

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA
ETSAB



**SISTEMA DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR PARA LA
VIVIENDA COLECTIVA DE INTERÉS SOCIAL EN EL CLIMA CÁLIDO-
HÚMEDO DE SANTO DOMINGO**

Trabajo Final Para Optar Por El Título De Máster

**TECNOLOGÍA EN LA ARQUITECTURA
CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA - INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

Autora:

Arq. Rosalía Restituyo Pérez
rosalia.restituyo@gmail.com

Tutora:

Dr. Arq. Cristina Parda March

Barcelona, España, 2015.

Agradecimientos.

A mis padres por su apoyo.

A Cristina Pardal por compartir sus conocimientos.

ABSTRACT

In hot-humid climates as is the case of the Dominican Republic, envelopes should reduce the influence of solar radiation and therefore should receive special attention. Sunshade protection of external closures of the buildings are an essential requirement in terms of energy efficiency in almost all climates. Preventing the entry of the sun into interior spaces is desirable in summer months in temperate or even cold climates, but in hot-humid climates is essential.

In Santo Domingo, the increased use of glass enclosures without sunshade protection is evident, which provokes thermal and light discomfort that must be corrected with internal protections like curtains and air conditioners.

Regarding the façade wall, in hot-humid climates where temperatures are high all day and all year long, avoiding the overheat of the exterior closures is an essential resource of bioclimatic and passive design strategies in any time of the year. It's necessary to avoid heating the outer surfaces of walls and roofs to reduce heat flow into the inner space and consequently heat gain.

Today, the growth of the city generates an increase in construction of residential buildings with a higher energy consumption. This, together with the buildings that do not respond climatically to the environment, initiates an excessive use of artificial systems to obtain a certain level of comfort required.

According to the country National Energy Commission, about 200,000 households could save up to 200 GWh (gigawatt hour) with a value of at least 30 million euros) in air conditioning costs, using envelopes that enable greater efficiency (shading devices, windows and curtains) and high-efficiency units.

The situation worsens when it comes to glass windows, where the greenhouse effect increases the internal temperature of the housing buildings, so it's essential to protect the windows of direct solar radiation, which also causes sun glare. Those who think that in air-conditioned buildings this is not so necessary, do not consider the consequences of direct solar radiation into interior spaces. The use of curtains to prevent glare obstructs the view to the exterior and generates an increase in energy consumption of lighting and air conditioning by heat gain (which is not resolved by an inner curtain). Also, despite the air conditioning, people's state of comfort when they are under the effect of an asymmetric radiation (radiant heat of the window on one side and cold air conditioning on the other) it's affected.

Consequence of this issue comes the idea to generate strategies of solar passive design protection for the openings of housing buildings in the Dominican Republic; thinking that the country's location favors the application of sunshade protections, ensuring the ability of the building to provide high levels of thermal and lighting comfort without an excessive energy consumption.

Keywords: sunshade protection, hot-humid climate, solar control, natural ventilation, solar radiation.

Indice

Capítulo 1 – Propósito Del Trabajo De Investigación.

1.1 Introducción.....	11
1.2 Marco General.....	12
1.2.1 Objetivo	
1.2.2 Metodología de la Investigación	

Capítulo 2 – Características generales de la República Dominicana

2.1 Geografía y Clima.....	15
2.2 Santo Domingo	
2.2.1 Análisis climático de Santo Domingo.....	16

Capítulo 3 – Arquitectura Del Lugar

3.1 Arquitectura Vernácula.....	19
3.2 Arquitectura Popular.....	20
3.2.1 La Ventana En La Vivienda Popular	
3.3 Arquitectura Actual.....	21
3.3.1 Problemática	

Capítulo 4 – Estudio General De Soleamiento En Santo Domingo

4.1 Introducción.....	23
4.2 Estudio Solar de Santo Domingo	
4.2.1 Soleamiento.....	24
4.2.2 Orientación.....	25
4.2.3 Radiación.....	26
4.2.4 Insolación.....	27
4.3 Conclusiones.....	28

Capítulo 5 – Tipología de edificación en que se centra el estudio

5.1 Proyectos De Vivienda Social Colectiva.....	31
5.2 Caso De Estudio 1. Edificio Modelo Para El Asentamiento Llamado La Barquita.....	32
5.2.1 Orientación.....	33
5.2.2 Análisis.....	34
5.2.3 Ventanas.....	35
5.2.4 Incidencia Solar.....	36
Tipología 1	
Balcón T1	
Dormitorio B.....	37
Dormitorio C.....	38
Tipología 2.....	39
Dormitorio A	
Dormitorio B.....	40
Tipología 3.....	41
Dormitorio B	
Dormitorio C.....	42
5.2.5 Conclusiones.....	43
5.3 Caso De Estudio 2. Conjunto De Edificios Villa Progreso La Fe.....	46

5.3.1 Orientación.....	47
5.3.2 Análisis.....	48
5.3.3 Ventanas.....	50
5.3.4 Incidencia Solar. Caso 2.....	51
Tipología 1.	
Balcón. Fachada Oeste.	
Dormitorio A. Fachada Oeste-Norte.....	52
Dormitorio C. Fachada Norte-Patio Interior.....	53
Tipología 2.	
Dormitorio A. Fachada Oeste-Sur.....	54
Dormitorio C. Fachada Sur-Patio Interior.....	55
Tipología 3.	
Balcón. Fachada Este.....	56
Dormitorio A. Fachada Este-Norte.....	57
Tipología 4.	
Dormitorio A. Fachada Este-Sur.....	58
5.4 Conclusiones, Villa Progreso, Ensanche La Fe.....	59

Capítulo 6 – Propuesta de un Sistema de Protección Solar.

