,4	21,3	20,9	20,4	20,5	20,8	21,1	21,3	21,0

TEMPERATURAS PROMEDIO HORARIAS [°C]												
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	25,8	25,9	26,0	25,6	25,3	24,7	24,3	24,7	25,2	25,4	25,5	25,6
2	24,2	24,3	24,6	24,3	24,1	23,6	23,1	23,4	23,9	24,1	24,2	24,2
3	22,7	22,8	23,2	23,1	22,9	22,5	22,0	22,2	22,6	22,9	23,0	22,9
4	21,5	21,5	22,1	22,1	22,0	21,6	21,1	21,2	21,6	21,8	22,0	21,8
5	20,8	20,8	21,5	21,6	21,5	21,1	20,6	20,7	21,0	21,3	21,5	21,2
6	20,6	20,6	21,3	21,4	21,3	20,9	20,4	20,5	20,8	21,1	21,3	21,0
7	21,3	21,3	21,9	21,9	21,8	21,4	20,9	21,0	21,4	21,6	21,8	21,6
8	22,3	22,3	22,8	22,8	22,6	22,2	21,7	21,9	22,3	22,5	22,7	22,5
9	23,5	23,6	24,0	23,7	23,6	23,1	22,6	22,9	23,3	23,5	23,7	23,6
10	25,6	25,7	25,8	25,4	25,1	24,6	24,1	24,5	25,0	25,2	25,3	25,4
11	29,5	29,7	29,4	28,6	28,1	27,5	27,1	27,8	28,4	28,5	28,5	28,8
12	30,8	31,1	30,6	29,6	29,2	28,5	28,1	28,9	29,5	29,7	29,6	30,0
13	31,5	31,8	31,2	30,2	29,7	29,0	28,6	29,4	30,1	30,2	30,1	30,6
14	31,9	32,1	31,5	30,5	30,0	29,2	28,8	29,7	30,4	30,5	30,4	30,9
15	31,6	31,9	31,3	30,3	29,8	29,0	28,7	29,5	30,2	30,3	30,2	30,7
16	31,2	31,4	30,9	29,9	29,4	28,7	28,3	29,1	29,8	30,0	29,8	30,3
17	30,8	31,1	30,6	29,6	29,2	28,5	28,1	28,9	29,5	29,7	29,6	30,0
18	30,4	30,6	30,2	29,3	28,8	28,1	27,8	28,5	29,1	29,3	29,2	29,6
19	29,9	30,2	29,8	28,9	28,5	27,8	27,4	28,1	28,8	28,9	28,8	29,2
20	29,6	29,8	29,5	28,6	28,2	27,6	27,2	27,9	28,5	28,6	28,6	28,9
21	29,0	29,3	29,0	28,2	27,8	27,1	26,7	27,4	28,0	28,2	28,1	28,4
22	28,5	28,7	28,5	27,7	27,4	26,7	26,3	26,9	27,5	27,7	27,7	27,9
23	27,8	28,0	27,8	27,2	26,8	26,2	25,8	26,4	26,9	27,1	27,1	27,4
24	27,0	27,2	27,1	26,6	26,2	25,6	25,2	25,7	26,3	26,5	26,5	26,7
Prom. horario	27,0	27,2	27,1	26,5	26,2	25,6	25,2	25,7	26,3	26,4	26,5	26,6

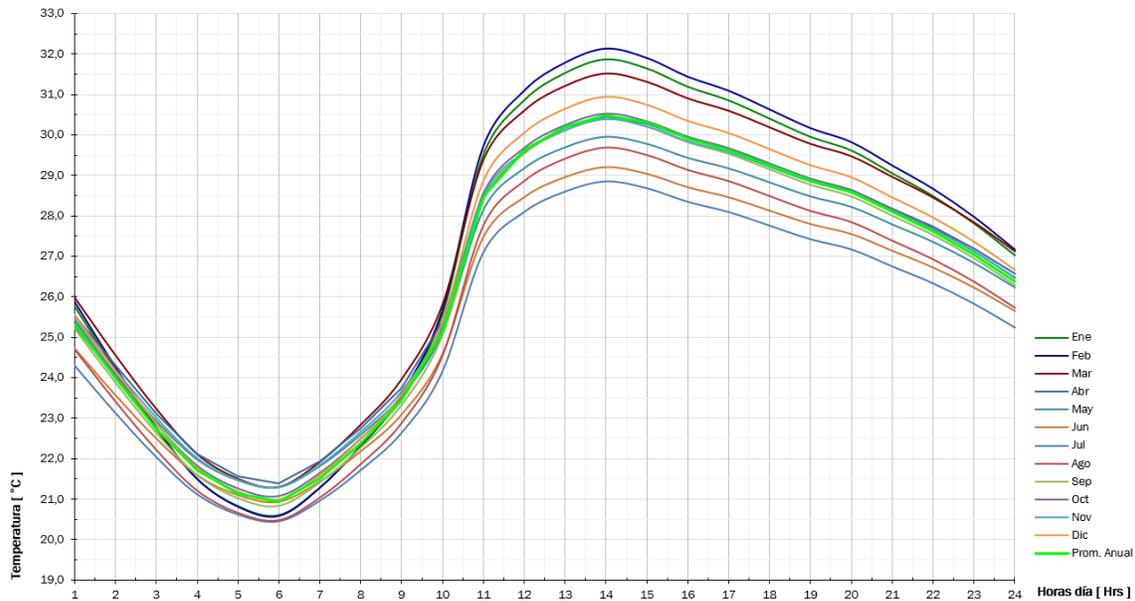
Tabla 5.1. Temperaturas promedio horarias de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

HUMEDADES RELATIVAS HORARIAS SEGÚN DATOS MEDIOS												
Lugar:	San Juan Arama, Meta.						Fuente:	Ideam N° 3207504 y 3207505				
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Hum. Rel. Máx. [%]	83,9	85,9	88,1	92,4	92,7	95,8	95,8	96,8	95,3	94,6	92,0	89,3
Hum. Rel. Mín. [%]	73,8	73,7	75,4	74,2	78,7	77,6	81,8	65,7	64,3	68,1	65,4	71,8

HUMEDADES RELATIVAS PROMEDIO HORARIAS [%]												
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	82,1	83,8	86,0	89,3	90,3	92,7	93,4	91,5	90,1	90,1	87,5	86,4
2	82,5	84,3	86,5	90,0	90,9	93,4	94,0	92,7	91,3	91,2	88,6	87,1
3	82,9	84,8	87,0	90,7	91,5	94,2	94,5	94,0	92,5	92,2	89,6	87,8
4	83,2	85,2	87,4	91,3	91,9	94,7	95,0	94,9	93,5	93,0	90,4	88,3
5	83,6	85,7	87,9	92,0	92,4	95,5	95,5	96,1	94,7	94,1	91,5	89,0
6	83,9	85,9	88,1	92,4	92,7	95,8	95,8	96,8	95,3	94,6	92,0	89,3
7	83,5	85,5	87,8	91,8	92,3	95,3	95,4	95,8	94,4	93,8	91,2	88,8
8	82,9	84,8	87,0	90,7	91,5	94,2	94,5	94,0	92,5	92,2	89,6	87,8
9	81,7	83,3	85,5	88,6	89,8	92,0	92,9	90,2	88,8	89,1	86,4	85,7

10	78,2	79,1	81,0	82,2	84,9	85,6	88,0	79,4	78,0	79,8	77,1	79,5
11	76,4	76,9	78,7	78,9	82,3	82,3	85,4	73,8	72,4	75,0	72,3	76,4
12	75,3	75,5	77,3	76,9	80,8	80,3	83,9	70,4	69,0	72,1	69,4	74,4
13	74,4	74,4	76,2	75,3	79,5	78,7	82,6	67,6	66,2	69,7	67,0	72,9
14	73,8	73,7	75,4	74,2	78,7	77,6	81,8	65,7	64,3	68,1	65,4	71,8
15	74,0	73,9	75,7	74,6	79,0	78,0	82,1	66,3	64,9	68,6	65,9	72,2
16	74,6	74,7	76,4	75,7	79,8	79,1	82,9	68,2	66,8	70,2	67,5	73,2
17	75,7	76,0	77,8	77,7	81,4	81,1	84,5	71,6	70,2	73,1	70,5	75,1
18	77,0	77,6	79,5	80,0	83,2	83,4	86,3	75,6	74,2	76,6	73,9	77,4
19	78,4	79,3	81,3	82,6	85,2	86,0	88,2	80,0	78,6	80,3	77,6	79,9
20	79,5	80,7	82,7	84,6	86,7	88,0	89,8	83,4	82,0	83,2	80,6	81,8
21	80,2	81,5	83,6	85,8	87,7	89,3	90,8	85,6	84,2	85,1	82,4	83,0
22	80,8	82,2	84,3	86,9	88,5	90,4	91,6	87,4	86,0	86,7	84,0	84,1
23	81,3	82,9	85,0	87,8	89,2	91,3	92,3	89,0	87,6	88,0	85,4	85,0
24	81,8	83,5	85,6	88,7	89,9	92,2	93,0	90,6	89,1	89,3	86,7	85,8
Prom. horario	79,5	80,6	82,6	84,5	86,7	88,0	89,8	83,4	81,9	83,2	80,5	81,8

Tabla 5.2. Humedades relativas promedio horarias de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

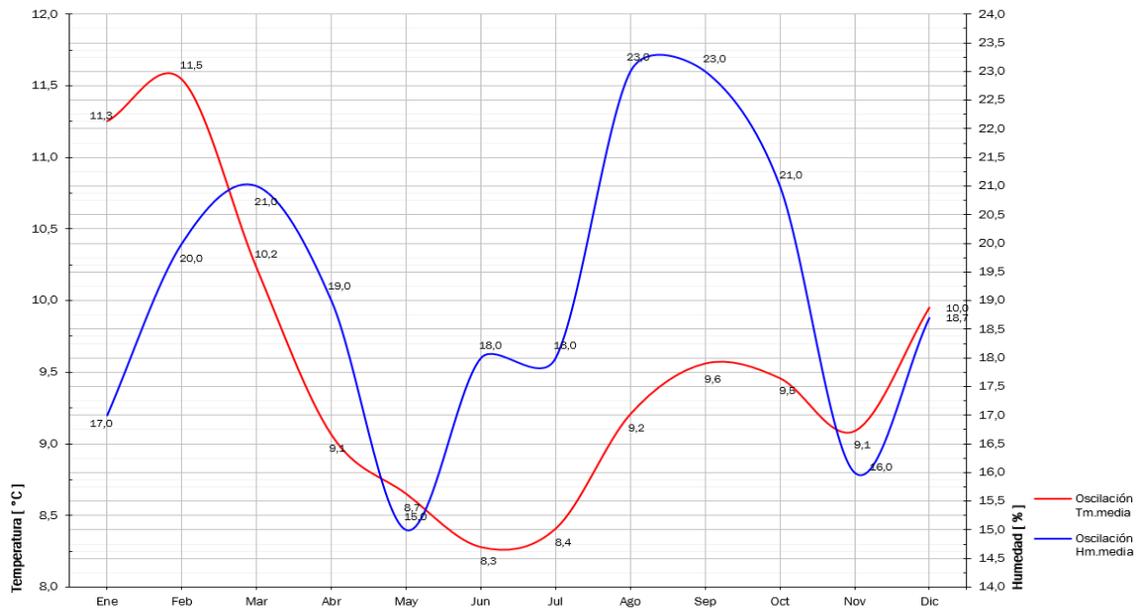


Gráfica 5.1. Temperaturas promedio horarias de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

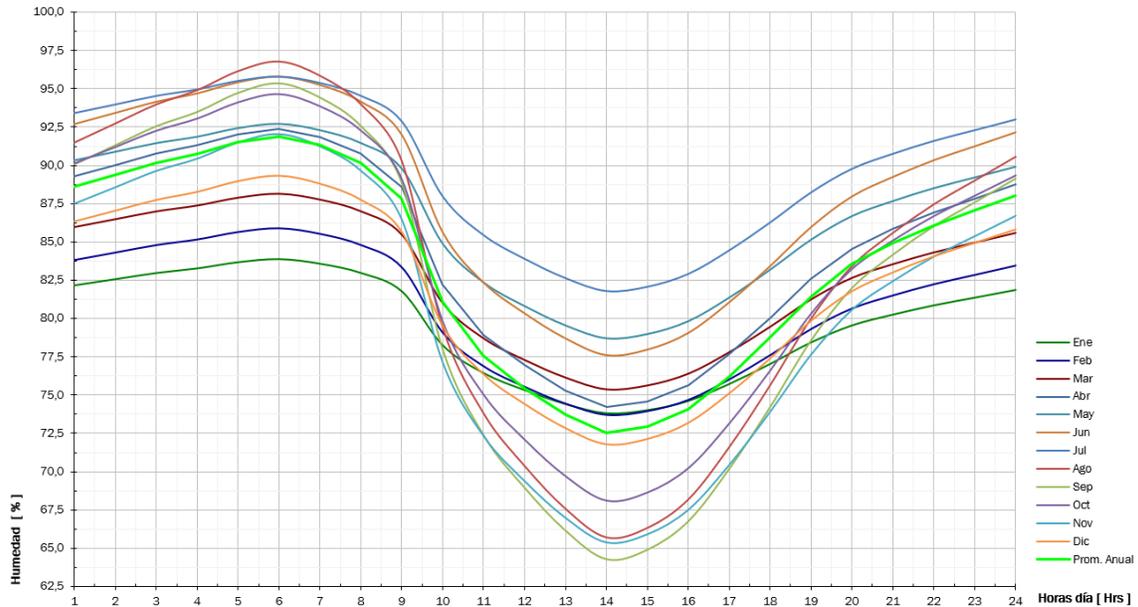
A partir de las *Tablas 5.1 y 5.2* y, las *Gráficas 3.1, 5.1 y 5.3*, se puede identificar el mes de Febrero como el mes de mayor $T_{mm,ext\ máx}$ (32,1°C). Sumado a lo anterior, la *Tabla 5.3* y la *Gráfica 5.2* presentan los valores medios de oscilación higrótérmica mensual y para el caso del mes de Febrero es de 11,5 °C y 20,0% entre las 06^h y las 14^h. Por lo anterior, tomamos este mes como el mes crítico de diseño. Estos datos servirán de base para nuestros cálculos y simulaciones correlacionado a las franjas de ocupación con jornada completa (08^h - 18^h).