6.1 Criterios De Diseño.....	63
6.2 Estudio Dimensionamiento De Aleros. Caso 1.....	64
6.3 Justificación De La Propuesta. Caso 1.....	65
6.4 Propuesta Sistema De Protección Solar. Caso 1, La Barquita	
6.4.1 Balcón.....	66
6.4.2 Ventana (Dormitorios).....	69
6.4.3 Imágenes 3D.....	72
6.6 Estudio Aleros, Caso 2: Villa Progreso.....	73
6.7 Justificación De La Propuesta. Caso 2.....	74
6.8 Propuesta Sistema De Protección Solar. Caso 2: Villa Progreso	
6.7.1 Balcón.....	75
6.7.2 Ventana (Dormitorios).....	78
6.7.3 Imágenes 3D.....	81

Capítulo 7 – Conclusiones Generales.....83

Bibliografía.....85

Índice de Figuras.....86

Anexos



PROPÓSITO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

1.1 Introducción

1.2 Marco General

1.2.1 Objetivo

1.2.2 Metodología de la Investigación

1.1 Introducción

En climas cálidos-húmedos como es el caso de la República Dominicana, las envolventes deben reducir la influencia de la radiación solar y por lo tanto, deben recibir atención especial. La protección solar de los cierres exteriores de los edificios es un requisito esencial para la eficiencia energética en casi todos los climas. Evitar la entrada del sol en los espacios interiores es deseable en los meses de verano en los climas templados e incluso fríos, pero en los climas cálidos resulta imprescindible.

En la ciudad de Santo Domingo, el aumento del uso de cerramientos acristalados sin protección solar es evidente, lo cual induce el desconfort térmico y lumínico que debe ser corregido con protecciones interiores y climatizadores.

En lo que respecta al tramo ciego en climas cálido-húmedos, donde las temperaturas son altas todo el día y todo el año, evitar el calentamiento de los cierres exteriores es un recurso esencial del diseño bioclimático en cualquier época del año. Es conveniente evitar el calentamiento de las superficies exteriores de paredes y cubiertas para reducir el flujo de calor hacia el espacio interior y con ello, la ganancia térmica.

En la actualidad, el crecimiento de la ciudad genera un aumento en la construcción de edificios habitacionales con un mayor consumo energético. Esto, en conjunto con las edificaciones que no corresponden climáticamente al entorno, provoca un uso desmedido de sistemas artificiales para el control ambiental.

Según la Comisión Nacional de Energía del país, aproximadamente 200,000 hogares podrían ahorrar hasta 200 GWh (Gigavatio hora)¹ con un valor de, por lo menos 30 millones de euros) en costos de aire acondicionado, utilizando envolventes que permitan mayor eficiencia (protecciones solares, ventanas y cortinas) y unidades de alta eficiencia.

La situación se agrava cuando se trata de ventanas de vidrio, donde se produce el efecto invernadero que contribuye a elevar la temperatura interior, por lo que resulta imprescindible proteger las ventanas de la entrada de la radiación solar directa, que también provoca deslumbramiento. Quienes piensan que en los edificios climatizados esto no resulta tan necesario, no tienen en cuenta las consecuencias del asoleamiento en los espacios interiores. El uso de cortinas para evitar el deslumbramiento obstruye las visuales al exterior y genera aumento del consumo de energía en iluminación artificial y en climatización por la ganancia térmica (que no se resuelve con una cortina interior). También, a pesar de la climatización artificial se afecta el confort de las personas sometidas al efecto de una radiación asimétrica (el calor radiante de la ventana por un lado y el frío del aire acondicionado por el otro).

De esta problemática surge la idea de proponer un sistema de protección solar para el hueco de la edificación habitacional colectiva en Santo Domingo; pensando que la ubicación del país favorece la aplicación de los criterios de control solar, garantizando la capacidad del edificio a proveer espacios de altos niveles de confort térmico y lumínico.

Palabras claves: protección solar, clima cálido-húmedo, radiación solar, ventilación natural.

¹"Diagnóstico Y Definición De Líneas Estratégicas Sobre El Uso Racional De Energía (URE) En República Dominicana" (2006).

1.2 Marco General

1.2.1 Objetivo

Proponer un sistema de elementos ligeros de protección solar que puedan ser producidos en la República Dominicana para su adición a las fachadas de los edificios de viviendas colectivas —tanto los de nueva ejecución como los existentes— en diferentes contextos, con vistas a reducir la carga térmica a través de la envolvente arquitectónica y el consumo de energía.

1.2.2. Metodología de la Investigación

Debido al alto índice de radiación solar durante todo el año, es muy importante considerar elementos de protección solar —celosías, aleros, lamas, etc—en la arquitectura del lugar.

Para esta investigación en la primera fase se ha definido el marco teórico y los parámetros a estudiar, según datos climáticos obtenidos por ONAMET². Se estudiaron libros, publicaciones y trabajos académicos para identificar como se debe proteger de la incidencia solar en climas cálidos-húmedos como es el caso de Santo Domingo.

Se ha realizado un estudio solar general para la ciudad de Santo Domingo, donde se pretende evaluar la necesidad de protección o no en las edificaciones. Con la intención de determinar las protecciones mas favorables —lamas, aleros— teniendo en cuenta las coordenadas geográficas y el recorrido del sol durante todo el año.

Luego se analizaron tipologías de vivienda social colectiva de 4 a 10 niveles, de tipo bloque aislado para ver cuales fachadas necesitan o no implementar sistemas de control solar en las aberturas.

En la segunda parte de este trabajo se procede a diseñar un sistema de elementos ligeros de protección solar con la intención de mejorar las condiciones de confort térmico y lumínico de las estancias, lo cual ayuda a reducir el consumo energético, al minimizar el acondicionamiento artificial y sus gastos.

En las conclusiones se pretende dar validez a la propuesta, verificando si logra mejorar las condiciones de confort térmico y lumínico en el interior de las viviendas.

² Oficina Nacional de Meteorología de la República Dominicana.



CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

2.1 Geografía y Clima

2.2 Santo Domingo

2.2.1 Análisis climático de Santo Domingo

2. Características generales de la República Dominicana

2.1 Geografía y Clima

El territorio de la República Dominicana está situado en las coordenadas geográficas 17° 36' - 19° 58' latitud Norte y 68° 19' - 72° 01' longitud Oeste al norte del Ecuador. Tiene un clima cálido-húmedo con poca variación estacional de la temperatura pero con variación estacional en la precipitación.

Tanto por superficie como por población, la República Dominicana es el segundo país mayor del Caribe (después de Cuba). Su extensión territorial es de 48 311 kilómetros cuadrados y su población total es de 9 445 281 habitantes según el censo de 2010.4 Limita al norte con el océano Atlántico, al sur con el mar Caribe o mar de las Antillas, al este con el Canal de la Mona, que la separa de Puerto Rico y al oeste con la República de Haití.

2.2 Santo Domingo

Santo Domingo (oficialmente Santo Domingo de Guzmán), está situada sobre el Mar Caribe, en la desembocadura del río Ozama. Hoy en día es la metrópolis más importante de la República Dominicana, y es la ciudad más poblada del Caribe seguida de La Habana. Localizada en las coordenadas geográficas 18° 28'36" N y 69° 54'0" O. Está situada sobre el Mar Caribe, a 14 metros sobre el nivel del mar.

Como principal conglomerado urbano del país concentra el desarrollo económico de la nación y su rápido crecimiento se ha caracterizado por una conurbación acelerada a provincias aledañas generando una sola estructura metropolitana. En la actualidad según Grethel Castellanos (2011) el Gran Santo Domingo tiene 43,240 km² de superficie con una población de 2,812,129 habitantes; según el censo actual (2011) esto equivale al 45% de la población.



Figura 1. Mapa de la República Dominicana.

Fuente: <http://caribwall.com/dominican-republic/>



Figura 2. Mapa de Santo Domingo.

Fuente: http://www.colonialzone-dr.com/stodgo_map-lenin.pdf

2.2.1 Análisis Climático de Santo Domingo

La ciudad tiene una temperatura media anual de 25° C. Queda suavizada en unos 1.5° C, respecto a la temperatura que le pertenecería por la latitud en que se encuentra, debido a la influencia marítima y las brisas. La temperatura más elevada, unos 34 ° C, se registra en los meses de junio a agosto, y la más baja, 19 ° C , se registra entre los meses de enero y febrero.

En el clima de las zonas intertropical como es el caso de Santo Domingo con temperaturas medias altas, con variaciones poco acusadas entre día-noche y estacionales. En condiciones de altas humedades, caso de los climas tropicales, la comodidad térmica resulta más difícil, produciendo la sensación de bochorno, sin puntos confortables intermedios, frecuente nebulosidad y fuertes precipitaciones irregulares.

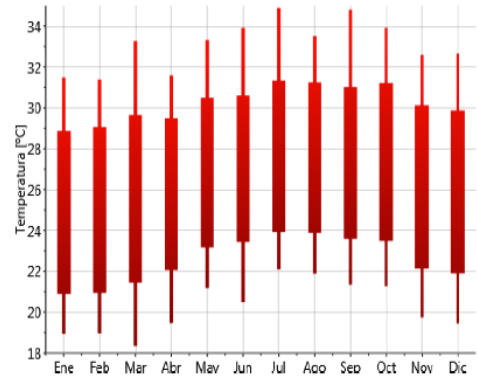


Figura 3. Promedio de Temperatura Mensual

Fuente: *Meteonorm*

Las precipitaciones promedian 1.446 mm anuales (ver tabla 1, Anexo 1.1.2), donde la temporada que tiene un mayor índice de lluvias es verano. Algo que influye en esto, es el hecho de que el país se encuentra en la región subtropical de huracanes, entre los meses de agosto y noviembre, pudiendo experimentar daños ocasionados por fuertes vientos, lluvias y mareas altas.

La ciudad de Santo Domingo esta localizada en la ruta de los vientos alisios del noroeste. Cerca de la costa, la dirección se modifica por el diferencial de temperatura entre las masas de tierra y agua, lo que hace que los vientos fluyan del mar hacia la tierra durante el día (SE) y de la tierra hacia el mar durante la noche (NE). Velocidad Promedio Anual del Viento: 10.1 kms/hora. (ver tabla 4, Anexo 1.1.7).

La trayectoria solar en Santo Domingo (ver figura 1, anexo 1.1.4), revela que las horas de menor radiación solar corresponden a las primeras hora de la mañana hasta las 9:00 horas y cayendo la tarde a partir de las 17:00 horas. Haciendo énfasis en que la temperatura nunca desciende de los 25°C. Las horas de mayor exposición a la radiación solar están comprendidas desde las 10:00 am hasta las 4:00 pm, pudiendo sobrepasar los 34°C. Por lo que obtenemos entre 11:00 y 13:00 hrs de radiación solar por día, dada su latitud y cercanía al ecuador. Sin embargo el número de horas con sol brillante, llamado insolación, solo es de 6 a 7 horas, aproximadamente.