Oscilación	Meses del año												Prom. Anual [°C] y [%]
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Temp. [°C]	11,3	11,5	10,2	9,1	8,7	8,3	8,4	9,2	9,6	9,5	9,1	10,0	9,6
Hum. Rel. [%]	17,0	20,0	21,0	19,0	15,0	18,0	18,0	23,0	23,0	21,0	16,0	18,7	19,1

Tabla 5.3. Valores de oscilación higrótérmica media de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.



Gráfica 5.2. Valores medios de oscilación higrótérmica de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.



Gráfica 5.3. Humedades relativas promedio horarias de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

5.2. Uso, ocupación y aportes energéticos.

Para este estudio tenemos en cuenta las propiedades físicas y térmicas de los materiales, la incidencia solar, la generación de sombras por vegetación o por la misma arquitectura, las temperaturas de superficie y las condiciones climáticas exteriores del Municipio de San Juan de Arama. Usamos la plataforma conjunta de simulación para la concepción bioclimática y el análisis del confort térmico integrada por los programas *Pleiades+Comfie*®, *Alcyone*® y *MeteoCalc*®, desarrollada por *Izuba Energies*®. Para los cálculos de caudales de renovación natural de aire del exterior, utilizamos las tasas mínimas de ventilación descritas en la *Tabla 6-1* del *ANSI/Ashrae 62.1-2022*.

La anterior plataforma de simulación tiene en cuenta las diversas ganancias calóricas causadas por los ocupantes, las luminarias, el uso destinado del espacio y los equipos electromecánicos presentes en el mismo. Para este caso tenemos en cuenta un Índice metabólico –Met– base sin una exigencia física por persona adulta de $93.1 \text{ W/m}^2 \approx 1,60 \text{ Met}$. Tomamos $5,0 \text{ W/m}^2$ como promedio de ganancias calóricas producidas por las luminarias y la ubicación del mobiliario propuesto por los proyectistas. Para datos de Índice de vestimenta –Clo– asumimos en general $0,8 \text{ Clo}$ en general.

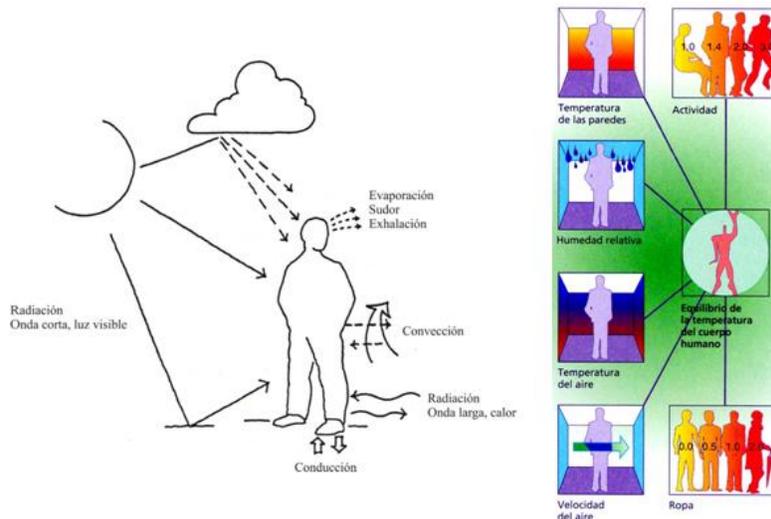
Estos datos servirán de base para nuestros cálculos y simulaciones correlacionado las franjas de ocupación con jornada completa (08^h - 18^h).

N°	Espacio	Ocupación [N° Pers.]	Metabolismo [W]	Carga iluminación [W]	Carga equipos [W]	Franja ocupación [h]
1	Punto de información + Punto de contratación	5	612,7	90,5	160,0	08 - 12 / 14 - 18
2	Sala de proyección + Sala de exhibiciones	19	2569,2	379,5	480,0	
3	Tienda de recuerdos	4	450,2	66,5	80,0	
4	Área de descanso	8	937,0	138,4	80,0	
5	Hemeroteca	3	355,4	52,5	80,0	
6	Área de bebidas y alimentos + Hidratación	2	226,8	33,5	160,0	

Tabla 5.4. Parámetros de ocupación.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

5.3. Condiciones de confort.

El confort de un espacio es determinado por algunos factores como la naturaleza de los materiales de construcción, las condiciones climáticas (meteorológicas), la función (uso) del espacio, la vegetación existente, la morfología urbana circundante, los diferentes intercambios térmicos ente el cuerpo humano y el medio ambiente, etc. (Ver Gráfica 5.4). A esta “inestabilidad” del microclima que se origina, es necesario añadir un último factor: las sensaciones percibidas por el ciudadano puesto que la adaptación psicológica parece ser muy importante al momento de establecer condiciones de confort en espacios exteriores. Según esto, el individuo reacciona a las “dificultades” climáticas adaptándose de manera permanente y, sus condiciones física y fisiológica contribuyen a tal adaptación. Esta es la razón por la cual la noción de confort no puede estudiarse ajena a la subjetividad que lleva implícita pues personas diferentes perciben el espacio de diferentes maneras y lo que es bueno para un ciudadano no lo es para otro.³



Gráfica 5.4. Variables que influyen en la sensación de confort térmico.
Fuente. Roselund [2000] y The European Commission [2007]. Modificación Arquitectura Más Verde.

Bajo esta óptica, se puede definir el confort térmico como la [1] evaluación subjetiva, espontánea y en tiempo real de las condiciones climáticas (temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del aire y temperatura de radiación solar) resultado de los diferentes intercambios de energía entre el cuerpo humano y el ambiente.

5.3.1. Modelo de confort.

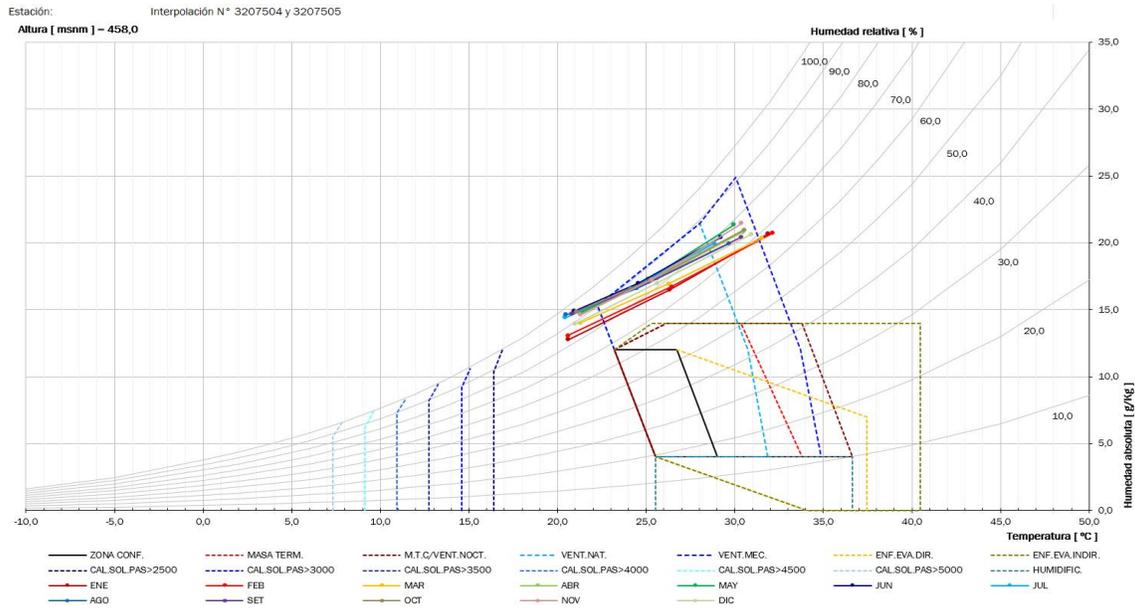
Los modelos de confort tienen como objetivo establecer las condiciones térmicas aceptables para un porcentaje de los ocupantes —adultos— de los diferente espacios de un proyecto por más de 15 minutos y en leve/baja actividad física (eg. trabajo de oficina). Estos tienen en cuenta factores asociados al ambiente interior como T_{ext} , Temperatura media radiante — T_{mr} —, HR y Velocidad del aire — V — así como a aquellos propios de los usuarios del proyecto (Met y Clo).

5.3.1.1. Método gráfico.

El método gráfico emplea un diagrama psicrométrico para definir una zona de confort delimitada por la Temperatura operativa — T_o —⁴ y la HR dentro de los cuales, en teoría, la gran mayoría de las personas se sentirían en confort. Si las

³ Nikolopoulou y Steemers [2003:97] evidencian esta subjetividad subyacente en al concepto de confort térmico en espacios públicos, lo demuestran en su estudio de cuatro lugares diferentes de la ciudad de Cambridge en Inglaterra.
⁴ Cuando en este documento y capítulo se mencione “Temperatura interior”, se hace expresa referencia a Temperatura operativa interior — T_o —.

condiciones ambientales en el interior de un edificio quedan dentro de esos rangos, entonces se asume que este cumple con el criterio del método.



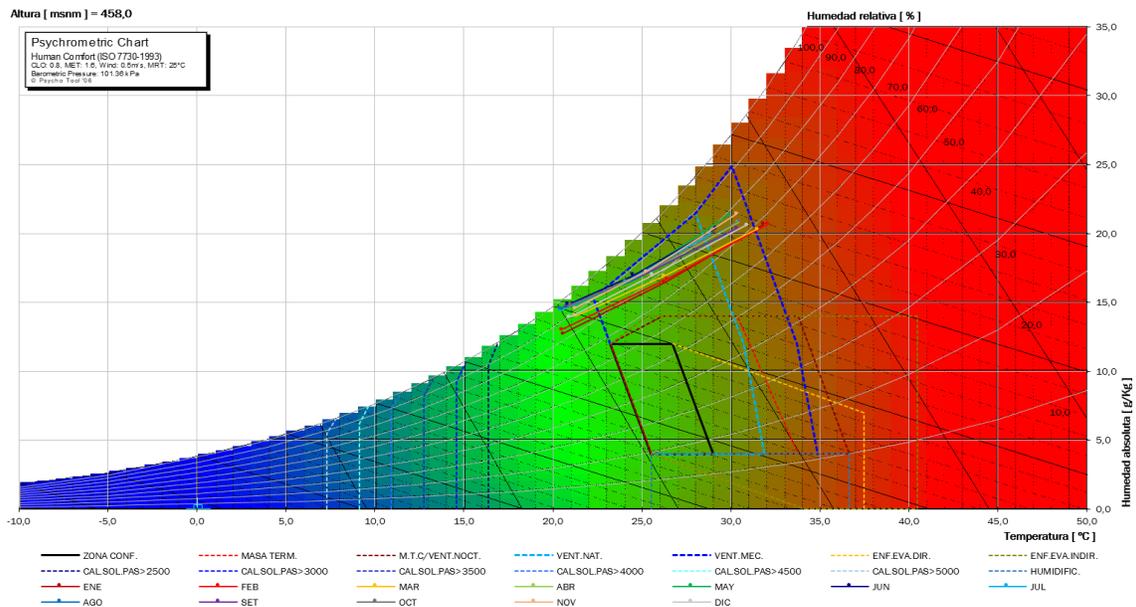
Gráfica 5.5. Diagrama psicrométrico de Temperaturas y Humedades de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Ecotect, Givoni [1976] y Gonzalo [1998].

La *Gráfica 5.5* resume el comportamiento anual del clima del Municipio de San Juan de Arama. Dicho diagrama psicrométrico desarrollado a partir de Givoni [1976: 315] y Gonzalo [1998: 287], permite establecer las estrategias bioclimáticas de acuerdo con el clima de San Juan de Arama con el fin de obtener y/o aproximarse a condiciones de confort. **Se puede observar cómo los extremos superiores de los vectores (~14^h) se ubican sobre las áreas de Ventilación natural [VENT.NAT.] y para Enero a Marzo, en Ventilación mecánica [VENT.MEC.]. Para el caso de las mañanas (~06^h), los extremos inferiores si bien se ubican en el área de Calefacción solar pasiva [CAL.SOL.PAS>2500], puede implementarse la estrategia de [VENT.NAT.] pues la hora de inicio de ocupación es de 08^h ($T_{ma,ext} \approx 22,4 \text{ } ^\circ\text{C}$).**

Basados en este diagrama, centraremos principalmente nuestras estrategias en:

1. Ventilar constantemente los espacios con el fin de evacuar el calor acumulado y garantizar la calidad del aire interior.
2. En las tardes y teniendo en cuenta las $T_{ext.máx.}$ así como las actividades a desarrollarse al interior, es imprescindible garantizar la permeabilidad al —poco— viento predominante.
3. Implementar salvo que las comprobaciones científicas —simulaciones térmicas— demuestren lo contrario, ventiladores de aspa descolgados.
4. Emplear materiales de baja inercia térmica y baja conductividad térmica.

La *Gráfica 5.6* muestra el comportamiento de la T_{ext} y la HR relativa del clima de la zona y su relación con el confort humano esperado. Así pues, observamos como los extremos superiores de los vectores se encuentran dentro de una zona donde la persona podría experimentar sensación neutra/comfort. En las noches por el contrario es posible que la persona experimente sensación de frío. Evidentemente, esto depende en parte eg. de la vestimenta y la actividad que se esté desarrollando.



Gráfica 5.6. Diagrama psicrométrico de Temperaturas y Humedades y, confort humano de San Juan de Arama, Meta.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Ecotect, Givoni [1976] y Gonzalo [1998].