El análisis del clima nos muestra que Santo Domingo no entra en la zona de confort descrita por Givoni³, sus variables se mantienen por encima de esta zona considerando que la zona de confort son los intervalos de las condiciones climáticas dentro de los cuales la mayoría de las personas no siente incomodidad térmica por frío o calor. Por lo que debemos implementar estrategias pasivas, como el uso de protecciones solares para alcanzar dicha zona.

³ Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines. Energy and Buildings vol. 18: pp. 11-23.



ARQUITECTURA DEL LUGAR

3.1 Arquitectura Vernácula

3.2 Arquitectura Popular

3.2.1 La Ventana En La Vivienda Popular

3.3 Arquitectura Actual

3.3.1 Problemática

3. Arquitectura del Lugar

3.1 Arquitectura Vernácula

El clima es factor determinante en las decisiones tomadas a cerca de la vivienda, traduciendo la relación existente entre clima y arquitectura en la búsqueda de las condiciones óptimas de confort térmico. La tipología constructiva se encuentra definida más por las zonas climáticas que por las fronteras territoriales. En zonas cálidos-húmedas, la arquitectura característica es ligera, muy ventilada, protegida en todas las direcciones de la radiación solar y sin inercia térmica de ningún tipo. Como parte de esta arquitectura, la cubierta ventilada presentase como el elemento. La arquitectura vernácula refleja el conocimiento y reflexión sobre las condiciones locales, antes de construir y habitar.

Aunque la República Dominicana es un territorio pequeño, de algo más de 48,000 km², encontramos tipos arquitectónicos diferentes, los cuales son el resultado de la conciliación de las necesidades de los campesinos con el clima, los recursos disponibles y la propia cultura del grupo humano.

La Arquitectura Vernácula del país se ve marcada por una diversidad de influencias: indígena, africana, española, holandesa, inglesa y francesa.

“Salvo las principales casas de la ciudad de Santo Domingo, la arquitectura de las demás villas, estancias, hatos ganaderos y viviendas rurales, era de madera, normalmente con paredes de tablas de palma y cubiertas de yagua, cana o pachulí”⁴. De esa manera la palma real y la palma cana se convirtieron desde entonces en los árboles más preciados de la arquitectura dominicana, prevaleciendo hasta nuestros tiempos a nivel rural.



Figura 4. Vivienda Vernácula en Mata Chalupa, Higüey, Rep. Dominicana
Fuente: Prieto V., Esteban. (2008) p. 232.

En conclusión las características de la vivienda vernácula desde sus materiales ligeros, techos inclinados y como manejaban el hueco de la ventana nos indica que en climas cálidos-húmedos permitir el movimientos del aire, buscando la ventilación cruzada es el mejor método pasivo contra las altas temperaturas en el interior de la vivienda.

⁴ Prieto V., Esteban. (2008)

3.2 Arquitectura Popular

“Cuando las viviendas adoptan materiales industrializados, formas más complejas y son construidas, y no por los usuarios, sino por maestros constructores, estamos ante otra categoría de arquitectura la cual denominamos popular. Acertamos con este tipo de arquitectura en el espacio sub-urbano o urbano y sobre los ejes viales inter-urbanos”⁵. Surge como respuesta a la industrialización tomando las bases de la vivienda vernácula.

Estas viviendas son características por el uso de madera industrializada, por tener ventanas de madera con celosías, el suelo de cemento pulido y cubierta de chapa metálica. Existe la particularidad de que algunas de éstas viviendas tienen un muro perimetral de bloques de concreto (ver figura 5) hasta 1 metro de alto y el resto de madera.



Figura 5. Vivienda Popular en zona rural de República Dominicana

Fuente: <https://www.flickr.com/photos/madeintraveltv/>

En la mitad del siglo XIX, se infiltran en la arquitectura popular dominicana las chapas metálicas, que por su ventaja económica y facilidad de obtención, son cada vez más recurridas tanto a nivel urbano como rural. Con la introducción de la chapa metálica empiezan a cambiar las condiciones climáticas en el interior de la vivienda debido a su conductividad, sobrecalienta el espacio durante el día y en las noches puede provocar la sensación de frío.

3.2.1 La Ventana en la Vivienda Popular

La mayoría de los elementos compositivos empleados en la arquitectura popular cumplen con la doble función de resolver factores de índole climático y de ser utilizados como ornamentos y símbolos distintivos.

El hueco de la ventana es del mismo tamaño e igual modulación que el hueco reservado para la puerta. Los elementos que intervienen en la construcción de la ventana son similares a los utilizados en la construcción de las puertas⁶. El sistema más generalizado del país se compone por medio de tres módulos, uno central con paneles batientes y dos laterales con celosías⁷. Encima de ellos, el tradicional tragaluz que cumple con múltiples funciones, además de hacer penetrar la luz hacia el interior y permitir que salga el aire caliente acumulado.



Figura 6. Ventana compuesta de 3 módulos

Fuente: <https://www.flickr.com/photos/cobjio/>

⁵ Prieto V., Esteban. (2008).

⁶ Durán Núñez, V. M. & Brea García, E. J. (2009) pp. 190-191.

⁷ *Ibíd.* p. 192.

3.3 Arquitectura Actual

El polígono central ha experimentado una dramática evolución a través de los años. paso de ser una finca ganadera con vocación agrícola, a un área residencial, para luego convertirse en lo que es hoy, el centro financiero y comercial del país.

La aplicación de ciertos esquemas de la arquitectura, fue considerada casi como estándar en los proyectos de arquitectura. “El clima, los filtros, los materiales tradicionales, la espacialidad de los esquemas populares, entre otros, fueron temas cada vez más preponderantes en los planteamientos del diseño académico”⁸.

El tema de la novedad recibió una influencia directa y un empuje con la idea de modernidad que fue impulsada desde el Estado, durante los últimos gobiernos de la década de 1990. Pero a falta de investigaciones más profundas y continuas se terminó por agotar los recursos creativos y la arquitectura cayó en una repetición que desvirtuó los procesos originales.

Hoy en día la arquitectura habitacional dominicana esta dirigida por empresas constructoras con una visión determinada a crear un producto atractivo, estéticamente moderno y en mi opinión desvinculado de su entorno tropical y las incidencias climáticas del lugar.

3.3.1 Problemática

Santo Domingo con su clima cálido-húmedo, sus altos niveles de radiación solar durante todo el año y el hecho de que es afectada por los sismos y los huracanes, la hacen una ciudad donde las soluciones arquitectónicas deberían estar enfocadas en estas problemáticas.

La observación de este trabajo de investigación se concentra en la escasez o uso nulo de protecciones solares en las edificaciones, ya sean habitacionales o edificios de oficinas. Si bien es cierto que la arquitectura de catalogo de grandes arquitectos son una fuente de inspiración debemos entender que el aplicar soluciones arquitectónicas que en un inicio esta pensabas para otros entornos, otros climas con la intención de producir una imagen final “vendible” no ayuda a solucionar los problemas de calentamiento en el interior de la vivienda, lo que lleva a recurrir a sistemas de enfriamiento para lograr que estos espacios sean habitables.



**Figura 7. Torre Atiemar (2005),
Santo Domingo Rep. Dominicana**
Fuente: [http://farm9.staticflickr.com/
8158/7535168414_0be5b70887_c.jpg](http://farm9.staticflickr.com/8158/7535168414_0be5b70887_c.jpg)



**Figura 8. Malecón Center (2003),
Santo Domingo Rep. Dominicana**
Fuente: [http://www.dominicanaonline.org/
Portal/images/malecon_stodomingo2.jpg](http://www.dominicanaonline.org/Portal/images/malecon_stodomingo2.jpg)

⁸ Guerrero, A., Mejía, E. & Lorenzo, D. (2011). *3ra Época: Época Actual (1980-2000)*.
Obtenido de: <http://patrimonioarq2-unphu.blogspot.com.es/2011/04/3ra-epoca-epoca-actual-1980-2000.html>

ESTUDIO GENERAL DE SOLEAMIENTO EN SANTO DOMINGO

4.1 Introducción

4.2 Estudio Solar de Santo Domingo

4.2.1 Soleamiento

4.2.2 Orientación

4.2.3 Radiación

4.2.4 Insolación

4.3 Conclusiones

4.1 Introducción

A continuación se desarrolla el estudio solar para la ciudad de Santo Domingo de manera general, es decir, se evaluar el efecto de protección solar o no, de aleros y parasoles sin citar ninguna apertura en particular, considerando la latitud, el recorrido mensual del sol a lo largo del año en la misma, así como los requerimientos horarios de temperatura.

4.2 Estudio Solar de Santo Domingo

La elaboración de un estudio solar representa una poderosa herramienta para el diseñador ya que permite proveer, antes de la construcción de las aberturas, las horas en que se debe o no permitir la radiación solar directa al interior, con lo que se contribuye en la obtención del confort termino de los espacios.

La metodología para este estudio consiste en:

- Elaboración de gráfica solar con el recorrido solar de todo el año.
- Estudio de la orientación optima de los edificios en la ciudad.
- Análisis de la radiación solar global, promedio diario (w/m²)

Este tipo de análisis solar es aplicable de igual manera a cualquier proyecto arquitectónico del que se tenga la latitud de ubicación.

4.2.1 Soleamiento

La trayectoria solar en Santo Domingo, como podemos ver en la figura 9, nos muestra que durante todo el año la radiación solar esta presente con una fuerte intensidad en esta ciudad, por lo que es evidente la necesidad de proveer protecciones solares que eviten la entrada directa de la misma y las consecuentes ganancias terminas que implica. Estas protecciones son necesarias para todas las fachadas variando la demanda conforme a las épocas del año.

El sol de verano pasa muy vertical, alcanzando una latitud de 84.3° el 21 de junio a las 12:30 hrs, tenemos aproximadamente 8 horas de sol durante el verano y 7.5 horas en invierno, donde el sol tiene una latitud de 48.2° a las 12:30 horas de el 21 de diciembre, debido a la cercanía de el país al ecuador y el clima cálido-húmedo que presenta las temperaturas varían muy poco durante el año.

Las orientaciones afectadas por el recorrido solar son Este, Sur y Oeste, la orientación Este recibe el sol de la mañana, la orientación Sur recibe sol durante la mayor parte del día y en la orientación Oeste es donde se pone el sol, mientras que la Norte recibe radiación solar indirecta en todo el año. Entendemos que el análisis del soleamiento es una herramienta útil para determinar la orientación optima del edificio.