5.3.1.2. Método de confort adaptativo.

Basado en la ecuación de confort adaptativo desarrollada por De Dear en 1997, este considera la evolución de la T_{ext} como un factor que influye directamente en la sensación térmica de las personas. A partir de la información climática Para determinar bajo este modelo la Z_c a partir de la Temperatura de confort térmico máxima $-T_{c,máx}-$ y mínima $-T_{c,mín}-$ se tiene:

$$T_c + 2,5^\circ\text{C} \leq Z_c \leq T_c - 2,5^\circ\text{C} \quad \text{Aceptación del 90\% de los ocupantes}$$

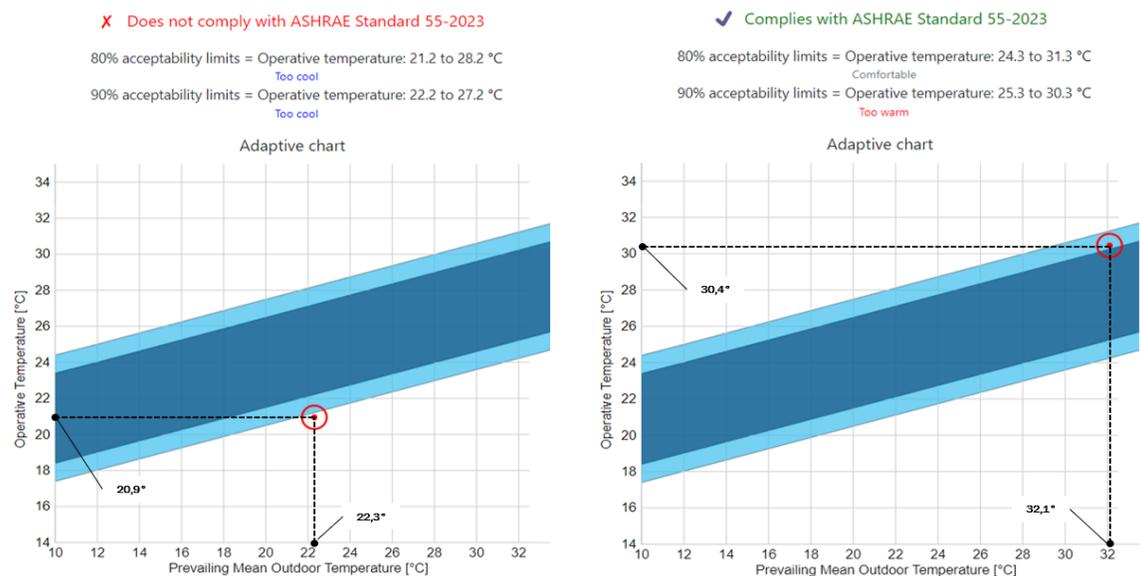
$$T_c + 3,5^\circ\text{C} \leq Z_c \leq T_c - 3,5^\circ\text{C} \quad \text{Aceptación del 80\% de los ocupantes}$$

Teniendo en cuenta este modelo, la Gráfica 5.7 presenta la definición de la Z_c para el clima de San Juan de Arama. Es importante aclarar que este Modelo adaptativo solo es aplicable para espacios acondicionados naturalmente y controlados por los ocupantes sin el funcionamiento de un sistema HVAC (Ver Berkeley University of California, 2020) :

$$1,3 \leq Met \leq 1,0$$

$$1,0 \leq Clo \leq 0,5$$

$$33,5^\circ\text{C} \leq T_{ext} \leq 10,0^\circ\text{C}$$

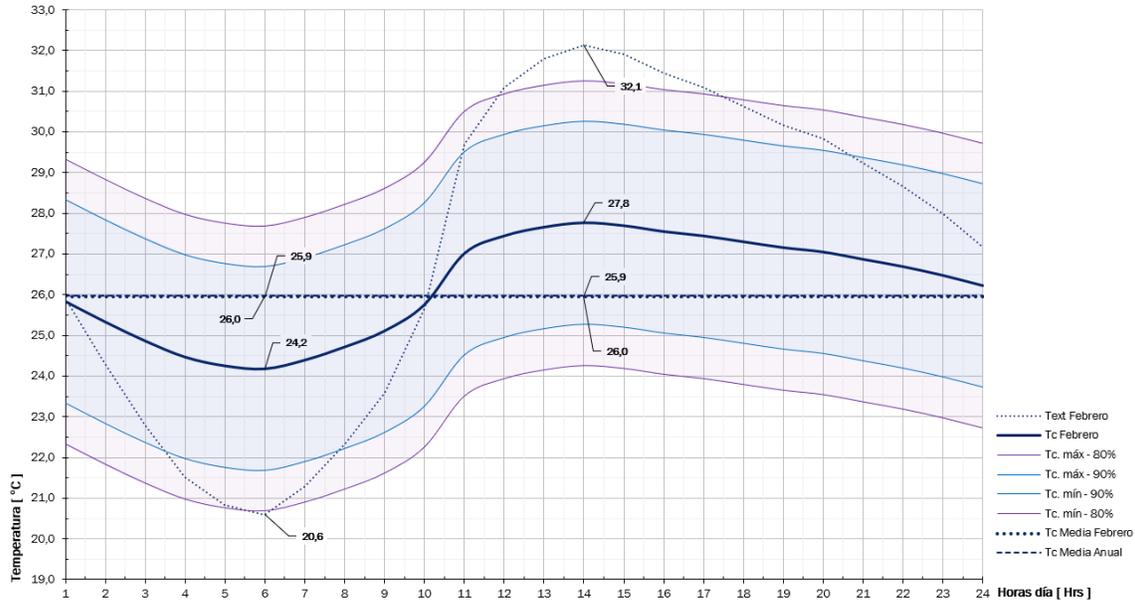


Gráfica 5.7. Diagrama de confort adaptativo Ashrae Standar 55-2020 - Febrero 06^h y Febrero 14^h.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam y Berkeley University of California [2020].

5.3.2. Temperatura de confort y Zona de confort.

Dado que el objetivo de la asesoría es obtener las mejores condiciones interiores posibles de manera natural (Ver *Objetivo y alcance de los trabajos*) y si bien hay diferentes métodos para establecer los rango de confort térmico al interior de los espacios, para este proyecto nos basamos en los estudios hechos por De Dear et al. en 1997 [in Auliciem y Szokolay, 2007: 45 y 59] sobre la estimación de los rangos de confort bajo un modelo adaptativo.

Las Memorias 5.1 a 5.6, la Gráfica 5.8 y la Tabla 5.5 muestran las T_c calculadas en °C según un modelo sencillo de confort a partir de las T_{ext} . A su vez la T_c determina la Zona de Confort $-Z_c-$ (mínima y máxima en °C) respecto de la evolución de la T_{ext} para lograr una aceptación del 90,0 % —u 80,0 %— de los ocupantes. Teniendo en cuenta que las temperaturas son ligeramente estables a lo largo de cada mes y, revisando la Tabla 5.1 y la Gráfica 5.1 las cuales demuestran que el mes de Febrero presenta las mayores T_{ext} —mes crítico de diseño—, tomamos como referencia para el proyecto la $T_{mm,ext}$ correspondiente a 27,2°C en Febrero.



Gráfica 5.8. Evolución diaria Temperatura Confort y Zona de confort - Febrero.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

$$T_{c\ 06h} = 17,8 + (0,31 \times T_{ext\ 06h})$$

(Ec. 1)

Donde, T_c Temperatura confort calculada (°C)
 T_{ext} Temperatura exterior Febrero 06h - 20,6°C

$$T_{c\ 06h} = 24,2^\circ\text{C}$$

Memoria 5.1. Temperatura de Confort - Febrero 06h.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

$$Z_{c\ 90\%} = T_{c\ 06h} \pm 2,5^\circ\text{C}$$

(Ec. 2)

Donde, Z_c Zona confort calculada (°C) - 90%
 T_c Temperatura de confort 06h - 24,2°C

$$26,7^\circ\text{C} \leq T_{c\ 06h} \leq 21,7^\circ\text{C}$$

Memoria 5.2. Zona de Confort - Febrero 06h.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

$$T_{c\ 14h} = 17,8 + (0,31 \times T_{ext\ 14h})$$

(Ec. 1)

Donde, T_c Temperatura confort calculada (°C)
 T_{ext} Temperatura exterior Febrero 14h - 32,1°C

$$T_{c\ 14h} = 27,8^\circ\text{C}$$

Memoria 5.3. Temperatura de Confort - Febrero 14h.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

$$Z_{c\ 90\%} = T_{c\ 14h} \pm 2,5^\circ\text{C}$$

(Ec. 2)

Donde, Z_c Zona confort calculada (°C) - 90%
 T_c Temperatura de confort 14h - 27,8°C

$$30,3^\circ\text{C} \leq T_{c\ 14h} \leq 25,3^\circ\text{C}$$

Memoria 5.4. Zona de Confort - Febrero 14h.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

$$T_{mm,c} = 17,8 + (0,31 \times T_{mm,ext})$$

(Ec. 1)

Donde, $T_{mm,c}$ Temperatura media mensual confort calculada (°C)
 $T_{mm,ext}$ Temperatura media mensual Febrero - 27,2°C

$$T_{mm,c} = 25,9^{\circ}\text{C}$$

Memoria 5.5. Temperatura de Confort - Media Febrero.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

$$T_{ma,c} = 17,8 + (0,31 \times T_{ma,ext})$$

(Ec. 1)

Donde, $T_{ma,c}$ Temperatura media anual confort calculada (°C)
 $T_{ma,ext}$ Temperatura media anual - 26,4°C

$$T_{ma,c} = 26,0^{\circ}\text{C}$$

Memoria 5.6. Temperatura de Confort - Media Anual.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

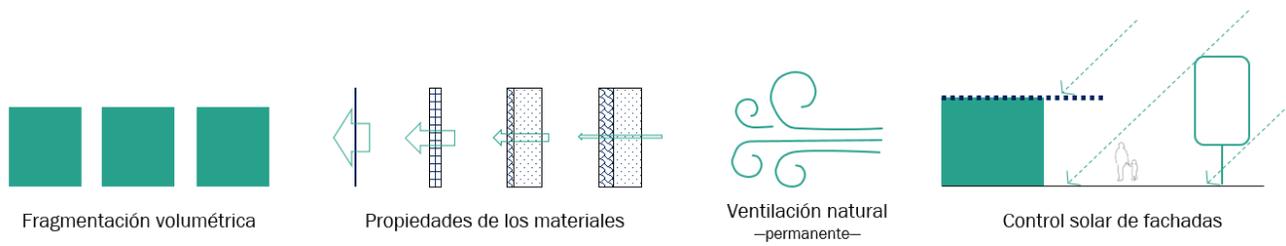
Hora	T_{ext}	Temperaturas de confort [°C]				
		T_c	$T_{c,máx} - 80\%$	$T_{c,máx} - 90\%$	$T_{c,mín} - 90\%$	$T_{c,mín} - 80\%$
1	25,9	25,8	29,3	28,3	23,3	22,3
2	24,3	25,3	28,8	27,8	22,8	21,8
3	22,8	24,9	28,4	27,4	22,4	21,4
4	21,5	24,5	28,0	27,0	22,0	21,0
5	20,8	24,3	27,8	26,8	21,8	20,8
6	20,6	24,2	27,7	26,7	21,7	20,7
7	21,3	24,4	27,9	26,9	21,9	20,9
8	22,3	24,7	28,2	27,2	22,2	21,2
9	23,6	25,1	28,6	27,6	22,6	21,6
10	25,7	25,8	29,3	28,3	23,3	22,3
11	29,7	27,0	30,5	29,5	24,5	23,5
12	31,1	27,4	30,9	29,9	24,9	23,9
13	31,8	27,7	31,2	30,2	25,2	24,2
14	32,1	27,8	31,3	30,3	25,3	24,3
15	31,9	27,7	31,2	30,2	25,2	24,2
16	31,4	27,5	31,0	30,0	25,0	24,0
17	31,1	27,4	30,9	29,9	24,9	23,9
18	30,6	27,3	30,8	29,8	24,8	23,8
19	30,2	27,2	30,7	29,7	24,7	23,7
20	29,8	27,0	30,5	29,5	24,5	23,5
21	29,3	26,9	30,4	29,4	24,4	23,4
22	28,7	26,7	30,2	29,2	24,2	23,2
23	28,0	26,5	30,0	29,0	24,0	23,0
24	27,2	26,2	29,7	28,7	23,7	22,7
Prom.	27,2	26,2	29,7	28,7	23,7	22,7

Tabla 5.5. Evolución diaria Temperatura de Confort y Zona de confort - Febrero.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir del Ideam.

5.4. Estrategias bioclimáticas.

Acercarse u obtener el bienestar físico y psicológico (confort higro-térmico) es una meta importante desde un enfoque bioclimático. Independiente del espacio a analizar, el confort es necesario para garantizar la salud y felicidad de los ocupantes. La arquitectura y el urbanismo bioclimáticos son la suma de múltiples variables y/o procesos. Por esta razón proponemos varias estrategias y las condiciones para una correcta operación las cuales “actúan” en conjunto y de manera integral para lograr el objetivo propuesto. **Esto significa que es importante implementar todas las estrategias recomendadas en este informe con el fin de obtener un proyecto funcional y, que responda a las exigencias de uso y a las condiciones climáticas del lugar** (Ver Condiciones meteorológicas exteriores).

Si bien la literatura respecto del clima cálido húmedo, indica estrategias que están enfocadas a la protección de la radiación solar, por el predio en estudio estas no pueden implementarse por las características de este (dimensiones y masa arbórea). No obstante, las siguientes son aquellas estrategias bioclimáticas que teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y el predio, se han de implementar con el fin de garantizar el mejor comportamiento posible en el proyecto. A continuación, son descritas:

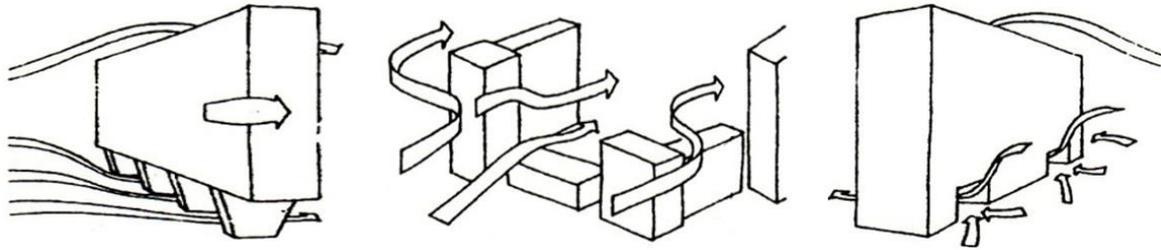


Gráfica 5.9. Estrategias bioclimáticas propuestas y recomendadas.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

5.4.1. Orientación y permeabilidad volumétrica.

La orientación de un edificio es determinante en la cantidad de radiación solar (calorífica y lumínica) que recibe en los a lo largo del día y, por tanto, en la cantidad de energía transmitida hacia su interior (Ver *Características térmicas de superficies*). Al realizar una comparación de las incidencias del sol sobre un proyecto y en particular cuando el proyecto se localiza cerca de la línea ecuatorial, las fachadas orientadas al Este y Oeste reciben la mayor cantidad de esta radiación (mañana y tarde respectivamente). Por lo anterior, es importante orientarse paralelamente a la trayectoria solar general para reducir el impacto de la radiación. No obstante, en climas cálidos la orientación hacia el sol de la mañana genera un menor impacto en las T_o porque en las primeras horas de la mañana, el aire es más fresco.