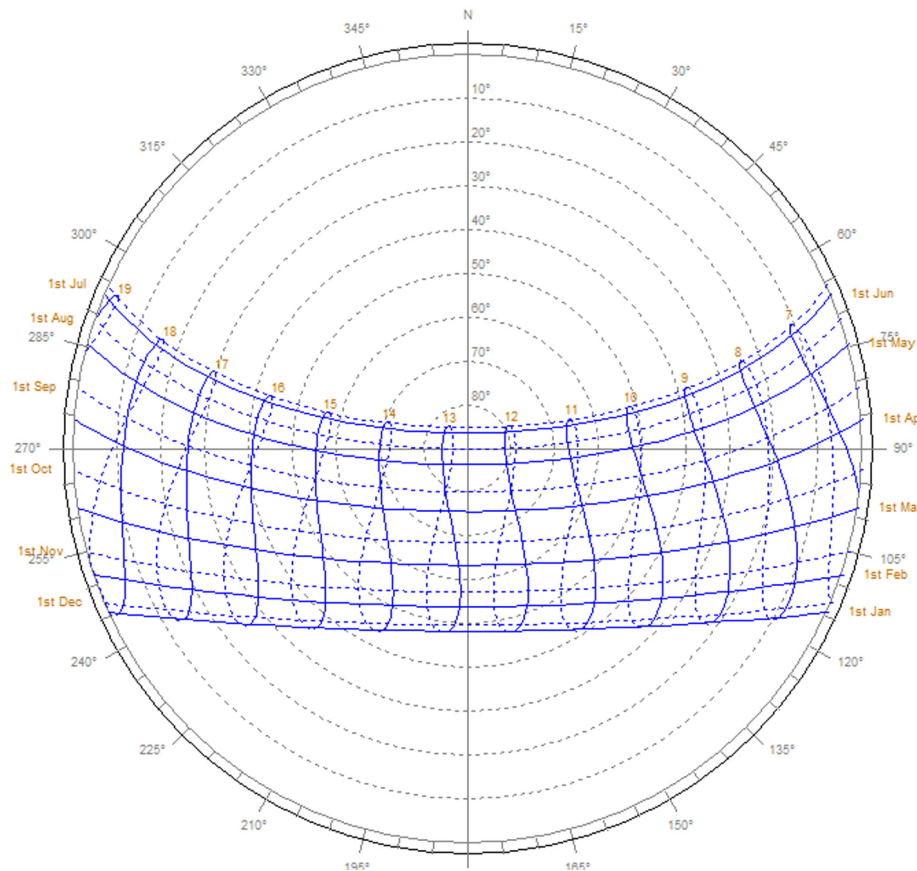


Figura 9. Gráfica solar equidistante de Santo Domingo
Fuente: Ecotect

4.2.2 Orientación

La orientación de un edificio es determinante en la cantidad de radiación solar que recibe en las fachadas. Durante el invierno, un área expuesta hacia el sol, norte para el hemisferio sur y sur para el hemisferio norte, recibe mucho más energía que las expuestas a este y oeste, mientras que en verano, la radiación que incide en los lados hacia en sol y posterior a él, es menor las que incide en las fachadas este y oeste.

Asimismo en latitudes más baja, próximas al ecuador, los valores son aún más acentuados, en la gráfica solar equidistante de Santo Domingo podemos ver el recorrido solar durante el año (Figura 9), por lo que es importante orientarse paralelamente al sol para reducir el impacto de la radiación.

No obstante, en climas cálidos-húmedos como es el caso de Santo Domingo, la orientación hacia el sol de la mañana es preferible que hacia el sol de la tarde porque cuando el sol incide en las primeras horas de la mañana sobre la fachada Este, el aire es más fresco, aun así se debería proteger casi todo el año de la radiación solar debido a las altas temperaturas que se presentan todo el año. Según Olgay⁹, es ideal la implantación del edificio con formato Este-Oeste, con sus principales huecos orientados en el eje Norte-Sur y el mínimo posible de huecos orientados para Este y Oeste.

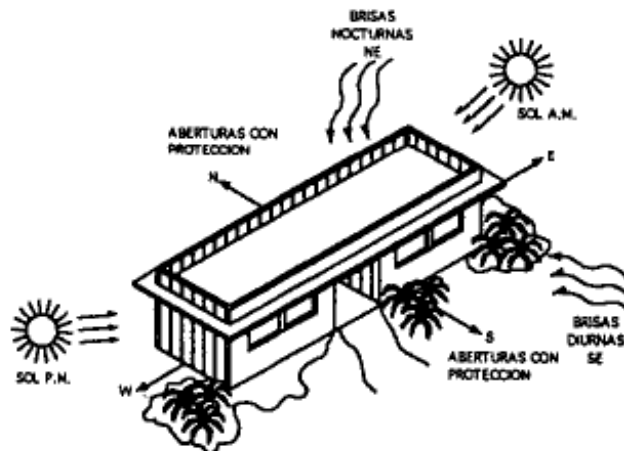


Figura 10 – La orientación del edificio con formato Este-Oeste.

Fuente: <http://www.bibliotecajb.org/LinkClick.aspx?fileticket=KLDt%2BjoRRRM%3D&tabid=100&mid=465>

Estas condiciones minimizan la ganancia térmica, debido al ángulo de incidencia solar en las regiones tropicales, además favorecen la ventilación natural dentro del edificio.

⁹ Olgay, V. (1963). p.173.

4.2.3 Radiación

La importancia de la radiación para el confort térmico es mucho mayor de lo que pensamos. Las sensaciones térmicas, en realidad, provienen de efectos radiantes y afectan el hombre, visto que, casi la mitad de los intercambios de energía del cuerpo humano con el ambiente se realizan por radiación.

Los valores promedios obtenidos en la figura 13 oscilan entre los 100 W/M² en el mes de diciembre y 180 W/M² de radiación como máximo en el mes de junio. Este gráfico representa la cantidad máxima de radiación global (directa e indirecta) recibida sobre todas las superficies de un modelo 3d realizado con la herramienta de Ecotect.

Las horas de menor radiación solar corresponden a las primeras hora de la mañana hasta las 9:00 horas y cayendo la tarde a partir de las 17:00 horas. Haciendo énfasis en que la temperatura nunca desciende de los 25°C. Las horas de mayor exposición a la radiación solar están comprendidas desde las 10:00 hasta las 16:00 horas, pudiendo sobrepasar los 34°C.

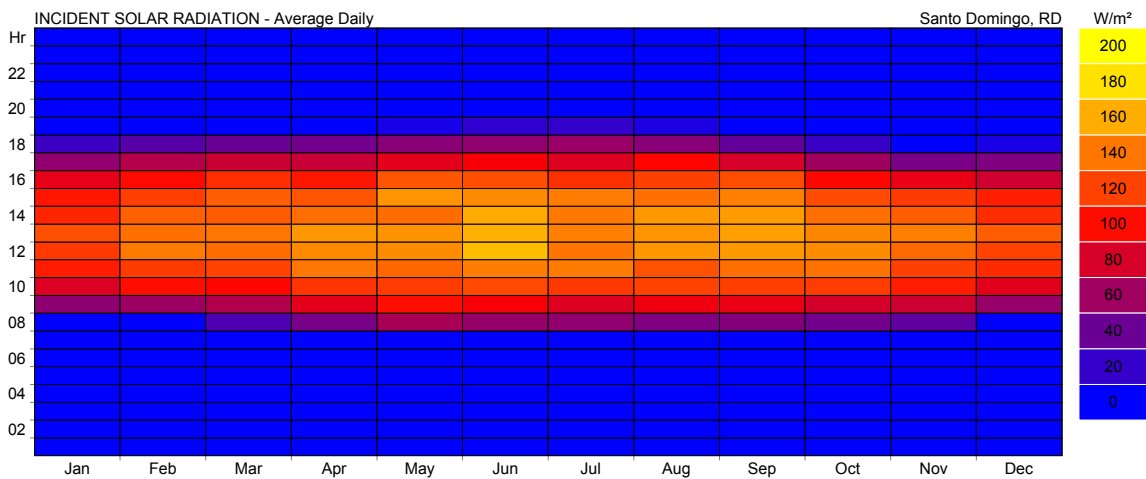


Figura 11 – Incidencia Solar - Promedio Diario
Fuente: Elaboración propia con Ecotect.

En cuanto a la radiación por fachadas, las mayores incidencias se tienen en la cubierta horizontal, principalmente en los meses de verano donde el sol esta mas vertical, los periodos de radiación solar directa mas altos están presentes en el mes de junio. En este estudio nos enfocaremos en la fachada, aunque la cubierta es afectada, en el caso de un edificio colectivo en altura solo afecta a el ultimo nivel, mientras que se tiene mayor cantidad de metros cuadrados de fachada que afectan todo el edificio.

La fachada Sur, recibe radiación solar directa casi todo el año, en los meses de enero a abril, y de agosto a diciembre presentando las máximas incidencias en los meses de noviembre y enero con 1,20 W/M², durante los meses de mayo, junio y julio, esta fachada solo recibe radiación solar indirecta debido a la verticalidad del sol. Las fachadas Este y Oeste reciben radiación solar directa todo el año en horas de 6:00 hrs a 11:00 hrs y de 13:00 hrs a 16:00 hrs respectivamente. En la fachada Norte durante los meses de mayo a julio recibe radiación solar indirecta por la posición del sol y en el resto del año esta fachada no recibe radiación solar directa.

4.2.4 Insolación

La insolación promedio anual se eleva por encima de las 2,500 horas con cantidad máxima promedio en los meses de marzo y abril con 254 horas promedio de sol mensual (69%) y las mínimas promedio en el mes de septiembre con 220 horas de sol mensual (60%) en correspondencia y como veremos durante el mes de septiembre, generalmente aparecen los índices mas elevados de precipitaciones y por lo mismo de nubosidad (ver anexo x) lo que reduce la incidencia de radiación. El clima es soleado en un (65%) de la media anual.

Según Serra (1993), en las regiones cálidas y húmedas [...] la arquitectura no precisa de inercia térmica, aunque debe protegerse de la radiación solar y procurar la máxima ventilación con objetivo de eliminar en lo posible la humedad¹⁰. Estos son parámetros indicativos de la incidencia del sol sobre el área de Santo Domingo, detallan la fuerte exposición a radiación solar que tienen los usuarios de dicha zona.