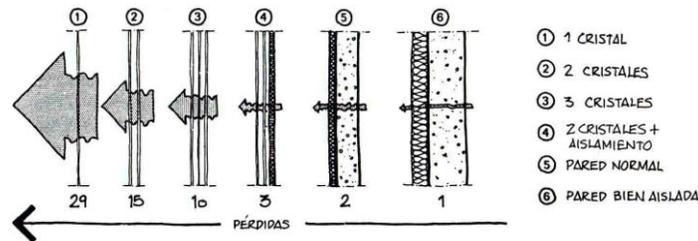
Así las cosas, el ideal para climas cálidos es una implantación del edificio con fachadas cortas hacia el Este y Oeste y, horadaciones —dilataciones y permeabilidades— sobre sus fachadas largas (Norte y Sur) y por tanto, el mínimo posible de superficies vidriadas hacia el sol de mañana / tarde (Este y Oeste). Estas condiciones minimizan la ganancia térmica mientras que un proyecto permeable al viento favorece mejores condiciones interiores de T_o y evidentemente, un mejor y constante intercambio de aire.



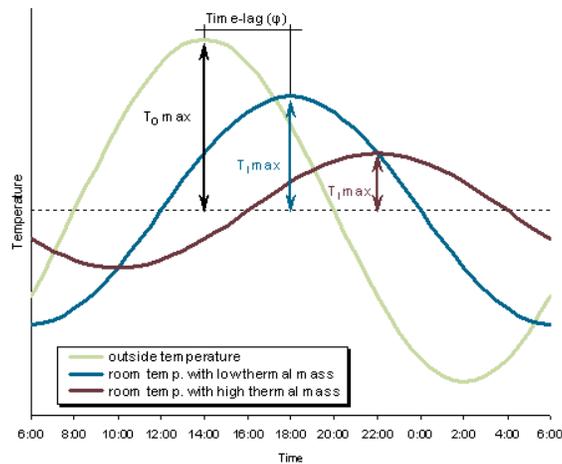
Gráfica 5.10. Permeabilidad y movimiento del viento alrededor —e interior— de una edificación.
Fuente. Ramírez [1995].

5.4.2. Características térmicas de las superficies.

Los materiales de construcción tienen la capacidad de absorber energía calorífica proveniente del sol y del ambiente. A su vez, y después de cierto tiempo, estos empiezan a restituir el calor ganado al ambiente buscando retornar a su equilibrio térmico. Este fenómeno es llamado “Inercia Térmica”.



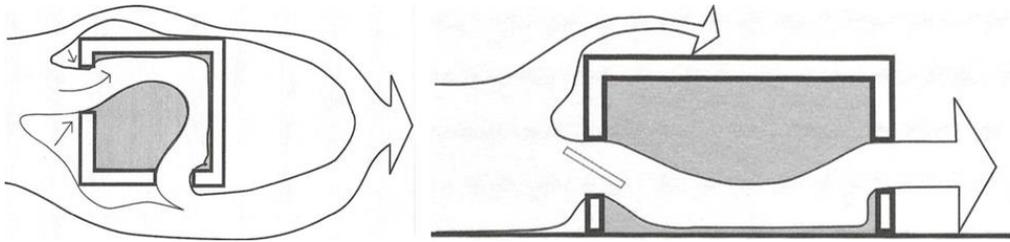
Gráfica 5.11. Diferentes tipos de paredes.
Fuente. Bardou [1984].



Gráfica 5.12. Influencia de la masa térmica en los flujos de calor periódicos.
Fuente. <http://www.learn.londonmet.ac.uk>

5.4.3. Ventilación natural.

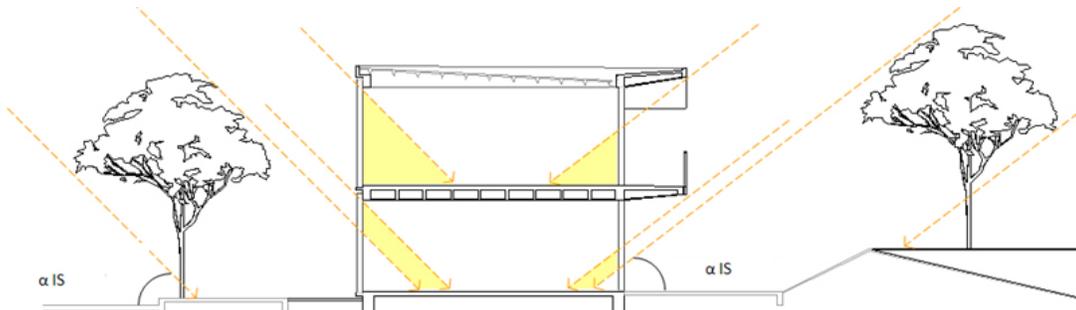
Dentro de cualquier espacio interior o exterior, es necesario generar el movimiento del aire pues este permite obtener [1] unas mejores condiciones sanitarias eliminando por ejemplo a su paso olores incómodos, gases contaminantes, el CO₂ humano y, [2] unas mejores condiciones térmicas mediante el fenómeno de la convección forzada. En oficinas eg., es aún más importante esta estrategia pues permite la renovación constante del aire. Una permanente y eficiente ventilación de los espacios es suficiente para obtener una mejor calidad del aire interior y una posible disminución de la T_o y, en periodos “fríos” disminuyendo la HR contenida en el aire exterior. Durante las noches es conveniente restringir la ventilación con el fin de evitar pérdidas caloríficas.



Gráfica 5.13. Movimiento del viento alrededor —e interior— de una edificación.
Fuente. García et al. [2005].

5.4.4. Control solar de las fachadas.

La acción directa de los rayos solares sobre la fachada repercute sobre las condiciones térmicas interiores de los espacios. Por tanto, el uso de dispositivos de control solar como solución al exceso de radiación en los proyectos es un recurso fácilmente aplicable que tiene un alto impacto en las condiciones de confort interiores.



Gráfica 5.14. Dispositivo de protección solar.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

De otra parte, estos dispositivos de control solar están altamente relacionados con la disminución de los consumos energéticos y por ende con la eficiencia energética del proyecto. Por ejemplo, el vidrio tiene la capacidad de absorber y emitir rápidamente la energía calórica al interior de los espacios. **Según lo anterior, recomendamos tomar en cuenta los Ángulos de Incidencia del sol —β— para los días de mayor impacto sobre el proyecto (Ver Trayectoria solar) y que una vez sea aprobado la actual versión de diseño arquitectónico, serán suministrados.**

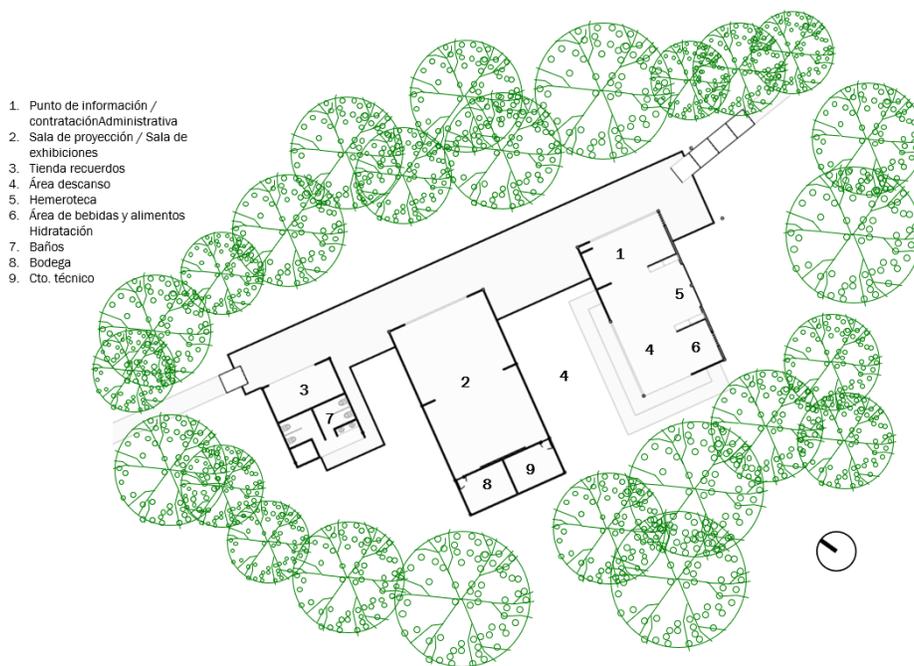
6. DISEÑO Y CÁLCULO BIOCLIMÁTICO.

El diseño bioclimático propuesto para el proyecto centra sus esfuerzos en garantizar de manera natural la mejor calidad del aire interior y las mejores condiciones térmicas interiores **y en lo posible, dentro de rangos —máximos y mínimos— de confort establecidos científicamente** basadas en las estrategias anteriormente expuestas, pero, sobre todo, en su oportuna y correcta aplicabilidad desde un punto de vista técnico, constructivo, estético y presupuestal.

De acuerdo con las condicionantes espaciales (climáticas, topográficas, etc.) y proyectuales (necesidades, constructivas, etc.) en las diferentes edificaciones, **el proyecto bioclimático habrá de funcionar de manera natural** implementando un sistema de ventilación natural cruzada —VNC— o un sistema de ventilación natural de tiro forzado —VNTF— apoyados por ventiladores de aspa descolgados. La entrada en funcionamiento de cada sistema dependerá de las condiciones exteriores, pero también de la actividad y ocupación de cada espacio. Los sistemas de ventilación propuestos han de actuar en concomitancia con estrategias adicionales enfocadas en la composición de las envolventes del proyecto con el fin de que reducir el impacto energético de este.

De acuerdo con el contexto espacial y proyectual, así como las estrategias recomendadas, a continuación, presentamos la implantación (orientación y localización) y zonificación recomendadas con el fin de ser implementadas por el equipo proyectista.

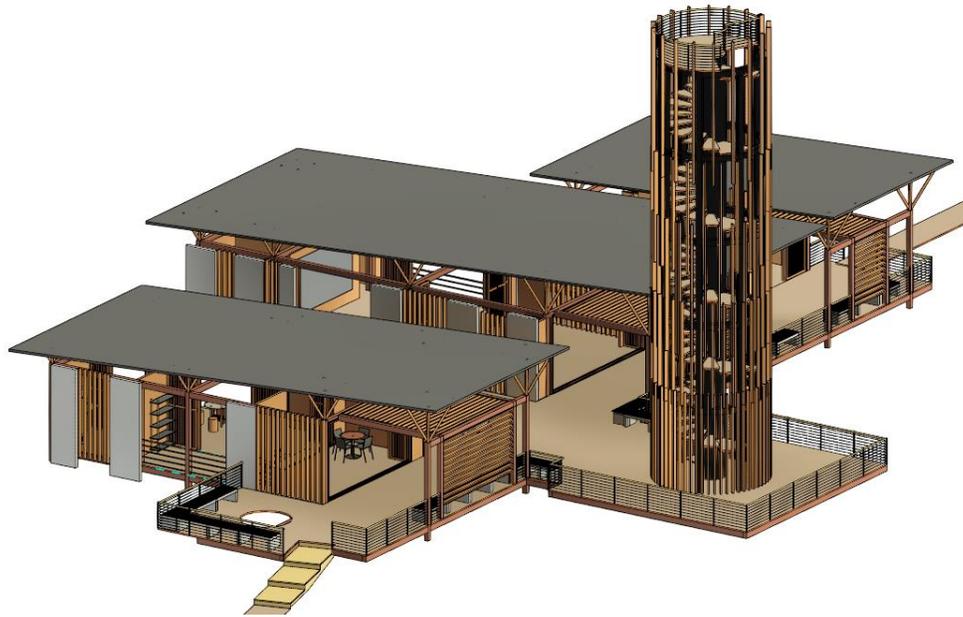
6.1. Zonificación e implantación.



Gráfica 6.1. Zonificación recomendada.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

Las Gráficas 6.1 a 6.3 presentan la implantación y orientación adoptadas por el equipo proyectista de acuerdo con las características y limitaciones del predio a intervenir. Estas adoptan una **tipología arquitectónica de patios/plazas ventilados** mediante la presurización/despresurización del viento predominante y con la mayor cantidad de sombras posibles por las edificaciones del mismo proyecto —y la vegetación—.

Así mismo, se evidencia una tipología de peine con las edificaciones de un (1) solo piso elevadas del piso en $\pm 0,5$ mts con el fin de permitir el paso del viento por debajo de estas sumado a cubiertas inclinadas a una (1) sola agua con el fin de aprovechar el agua lluvia y facilitar la VN. En cuanto a las edificaciones, recomendamos **con alturas libres mínimas de piso fino a techo fino $\geq 4,0$ m y cielos rasos en caso de existir, con unas alturas libres $\geq 0,5$ m.**



Gráfica 6.2. Implantación actual.
Fuente. Arquitectura Más Verde.



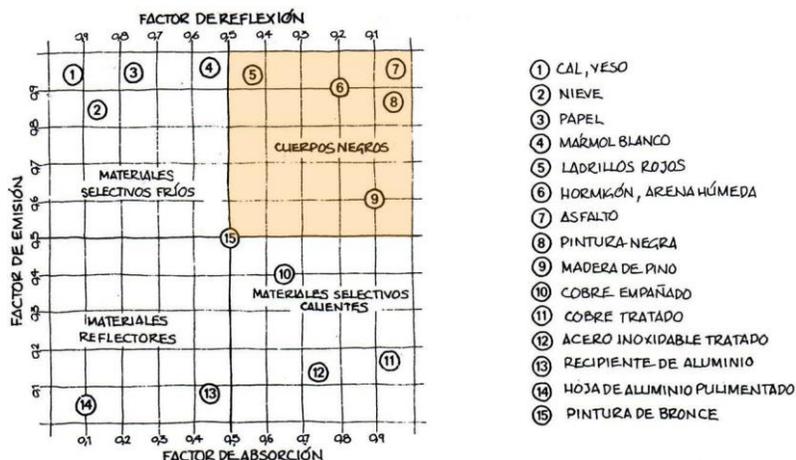
Gráfica 6.3. Implantación actual.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

6.2. Características térmicas de superficies.

La superficie no se calienta o enfría uniformemente. La naturaleza misma de un determinado material explica este comportamiento frente a la radiación solar: este la absorbe, la refleja o la emite al medio. Así pues, cada material puede escogerse con precisión en función de estos tres tipos de comportamientos. Según el clima del entorno, los materiales serán o no apropiados para el uso destinado y la ocupación del espacio a intervenir. En la medida que un material recibe cierta cantidad de radiación solar, tiene la capacidad de almacenarla. Entonces se da lugar a [1] un aumento no uniforme de su temperatura y que depende de la densidad y espesor del material y, [2] una acumulación de calor en la masa del material (Ver *Capacidad calorífica*).

La *Gráfica 6.4* nos permite observar cómo la gran mayoría de materiales que componen el medio urbano y las edificaciones pertenecen a lo que Bardou [1984: 27] denomina cuerpos negros. Esto quiere decir que son materiales que por su naturaleza (densidad y color de superficie) son captadores de radiación solar e infrarroja. Estos presentan factores de reflexión entre 0,5 y 5,0 con factores de emisión y absorción entre 0,5 y 10,0. Estos factores tienen un alto impacto en las T_0 de los espacios pues los materiales pueden restituir el calor almacenado durante el día al medio en

forma de radiación difusa. Este tipo de radiación contribuye al aumento de la T_0 en horas de la tarde-noche e incluso en la noche.



Gráfica 6.4. Propiedades físicas de algunos materiales de construcción. Fuente: Bardou [1984]. Modificación Arquitectura Más Verde.

6.2.1. Propiedades térmicas.

Cuando dos caras de una pared eg., se encuentran expuestas a diferentes temperaturas, se crea un flujo de calor que tiende al equilibrio de estas temperaturas. Este flujo de calor depende de la diferencia de temperaturas y de la capacidad de resistir (aislar) la conducción de dicho flujo calórico. Esta capacidad de una pared e.g., de aislar se le llama resistencia térmica. Está definida por un Coeficiente de resistencia térmica $-R-$ y es expresado como la capacidad de evitar el paso el flujo de calor por $1,0 \text{ m}^2$ de pared cuando la diferencia de temperatura entre los dos ambientes que dicha pared separa es de $1,0^\circ\text{C}$ ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} (\text{W})^{-1}$).

La Resistencia térmica total $-R_t-$ es la suma de las resistencias térmicas superficiales y la resistencia térmica del elemento constructivo. Las propiedades aislantes de un material están determinadas por el valor de su resistencia total. De otra parte, el Coeficiente de transmisión superficial $-U-$ dimensiona la facilidad que tiene el flujo de calor de atravesar una pared e.g. Es la cantidad de calor que atraviesa $1,0 \text{ m}^2$ de pared cuando existe una diferencia de temperatura $-\Delta T-$ de $1,0^\circ\text{C}$ entre los dos ambientes que dicha pared separa ($\text{Wm}^2 (\text{C})^{-1}$). A medida que aumenta el valor de U de una superficie, aumenta la capacidad de transmitir el calor a través de ésta.

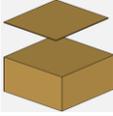
6.2.2. Composiciones de envoltentes propuestas.

Gracias a las estrategias de VN presentadas, así como las características y limitaciones del predio a intervenir, **no hemos de requerir superficies aisladas otra que las cubiertas por ser superficies que reciben el impacto de la radiación solar constantemente a lo largo del año —sobre todo zenit— sin importar la época, respectivamente.**

Como condicionante adicional se tiene la expectativa de PNNC en que el proyecto tenga características de arquitectura liviana con lo cual la madera —tratada— es a priori, el material principalmente empleado. Así las cosas, las superficies verticales en madera en principio deberán contar con un tratamiento de **muro doble y solo si las simulaciones térmicas lo determinan, con una cámara de aire de $e_{\text{mín}}=0,05 \text{ mt}$.** Sumado a lo anterior, **la cubierta deberá tener la capacidad de aislar la radiación solar con lo cual deberá ser del tipo sándwich en poliestireno de $e_{\text{mín}}=0,05 \text{ mt}$.** Sin embargo y en miras de ofrecer otras opciones de aislamientos de fachadas, proponemos las siguientes composiciones y recomendamos aquellas de menor Coeficiente de transmisión superficial $-U-$ (Ver Tabla 6.1).

	Elemento / Material		Esesor [m]	R [$\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C} (\text{W})^{-1}$]	U [$\text{W} (\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})^{-1}$]	Vista
	Int	Ext				
Muro exterior Madera	Int	Madera	0,01	0,44	2,25	
		Cámara de aire ventilada	0,05			
	Ext	Madera	0,01			
Muro exterior (base) Mampuesto	Int	Pañete acabado	0,02	0,55	1,83	
		Mampostería hueca	0,14			
	Ext	Pañete acabado	0,02			

Muro exterior	Elemento / Material		Esesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]	Vista
	Int					
Fibro cemento		Masilla acabada	0,03	0,38	2,61	
		Lámina de fibrocemento	0,016			
		Cámara de aire	0,10			
		Lámina de fibrocemento	0,016			
	Ext	Masilla acabada	0,03			

Entrepiso	Elemento / Material		Esesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]	Vista
	Int					
Madera		Madera	0,02	0,60	1,65	
		Cámara de aire ventilada	0,50			
		Terreno existente	±0,50			

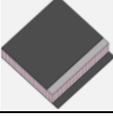
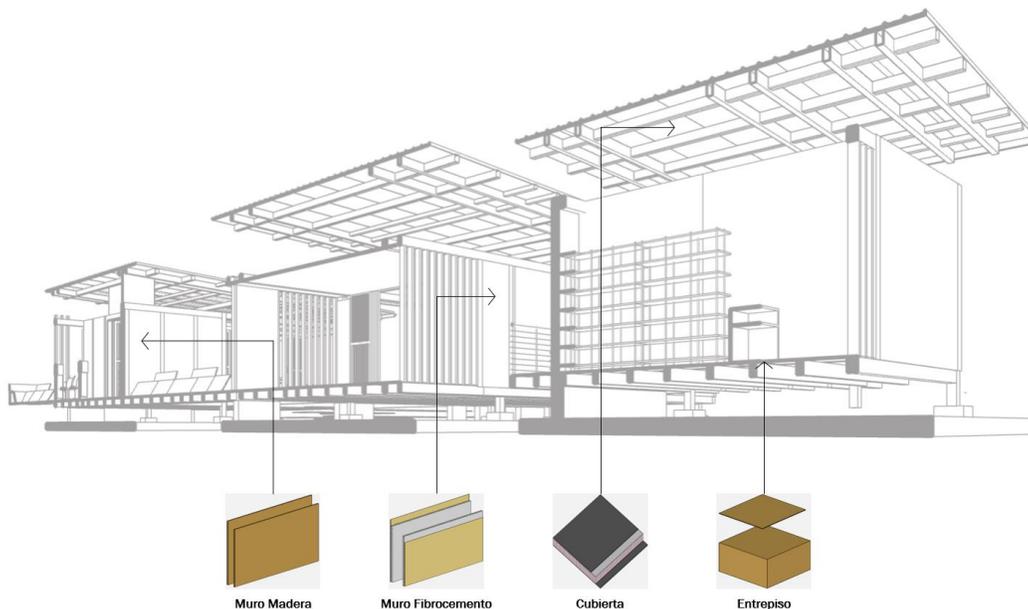
Cubierta	Elemento / Material		Esesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]	Vista
	Int					
		Lámina de aluzinc	0,002	1,63	0,61	
		Poliuretano expandido	0,05			
		Lámina de aluzinc	0,002			
	Ext	Lámina de aluzinc	0,002			

Tabla 6.1. Propuesta de composición de envoltantes.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Pleiades+Comfie y Opaque.



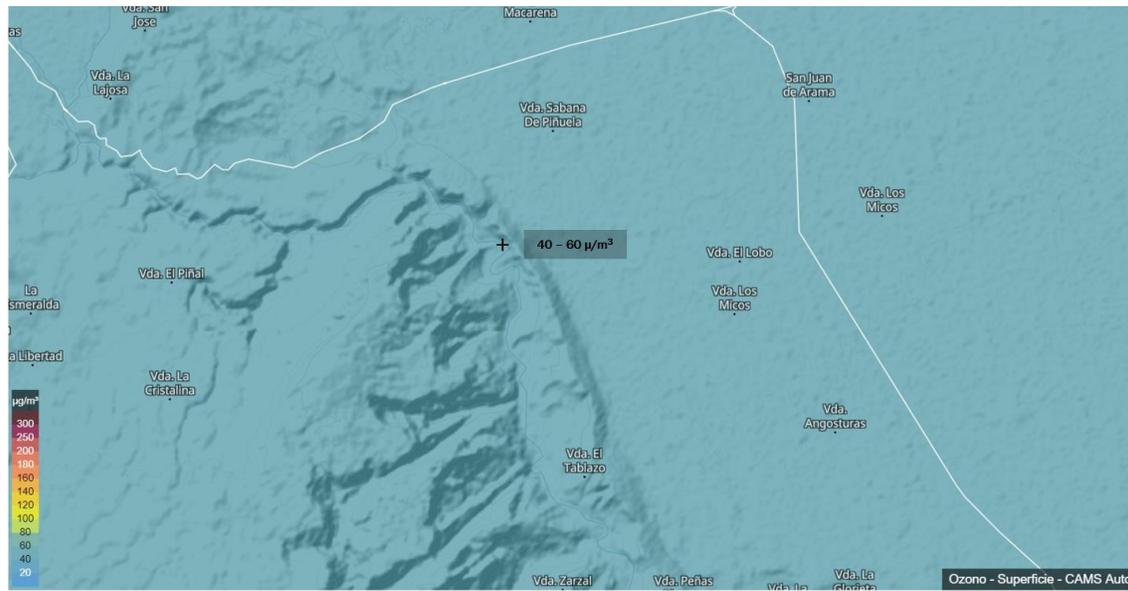
Gráfica 6.5. Composiciones de envoltante adoptadas en diseño arquitectónico.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Pleiades+Comfie y Opaque.

6.3. Ventilación natural.

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica del predio (Ver Gráficas 2.1 y 2.2) así como el clima del Municipio de San Juan de Arama, la Ventilación natural –VN– es una estrategia viable de implementar. Sin embargo, por las características del predio esta implementación debe realizarse por medio de diferencias de presión al interior del proyecto favorecida por la presencia de vacíos entre volúmenes lo cual facilita el paso del –poco– viento entre edificaciones.

Las Gráficas 6.5 a 6.7 presentan la interpolación espacial de los datos de concentración de contaminantes particulados registrados diariamente y usadas para el cálculo del Índice de Calidad del Aire. Estas adicionalmente permiten concluir que es viable la implementación de una estrategia de VN teniendo en cuenta que en el sitio del proyecto y sus alrededores el material particulado PM_{2.5} –el más riesgoso–, PM₁₀ y O₃ se encuentran en concentraciones favorables y/o moderadas.

Si bien la ventilación en el proyecto se basa en un sistema Ventilación natural cruzada –VNC– que consiste en el paso del aire del exterior de un lado al otro del proyecto, para este proyecto se empleará principalmente un Sistema de Ventilación natural de tiro forzado –VNTF– y el cual basa su principio en las diferencias de presiones generadas por la estratificación térmica al interior del espacio para la extracción del aire viciado interior.



Gráfica 6.8. Mapa de calidad del aire O₃ en el sector del proyecto.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

Quiere decir esto que:

1. Espacios como baños, depósitos, cuartos técnicos —salvo recomendación técnica—, etc. y en definitiva aquellos que no contarán con ocupación humana, se ha de prever rejillas y/o perforaciones para que se implemente VNC.
2. La inyección del aire exterior habrá de realizarse por las aperturas de fachada o por dilataciones en el muro y así regular la temperatura de acuerdo con la actividad, hora del día, condiciones exteriores y, sobre todo, ocupación.
3. Las salidas de aire viciado se han de generar por las aperturas de fachada o por dilataciones en el muro enfrentado a la entrada de aire del exterior.

Si bien las simulaciones térmicas que se presenten en el *Informe Final* puedan determinar la necesidad de implementar ventiladores descolgados y en consecuencia se determinen las horas —hipotéticas— de funcionamiento, el sistema de VN ha de garantizar una constante y correcta renovación —saludable— de aire durante el día. Así pues, debido a la ocupación diurna, el tipo y uso del proyecto así como el contexto natural, el proyecto arquitectónico implementa aperturas y/o dilataciones en fachada que permiten la constante ventilación.

6.3.1. Velocidad del viento a diferentes alturas.

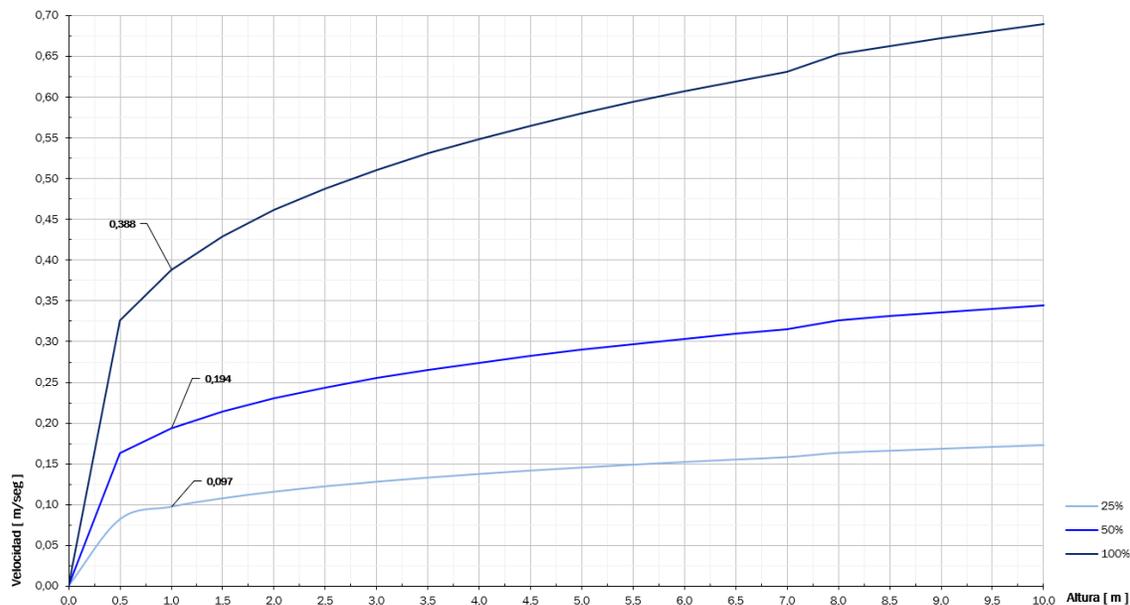
De acuerdo con la *Ley Exponencial de Hellman*, la *V* varía exponencialmente en relación con la *Altura* —*h*— sobre el suelo. En consecuencia y conociendo la *Velocidad meteorológica del viento* —*V_{met}*—⁵, es posible obtener la *Velocidad calculada del viento* —*V_h*— a otras alturas. Producto de esta *Ley*, el *Exponente de Hellman* —*α*— que está determinado en función de la rugosidad del terreno, permite relacionar las *V* de dos *h* cualesquiera.

De acuerdo con la *Gráfica 3.4*, la *V_{met}* que presenta mayor frecuencia es aquella de 1,38 m/seg. ≤ *V_{met}* ≥ 0,00 m/seg. por lo que tomamos como *V_{m.met}* ±0,69 m/seg. Así pues y a partir de la definición del *Perfil del gradiente vertical de la velocidad media del viento* —*PGVVV*— (Ver *Gráfica 6.9*) se establece el aumento de *V* conforme ascendemos en *h* y existen menos obstáculos a este. La *Memoria 6.1* presenta el cálculo de *V_h* en el proyecto.

$V_{h\ 1,0} / V_{met} = (h\ 1,0 / h_{met})^\alpha$	Donde,	<i>V_h</i> <i>V_{met}</i> <i>h</i> <i>h_{met}</i> <i>α</i> <i>V_{met}</i> <i>h</i> <i>h_{met}</i> <i>α</i>	Velocidad viento calculada (m/seg) Velocidad meteorológica Altura determinada (m) Altura meteorológica Exponente de Hellman ±0,69 m/seg 1,0 m 10,0 m ±0,25 ⁶	(Eq. 3)
$V_{h\ 1,0} = 0,39\ m/seg.$				

Memoria 6.1. Cálculo de la velocidad del viento a 1,0 m de altura.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

⁵ Convencionalmente las estaciones meteorológicas miden *V* a una *h*=10,0 m [Fuentes y Rodríguez, 2004: 37].
⁶ *Exponente de Hellman* para predios en y/o cerca de Campo boscoso con muchos árboles [Bañuelos-Ruedas et al., 2008: 3].



Gráfica 6.9. Perfil del gradiente vertical de la velocidad media del viento –PGVVV–.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

6.3.2. Caudal de ventilación.

Teniendo en cuenta la calidad del aire en los alrededores del proyecto (Ver Gráficas 6.6 a 6.8), es viable inyectar aire del exterior para mejorar tanto la calidad del aire al interior como para obtener las mejores condiciones térmicas posibles de manera natural en los diversos espacios del proyecto (Ver 1.1. Objetivo y alcance de los trabajos).

Es así como para los cálculos de Caudales de ventilación totales – Q_{vt} – a renovar de manera natural inyectando aire del exterior, utilizamos las tasas mínimas de ventilación descritas en la *Tabla 6-1 del ANSI/Ashrae 62.1-2022*.⁷ Tomando como ejemplo la *Punto de información + Punto de contratación*, las áreas ocupadas como “oficina” deben contar con un Caudal a inyectar por persona mínimo – Q_{vp} – de 5,0 cfm/persona –P– y adicionalmente, un Caudal a inyectar por unidad de área ocupada mínimo – Q_{va} – de 0,06 cfm/ft². La *Memoria 6.2* presenta el cálculo de Q_{vt} en este espacio y la *Tabla 6.2* presenta el compendio de Q_{vt} renovados naturalmente en el proyecto.

$$Q_{vt} = (A \cdot Q_{va}) + (P \cdot Q_{vp})$$

(Eq. 4)

Donde,

Q_{vt}	Caudal total de ventilación (cfm)
A	Área neta del espacio a ventilar (ft ²)
Q_{va}	Caudal a inyectar por unidad de área ocupada (cfm/ft ²)
P	Cantidad de personas en el espacio ocupado
Q_{vp}	Caudal a inyectar por persona (cfm/P)
A	196,74 ft ²
Q_{va}	0,06 cfm/ft ²
P	5
Q_{vp}	5,0 cfm/persona

$$Q_{vt} = 34,43 \text{ cfm}$$

Memoria 6.2. Cálculo de Caudal total de ventilación - Punto de información + Punto de contratación.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Pleiades+Comfie.

N°	Espacio	Piso	P [N°]	A [ft ²]	Vol [ft ³]	Q_{vp} [cfm / P]	Q_{va} [cfm / ft ²]	Q_{vt} [cfm]
1	Punto de información + Punto de contratación	1	5	196,74	2.556,44	5,00	0,06	34,43
2	Sala de proyección + Sala de exhibiciones	1	19	825,00	10.720,12	5,00	0,06	144,38
3	Tienda de recuerdos	1	4	144,57	1.878,49	10,00	0,06	41,92
4	Área de descanso	1	8	300,87	3.909,52	5,00	0,06	52,65
5	Hemeroteca	1	3	114,13	1.483,02	7,50	0,18	40,23
6	Área de bebidas y alimentos + Hidratación	1	2	72,83	828,02	7,50	0,18	25,67

Tabla 6.2. Caudales totales de ventilación.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Pleiades+Comfie.

6.3.3. Cálculo de Áreas de inyección y Áreas de extracción.

Basándonos en el método científico expuesto por Fuentes y García [2005:93], la *Memoria 6.3* muestra el cálculo del Área de inyección mínima – $A_{i,\text{mín}}$ – (apertura de entrada) necesaria para para lograr el Q_{tv} y por tanto, garantizar la calidad

⁷ Según el numeral 6.2.1.1.1. *Ocupación no listada*, el ANSI/Ashrae 62.1-2012 menciona que “Donde la categoría de ocupación para un espacio o zona propuesta que no esté listada, deberán ser usados los requerimientos de un espacio similar en términos de densidad de ocupación, actividad y tipología constructiva” [Traducción propia].

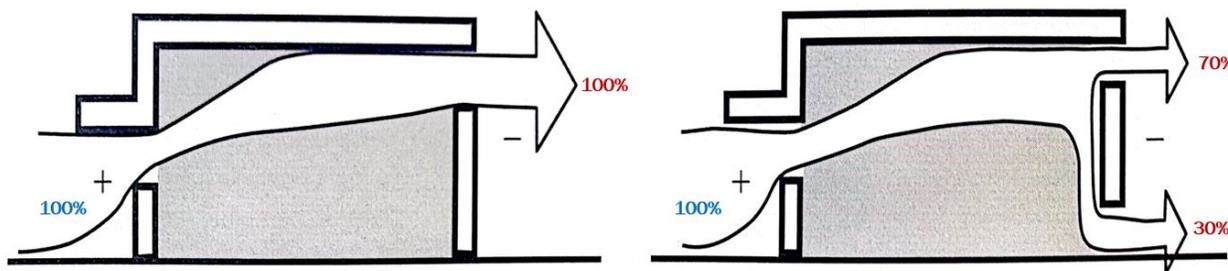
de este. Sin embargo y producto de la relación entre el área neta de ventana (de paso del viento) y el área bruta de ventana (que incluye el marco y/o rejillas), el *Coefficiente de pérdida de eficiencia* $-\eta-$ permite determinar el aumento del A_i .⁸

$Q_{vt} = fr \cdot A_i \cdot V_h \cdot \Theta_{v \text{ sen}} \cdot \eta$		(Eq. 5)	
$A_i = 0,56 \text{ m}^2$	Donde,	Q_{vt}	Caudal total de ventilación (m ³ /h)
		fr	Relación entre el área A_e y A_i ⁹
		A_i	Área de inyección en ventana (m ²)
		V_h	Velocidad viento calculada (m/seg)
		$\Theta_{v \text{ sen}}$	Seno del ángulo de incidencia del viento sobre ventana
		η	Coefficiente de pérdida de eficiencia (%)
		Q_{vt}	58,19 m ³ /h
		fr	1,10
		V_h	0,097 m/seg ¹⁰
		Θ_v	$\pm 45,0^\circ$
	η	$\pm 0,19$ ¹¹	

Memoria 6.3. Cálculo de Área de inyección - Punto de información + Punto de contratación.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Pleiades+Comfie.

De otra parte, pero en consecuencia y con base en Fuentes y García [2005:60], la relación entre el A_i y el Área de extracción mínima $-A_{e.min}-$ (apertura de salida) es un factor determinante en el Q_{vt} y el aumento de V al interior del espacio repercutiendo positivamente en la sensación de confort. Quiere decir esto que para lograr dicho incremento se recomienda que el A_e sea lo más grande posible en comparación con A_i .

Sobre su localización, la bibliografía recomienda que el A_i se ubique en la parte inferior del muro enfrentado al viento predominante. Para el A_e , esta ha de ubicarse en la parte superior del muro opuesto al muro de ingreso y dependiendo del uso del espacio, también en la parte inferior en una proporción de 70,0% - 30,0% respectivamente (Ver Gráfica 6.10). No obstante y para el caso del proyecto, este contempla aperturas “libres” al viento (sin vidrios y/o angeos) “piso-techo” en cada una de las fachadas de los espacios. Es decir, el proyecto contempla permeabilidad completa por fachada y por el espacio entre borde de viga superior y cubierta.



Gráfica 6.10. Ubicación Áreas de inyección y de extracción y, Movimiento del viento al interior de una edificación.
Fuente. García et al. [2005].

Al respecto, Sobin en 1966 [in Fuentes y García, 2005: 60], establece que la relación óptima entre A_e y A_i sea de 1,25 (Ver Memoria 6.4). Adicionalmente y de acuerdo con la planimetría recibida, los espacios, así como los baños privados y/o públicos que no tengan ventana enfrentada al viento predominante, deberán contar con un sistema de Extracción mecánica sumado a la necesidad de implementar puerta rejilla completa para el ingreso del aire.

$A_e / A_i = r$		(Eq. 5)	
$A_e = 0,70 \text{ m}^2$	Donde,	A_e	Área de extracción en ventana (m ²)
		A_i	Área de inyección en ventana (m ²)
		r	Relación entre el área A_e y A_i
		A_i	0,56 m ²
		r	1,25

Memoria 6.4. Cálculo de Área de extracción - Punto de información + Punto de contratación.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Pleiades+Comfie.

La Tabla 6.3 presenta el compendio de A_i y A_e por VNC (incluyen área del marco y/o rejillas). Por su parte la Tabla 6.4 presenta el compendio de A_i por VNC (incluyen área del marco y/o rejillas) de los baños del proyecto.

N°	Espacio	Piso	Q_p [m ³ /h]	Q_e [m ³ /h]	Q_{vt} [m ³ /h]	Q_{tv} [C/h]	A_i [m ²]	A_e [m ²]
1	Punto de información + Punto de contratación	1	38,24	19,95	58,19	0,92	0,56	0,70
2	Sala de proyección + Sala de exhibiciones	1	160,34	83,66	243,99	0,92	2,35	2,94

⁸ El A_i es neta. Por lo anterior y teniendo en cuenta marcos y/o persianas, se cuantifica la pérdida de eficiencia.

⁹ Se toma como dato básico (general) de entrada que $fr=1,10$ a partir de $A_e/A_i=1,25$ [Fuentes y García, 2005: 60].

¹⁰ Se toma únicamente el 25,0% de la V_h , dado que la frecuencia del viento predominante no es del 100,0% a lo largo del día.

¹¹ Para A_i por ventanas sin persianas para una ventana de 100,0 cms x 100,0 cms, un marco perimetral con ancho máximo de 5,0 cms.

3	Tienda de recuerdos	1	56,19	14,66	70,85	1,52	0,68	0,85
4	Área de descanso	1	58,47	30,51	88,98	0,92	0,86	1,07
5	Hemeroteca	1	33,27	34,72	67,99	1,85	0,66	0,82
6	Área de bebidas y alimentos + Hidratación	2	21,23	22,15	43,38	1,85	0,42	0,52

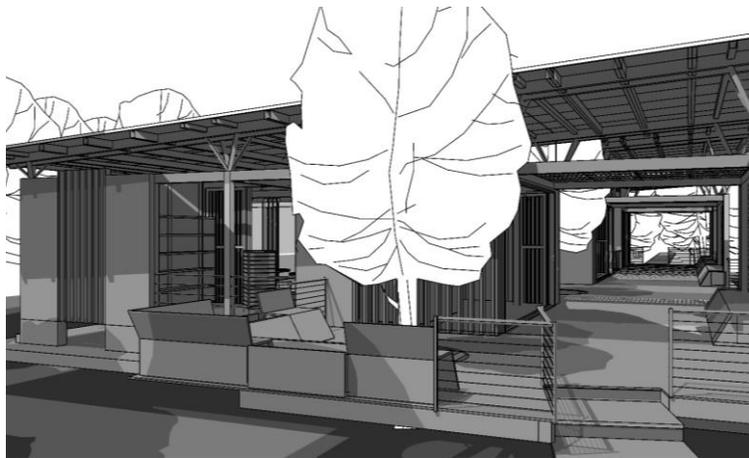
Tabla 6.3. Áreas mínimas de inyección y extracción.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Pleiades+Comfie.

N°	Espacio	Piso	Aparato [N°]	Q _v / aparato [m³/h]	Q _{tv} [m³/h]	Q _{tv} [C/h]	A _i [m²]	A _e [m²]
1	Baño Hombres	1	2	84,50	169,00	9,85	0,82	1,02
2	Baño Mujeres	1	2	84,50	169,00	9,85	0,82	1,02

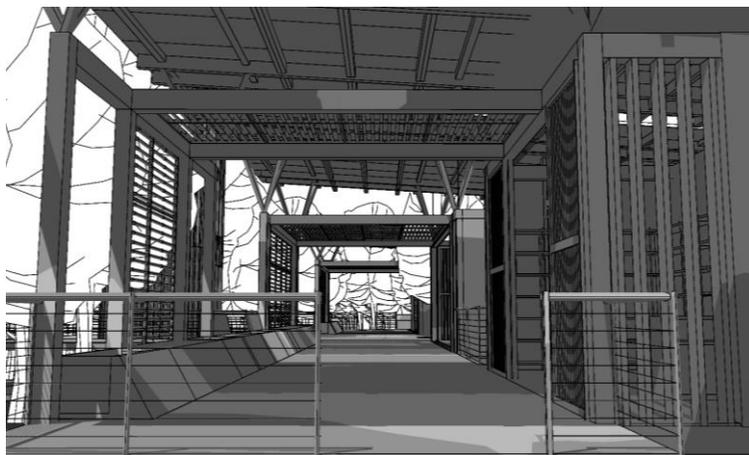
Tabla 6.4. Áreas mínimas de inyección y extracción.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Pleiades+Comfie.

6.4. Control solar de fachadas.

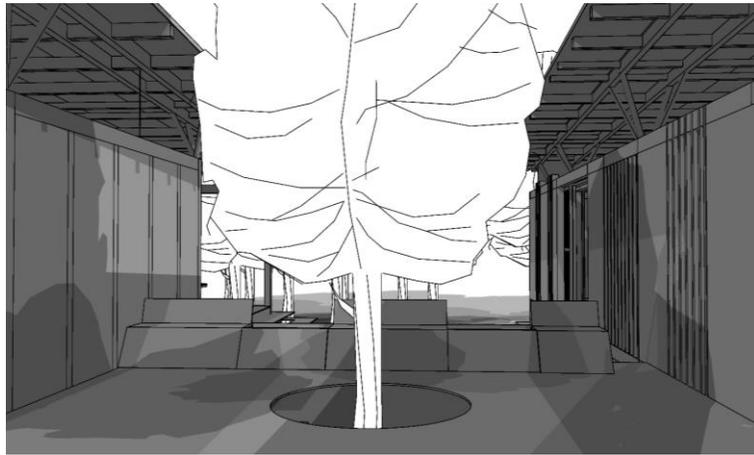
Teniendo en cuenta la disposición arquitectónica finalmente aprobada, así como el número de pisos y sus respectivas alturas, los intersticios entre volúmenes se encargan de proveer sombra en horas tempranas y tardías. LO mismo sucede con la cubierta y persianas que se extiende sobre la circulación tangencial. Lo anterior entonces genera que el proyecto se autoproteja de la radiación solar incidente al interior de los espacios (Ver Gráfica 6.14). Sumado a lo anterior, la gran cantidad de individuos arbóreos que rodean al proyecto y que se evidencia en las Imágenes 3.1, 4.1 y 4.2, permiten que en el momento de horas tempranas o tardías, no haya ingreso del sol al interior del proyecto



Gráfica 6.11. Asoleación Acceso peatonal (desde pasarela existente) - Diciembre 08^h a 12^h.
Fuente. Arquitectura Más Verde.



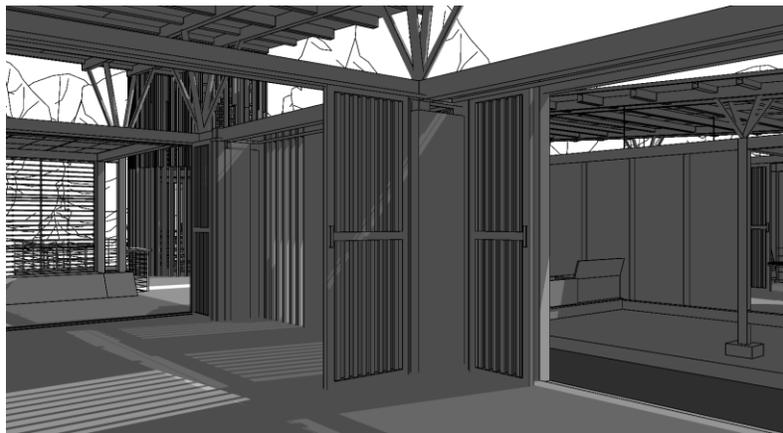
Gráfica 6.12. Asoleación Circulación (desde pasarela existente) - Junio 12^h a 16^h.
Fuente. Arquitectura Más Verde.



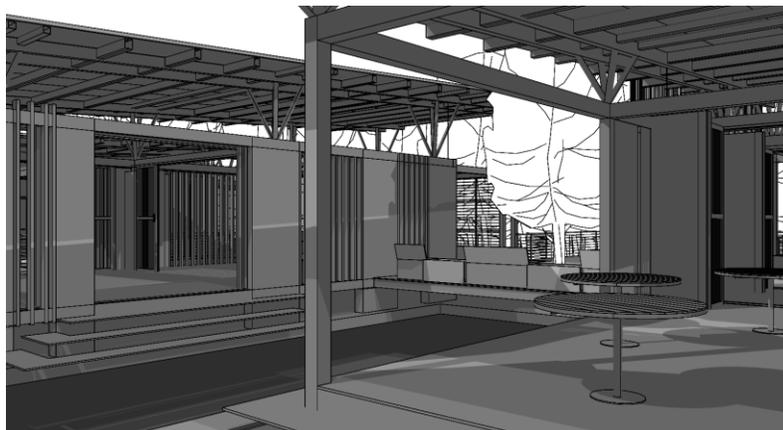
Gráfica 6.13. Asoleación Circulación - Junio 08^h a 16^h.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

Es así como a partir de la información recolectada por la herramienta *Solar Tool*® podemos establecer el Ángulo de azimut solar $-\alpha-$ y el Ángulo de altura solar $-\gamma-$ (Ver *Tabla 6.5*) en diferentes horas del día con los cuales se determinan los **Ángulos de Incidencia solar $-\beta-$** sobre las diferentes fachadas entre las 08^h y 16^h del 21 de Junio y 21 de Diciembre (Ver *Tabla 6.6*). Para el mes de Marzo no se presenta la mayor incidencia sobre el predio.

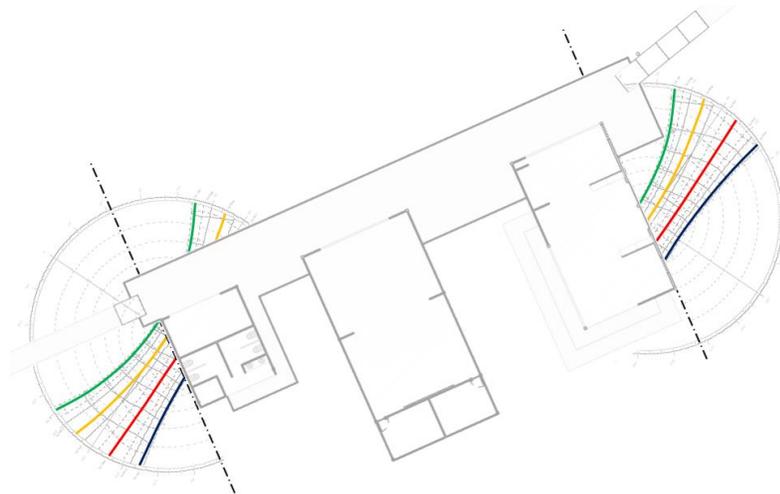
No obstante, es de anotar que los elementos verticales propuestos son de sencilla implementación de obra pero para que se garantice una protección absoluta a todo lo largo del año deberían implementarse elementos móviles que presupuestalmente —y por mantenimiento— pueden ser no factibles.



Gráfica 6.14. Asoleación interior Sala de proyección y Sala de exhibición - Diciembre 08^h a 12^h.
Fuente. Arquitectura Más Verde.



Gráfica 6.15. Asoleación Área de descanso - Diciembre 08^h a 16^h.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

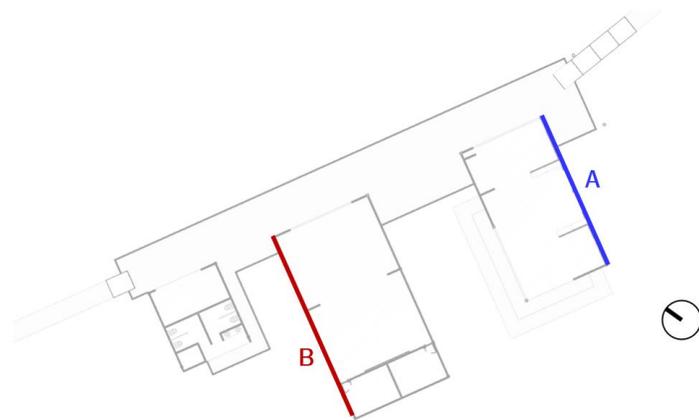


Gráfica 6.16. Franjas horarias de incidencia del sol sobre fachadas.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

Hora	Ángulos Solares [°] donde N = ±0,0°					
	Marzo / Septiembre		Junio		Diciembre	
	α	γ	α	γ	α	γ
08	-	-	64,8	29,6	118,6	27,5
10	-	-	51,6	55,4	135,7	51,8
14	-	-	-53,2	53,8	-132,3	49,0
16	-	-	-65,1	27,8	-117,5	24,1

Tabla 6.5. Ángulos de Altura y Azimut - Marzo, Junio y Diciembre.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Solar Tool.

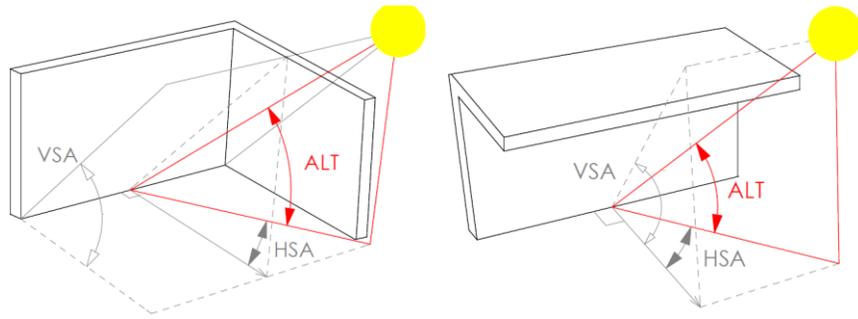
Teniendo en cuenta lo anterior, los β para lograr mediante **cortasoles horizontales y/o verticales** una adecuada protección a lo largo del día de mayor incidencia de la radiación solar sobre las fachadas deben consultarse en la *Tabla 6.6* que presenta de manera independiente los **Ángulo de sombra horizontal –HSA–** y **Ángulo de sombra vertical –VSA–** para dimensionar dispositivos de protección solar verticales y horizontales (aleros y/o cortasoles y/o persianas y/o antepechos, etc.) respectivamente en diferentes horas del día. La *Gráfica 6.17* presenta la numeración de cada fachada.



Gráfica 6.17. Ubicación Ángulos de incidencia del sol del sol sobre fachadas.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

Fachada	Orientación	Mayor Incidencia	Ángulos de sombra solar [°]				
			β	08 ^h	10 ^h	14 ^h	16 ^h
A	Este SurOeste	Diciembre	HSA	-3,4	13,7	-	-
			VSA	27,6	52,6	-	-
B	Oeste NorOeste	Junio	HSA	-	-	4,8	-7,1
			VSA	-	-	53,9	28,0

Tabla 6.6. Ángulos de incidencia del sol del sol sobre fachadas.
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Solar Tool.



Gráfica 6.18. Implementación Ángulos de incidencia del sol del sol sobre fachadas.
Fuente. UN-Habitat.

7. COMPORTAMIENTO TÉRMICO - ANÁLISIS TÉRMICO.

El análisis térmico del proyecto¹² nos permite determinar el impacto final expresado en T_o con respecto a la T_{ext} de las ganancias solares provenientes del sol u otras fuentes de calor, el aislamiento y la compacidad del espacio analizado, entre otras variables. Teniendo en cuenta lo anterior, procedemos a realizar la comprobación científica del estado actual del proyecto con un ingreso de aire por fachadas a los espacios estudiados de acuerdo a las tasas mínimas de ventilación descritas en la *Tabla 6-1 del ANSI/Ashrae 62.1-2022* (Ver *Diseño y cálculo bioclimático*). Tomamos como base la planimetría recibida y los parámetros de ocupación presentados en la *Tabla 5.4*.

7.1. Metodología de la simulación dinámica.

Presentamos a continuación el comportamiento térmico de las zonas estudiadas (Ver *Tabla 7.1*) del proyecto presentado por el equipo diseñador. Respetamos absolutamente la configuración espacial, dimensiones y materiales constructivos y a este “proyecto” le llamamos **Referencia [Ref]**. De acuerdo a los resultados del comportamiento térmico procedemos **—si aplica—** a realizar **Variantes [V]** siempre teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1. Las características climáticas del lugar de implantación.
2. La geometría, materiales y orientación y, los aportes energéticos producidos por los ocupantes y equipos electromecánicos.
3. Ventilación natural —VN— contabilizando el caudal de aire mínimo de aire por persona y por hora.

La metodología de trabajo se desarrolla usando la plataforma conjunta de simulación para la concepción bioclimática y el análisis del confort térmico integrada por los programas *Pleiades+Comfie*, *Alcyone* y *MétéoCalc®* desarrollada por *Izuba Energies®* (Ver *Gráficas 7.2 y 7.3*) y finalmente se presenta **—si aplica—** una comparación de resultados. Presentamos los resultados de la evolución de las T_o esperadas de los espacios analizados y que contemplan un sistema de VN teniendo en cuenta que no son más que una hipótesis que se alimenta de las condiciones climáticas, de ocupación y constructivas y las cuales pueden variar. Hemos de analizar la evolución de las temperaturas interiores de los espacios descritos en la *Tabla 5.4*.



Gráfica 7.1. Espacios estudiados térmicamente.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

Simulación	Estrategias			
	Ventilación	Caudal	Ventanería	Envoltentes
Referencia [Ref]	Natural	ANSI/Ashrae 62.1-2022	n.a.	<ul style="list-style-type: none"> · Muro exterior lámina de fibrocemento + cámara de aire $e=10,0$ cms + lámina fibrocemento, $e_e=14,0$ cms · Muro exterior lámina de madera + cámara de aire $e=5,0$ cms + lámina de madera, $e_e=7,0$ cms · Entrepiso (elevado) en madera $e=2,0$ cms, $e_e=51,0$ cms · Cubierta tipo sándwich poliestireno extruido $e=2,0''$, $e_e=0,5$ cms
Variante 01 [V01]				n.a.

Tabla 7.1. Compendio del proceso del Estudio Bioclimático.
Fuente. Arquitectura Más Verde.

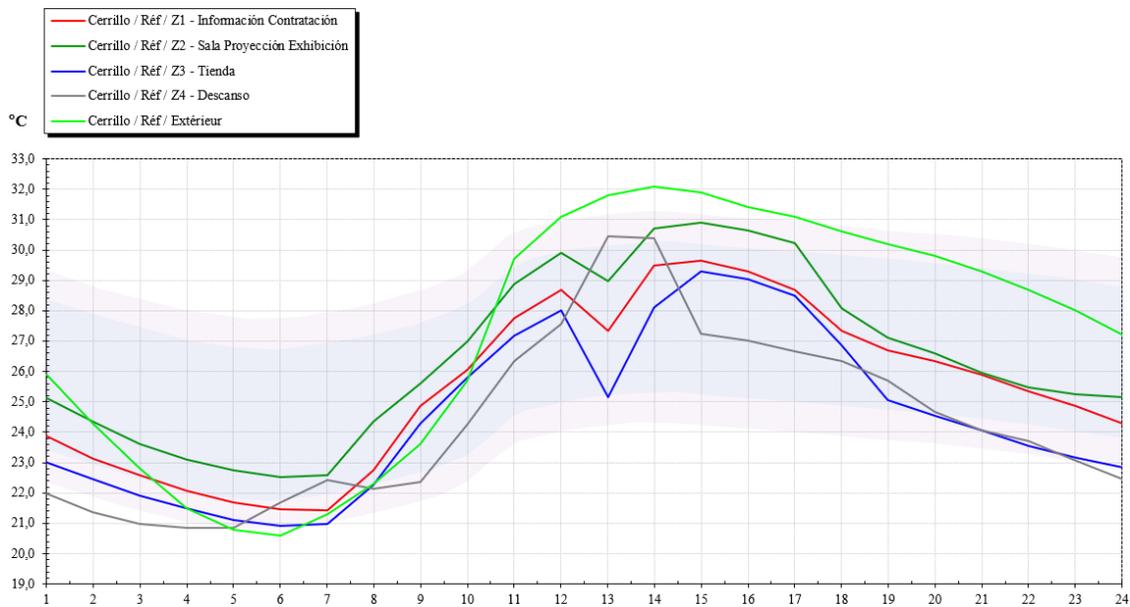
Partimos del análisis del [Ref] con las variables presentadas en la *Tabla 7.1* y que corresponden a un proyecto de construcción en madera con permeabilidad absoluta al viento, sombras generadas por el mismo proyecto y la vegetación inmediata. De acuerdo a los resultados del comportamiento térmico, **no se requiere implementar estrategias adicionales.**

¹² No obstante, los resultados obtenidos deben ser puestos en perspectiva pues las simulaciones térmicas presentadas a continuación tienen en cuenta las estrategias propuestas con un escenario de ocupación determinado. Si en algún momento la ocupación y actividad cambia, las condiciones interiores cambiarán igualmente.

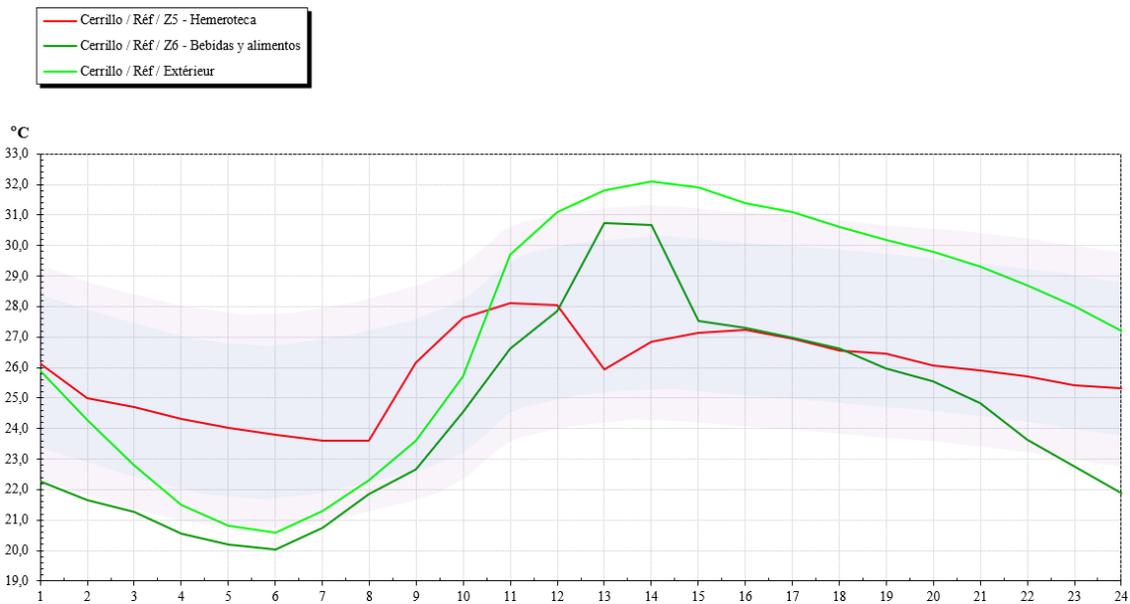
7.2. Referencia - [REF].

Las Gráficas 7.2 y 7.3 presentan las evoluciones de las T_o [REF] de los espacios estudiados en un régimen de VN en horas de ocupación. En general, se observa que los espacios evolucionan dentro de la T_c —y sus límites máximos y mínimos— a lo largo del día lo cual se corresponde con el tipo de proyecto totalmente permeable, una cubierta aislada y el beneficio de encontrarse rodeado de vegetación de mediano y alto porte que mitigan la incidencia del sol.

En particular las citadas Gráficas sustentan por qué no hay superficies otras que la cubierta en las cuales se deba implementar un sistema de aislamiento térmico puesto que en las superficies verticales se implementó un sistema de doble muro que mitiga la incidencia de la radiación solar. Por lo anterior, se hace absolutamente necesario respetar la composición de muros dobles en madera y para el caso de la cubierta, es absolutamente necesaria la implementación de una cubierta tipo sándwich de $e_{\min}=2,0''$.



Gráfica 7.2. Evolución diaria de la T_o - Referencia [Ref].
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Pleiades+Comfie.



Gráfica 7.3. Evolución diaria de la T_o - Referencia [Ref].
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Pleiades+Comfie.

Heure	Cerrillo / Réf / Z1 - Información Contratación	Cerrillo / Réf / Z2 - Sala Proyección Exhibición	Cerrillo / Réf / Z3 - Tienda	Cerrillo / Réf / Z4 - Descanso	Cerrillo / Réf / Z5 - Hemeroteca	Cerrillo / Réf / Z6 - Bebidas y alimentos	Cerrillo / Réf / Extérieur
1	23,9	25,1	23,0	22,0	26,1	22,3	25,9
2	23,1	24,4	22,5	21,4	25,0	21,7	24,3
3	22,6	23,6	21,9	21,0	24,7	21,3	22,8
4	22,1	23,1	21,5	20,9	24,3	20,6	21,5
5	21,7	22,7	21,1	20,9	24,0	20,2	20,8
6	21,5	22,5	20,9	21,7	23,8	20,1	20,6
7	21,4	22,6	21,0	22,4	23,6	20,8	21,3
8	22,7	24,4	22,3	22,1	23,6	21,9	22,3
9	24,9	25,6	24,3	22,4	26,2	22,7	23,6
10	26,1	27,0	25,8	24,3	27,6	24,5	25,7
11	27,7	28,9	27,2	26,3	28,1	26,6	29,7
12	28,7	29,9	28,0	27,6	28,1	27,9	31,1
13	27,3	29,0	25,2	30,4	26,0	30,7	31,8
14	29,5	30,7	28,1	30,4	26,9	30,7	32,1
15	29,7	30,9	29,3	27,3	27,2	27,5	31,9
16	29,3	30,6	29,0	27,0	27,3	27,3	31,4
17	28,7	30,2	28,5	26,7	27,0	27,0	31,1
18	27,3	28,1	26,9	26,3	26,6	26,6	30,6
19	26,7	27,1	25,1	25,7	26,5	26,0	30,2
20	26,4	26,6	24,6	24,7	26,1	25,6	29,8
21	25,9	26,0	24,1	24,1	25,9	24,9	29,3
22	25,3	25,5	23,6	23,7	25,7	23,6	28,7
23	24,9	25,3	23,2	23,1	25,4	22,8	28,0
24	24,3	25,2	22,9	22,5	25,3	21,9	27,2

Tabla 7.2. Evolución diaria de la T_o - Referencia [Ref].
Fuente. Arquitectura Más Verde a partir de Pleiades+Comfie.

7.3. Recomendaciones finales.

Tenemos como datos de entrada la orientación del edificio y la dirección de los vientos dominantes lo que genera que las fachadas del proyecto reciban el viento con diversos ángulos lo cual repercute positivamente en las temperaturas internas. De manera general se hace imprescindible:

1. Separar las edificaciones entre sí e implementar horadaciones con el fin de permitir la penetración del viento.
2. Distanciar las edificaciones en mínimo 0,5 veces —si el predio lo permite— su altura permitiendo la penetración del viento.
3. Edificaciones permeables al viento.
4. Edificaciones alargadas en proporción mínima de 1:2, ideal 1:3.
5. Alturas libres mínimas entre piso fino y techo fino $\geq 4,0$ m y cielos rasos con unas alturas libres $\geq 0,5$ m.
6. Organización interna en crujía simple.
7. Envoltentes con valores de $\pm 2,0 \leq U \leq \pm 0,5$.
8. Superficies de color blanco —principalmente—, ocres claras, grises claras. Evitar superficies de color oscuras o terracotas.
9. Espacios como baños, depósitos, cuartos técnicos —salvo recomendación técnica—, etc. y en definitiva aquellos que no contarán con ocupación humana, se ha de prever rejillas y/o perforaciones para que se implemente VNC.
10. La inyección del aire exterior habrá de realizarse por las aperturas de fachada o por dilataciones en el muro y así regular la temperatura de acuerdo con la actividad, hora del día, condiciones exteriores y, sobre todo, ocupación.
11. Las salidas de aire viciado se han de generar por las aperturas de fachada o por dilataciones en el muro enfrentado a la entrada de aire del exterior.

8. ANEXOS.

8.1. Síntesis de resultados —salida original— de cálculos de VN (incluyen área del marco y/o rejillas).

Pleiades + Comfie
2.7.6.0

Project Centro interpretación
Cerrillo

Lieu de construction Municipio de San Juan de Arama,
Departamento del Meta

Adresse

Maitre d'ouvrage

Nom

Adresse

Maitre d'œuvre

Nom Patromonio
Natural de
Colombia

Adresse -
Bogotá,
Colombia

Etude réalisée par

Organisme: Architectur
a Más Verde
Esp. Arq. Diana

Personne: RODRÍGUEZ DUQUE
Calle 143
47 60 Piso
3

Adresse: Bogotá,
Colombia

Tél.: [+57] 601
695.73.22

Fax.: [+57] 321
401.52.71

E-Mail.: direccion@arquitectur
amasverde.com

Date Jui
12,
2024

Zon e	Espace	Pha se	Bâti ment	Ét ag e	Occ upa tion	Surface d'injection nette (1)	Vites se du vent	Vol ume	Renouve llement net	Renouve llement net	Surface d'injection brute (2)	Surface d'extractio n brute (2)
						[m2]	[m / seg]	[m3 / h]	[m3 / h]	[C/h]	[m2]	[m2]
202 4 06 13 CFM MINIMOS [REF] 62.1-2022												
1	Punto de información + Punto de contratación			1	5	0,47200	0,097 0039	63, 350	116,551 6969	1,83980 58	0,56168	0,70210
2	Sala de proyección + Sala de exhibiciones			1	19	1,97670	0,097 0039	265, 650	488,109 6172	1,83741 62	2,35227	2,94034
3	Tienda de recuerdos			1	3	0,57450	0,097 0039	46, 550	141,862 1820	3,04752 27	0,68366	0,85457
4	Área de descanso			1	7	0,72110	0,097 0039	96, 880	178,062 3488	1,83796 81	0,85811	1,07264
5	Hemeroteca			1	3	0,55120	0,097 0039	36, 750	136,108 6766	3,70363 75	0,65593	0,81991
6	Área de bebidas y alimentos + Hidratación			2	2	0,35200	0,097 0039	23, 450	86,9199 096	3,70660 60	0,41888	0,52360

Zon e	Espace	Pha se	Bâti ment	Ét ag e	App are il	Surface d'injection nette (1)	Vites se du vent	Vol ume	Renouve llement net	Renouve llement net	Surface d'injection brute (2)	Surface d'extractio n brute (2)
						[m2]	[m / seg]	[m3 / h]	[m3 / h]	[C/h]	[m2]	[m2]

202
4
06
13

CFM MINIMOS [REF]
62.1-2022

1	Baño Mujeres - Público	1	2	0,68500	0,097 0039	0,0 00	169,148 1195	0,00000 00	0,81515	1,01894
2	Baño Hombres - Público	1	2	0,68500	0,097 0039	0,0 00	169,148 1195	0,00000 00	0,81515	1,01894

Notes

- Surface nette
1 d'injection d'air
renouvelée
2 Y compris la menuiserie et le vitrage ainsi que des
lames en cas de ventilation permanente
3 Ne prendre en compte que les
appareils sanitaires

Tabla 8.1. Síntesis de resultados –salida original– de cálculos de VN (incluyen área del marco y/o rejillas).
Fuente. Arquitectura Más Verde partir de Pleiades+Comfie.



9. BIBLIOGRAFÍA.

- AULICIEMS A. y SZOKOLAY S., "Thermal confort" in *Plea Notes*, 3. Brisbane, 2007.
- BARDOU P., *Sol y arquitectura*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1984.
- ÇENGEL Y., *Termodinámica*. Ed. Mc. Graw Hill. México D.F., 2012.
- D´ALENÇON R., *Acondicionamientos. Arquitectura y técnica*. Ed. Arq. Pontifica Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, 2008.
- GARCÍA J. et al., *Viento y arquitectura. El viento como factor de diseño arquitectónico*. Ed. Trillas. México, 2005.
- GIVONI B., *Man, climate and architecture*. Applied science publishers Ltd. Londres, 1981.
- GONZALO E., *Manual de Arquitectura Bioclimática*. Ed. Nobuko. Buenos Aires, 1998.
- ISENBECK J. et al., *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022. Ventilation for acceptable indoor air quality*. The American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers - Ashrae. Atlanta, 2012.
- KOENIGSBERGER O. et al., *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Ed. Paraninfo. Madrid, 1977.
- LACOMBA R., *Arquitectura solar y sustentabilidad*. Ed. Trillas. México D.F., 2012.
- NEILA J., *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Ed. Munilla-Lería. Madrid, 2004.
- NIKOLOPOULOU M. y STEEMERS K., "Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces" in *Energy and Buildings*, 35(1), 95-101. 2003.
- PANDE A. et al., *ANSI/ASHRAE Standard 55-2020. Thermal environmental conditions for human occupancy*. The American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers - Ashrae. Atlanta, 2017.
- ROSELUND H., "Climatic design of buildings using passive techniques" in *Building Issues 2000*. Vol. 10 N° 1, 4-26.
- SZOKOLAY S., *Introduction to architectural science. The basis of sustainable design*. Ed. Routledge. Londres, 2014.
- THE EUROPEAN COMMISSION et al., *Un Vitrubio ecológico. Principio y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 2007.
- YAÑEZ G., *Arquitectura solar e iluminación natural. Conceptos, métodos y ejemplos*. Ed. Munilla-Lería. Madrid, 2008.
- YARKE E., *Ventilación natural de edificios. Fundamentos y métodos de cálculo para aplicación de Ingenieros y Arquitectos*. Ed. Nobuko. Buenos Aires, 2005.
- <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/escenarios-cambio-climatico>
- http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento_nacional_departamental.pdf

— FIN DOCUMENTO —