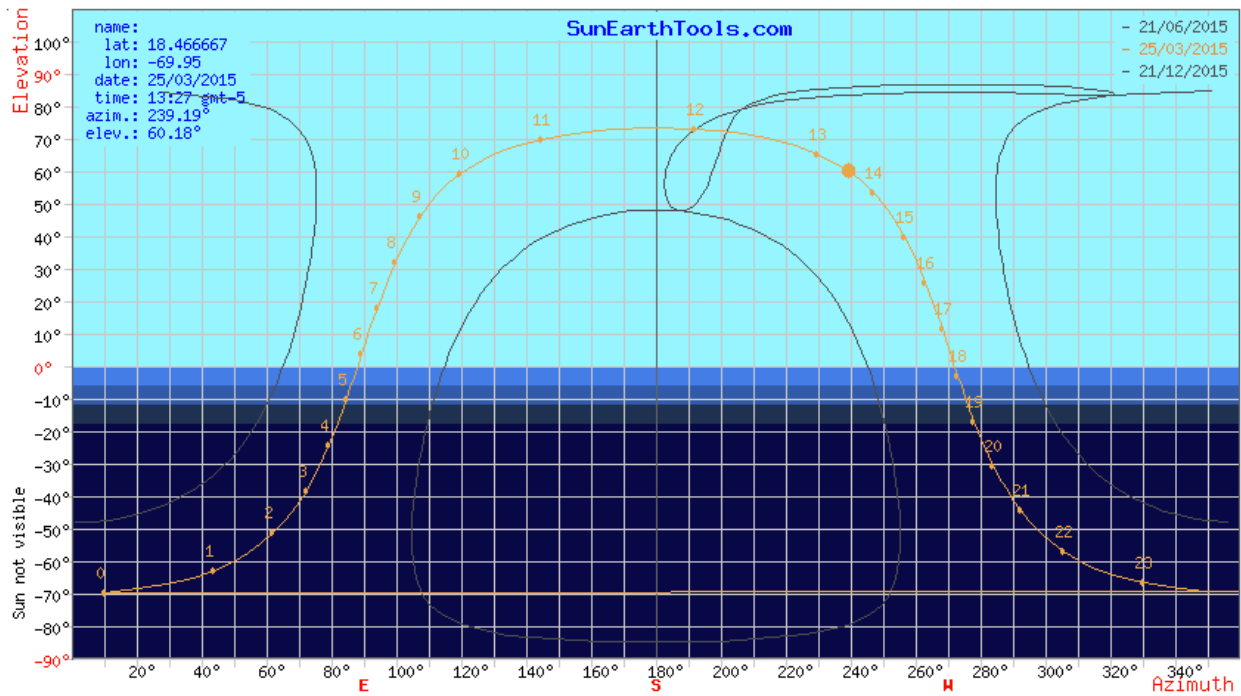


Figura 12. Recorrido Solar, Santo Domingo, República Dominicana.
Fuente: SunEarthTools.com

¹⁰ Serra, R. (1995).

4.3 Conclusiones. Estudio Solar de Santo Domingo.

-Las condiciones de calor predominan todo el año.

-Las condiciones de frío solo se producen en las primeras horas del día entre los meses de diciembre a abril. Para el resto del año no se repite este comportamiento a ninguna hora del día.

-En el transcurso del día, en los meses de verano, las condiciones de calor se extienden de las 10:00 a las 19:00 hrs en los meses de las estaciones restantes, el periodo de calor se va reduciendo de 11:00 a 18:00 hrs para la primavera y el otoño, y de 12:00 a 16:00 hrs en el caso de invierno, por lo que es necesaria la sombra todo el año, incluyendo los meses de invierno.

-Durante los meses de invierno se presentan condiciones de confort térmico, principalmente en las noches y madrugadas, que en algunos casos debido a la alta humedad relativa se reducen.

-En la fachada Sur, se debería proteger durante todos los meses del año en todo el día, con excepción en las primeras horas de diciembre a abril.

-En las fachadas Este y Oeste se debería proteger en las mañanas y en las tardes de todo el año.

-La fachada Norte se debe proteger en las horas mas caliente del día, debido a que recibe radiación indirecta todo el día y esto calienta las estancias.

Teniendo el comportamiento anual del clima en Santo Domingo se puede concluir que los requerimientos de climatización para esta localidad se pueden manejar de una manera general para todo el año, salvo en los casos en que se quiera hacer referencia a una temporada en particular (como es el caso de la temporada ciclónica).

TIPOLOGÍA DE EDIFICACIÓN EN QUE SE CENTRA EL ESTUDIO

5.1 Proyectos De Vivienda Social Colectiva.

5.2 Caso De Estudio 1. Edificio Modelo Para El Asentamiento Llamado La Barquita.

5.2.1 Orientación

5.2.2 Análisis

5.2.3 Ventanas

5.2.4 Incidencia Solar

Tipología 1.

Balcón T1

Dormitorio B

Dormitorio C

Tipología 2.

Dormitorio A

Dormitorio B

Tipología 3.

Dormitorio B

Dormitorio C

5.2.5 Conclusiones

5.3 Caso De Estudio 2. Conjunto De Edificios Villa Progreso La Fe.

5.3.1 Orientación

5.3.2 Análisis

5.3.3 Ventanas

5.3.4 Incidencia Solar

Tipología 1.

Balcón. Fachada Oeste.

Dormitorio A. Fachada Oeste-Norte

Dormitorio C. Fachada Norte-Patio Interior

Tipología 2.

Dormitorio A. Fachada Oeste-Sur

Dormitorio C. Fachada Sur-Patio Interior

Tipología 3.

Balcón. Fachada Este.

Dormitorio A. Fachada Este-Norte

Tipología 4.

Dormitorio A. Fachada Este-Sur

Conclusiones

5.1 Proyectos de vivienda social colectiva.

Para esta investigación se analizarán edificios de carácter social, propuestos por el INVI —El Instituto Nacional de la Vivienda es la Institución rectora y reguladora del sector vivienda del Estado Dominicano, se encarga de formular, diseñar y ejecutar proyectos habitacionales, integrando a todos los sectores, tanto público como privado en la producción de viviendas— las cuales van dirigidas a personas de escasos recursos. Para el estudio fueron seleccionados proyectos actuales de vivienda colectiva en altura, para verificar la necesidad de implementar protecciones solares en el diseño de estos proyectos, lo cual puede resultar en mejores condiciones de confort dentro de la vivienda y una reducción del consumo energético.

Para la selección de los proyectos se tomaron los siguientes criterios:

-Tipología de bloque aislado, de 4 niveles (12 m) a 10 niveles (30 m).

-Edificios que por su tipología son reproducidos de manera masiva en el territorio dominicano. Como sucede con el Caso 1. La Barquita el cual es un asentamiento nuevo donde se pretende construir alrededor de 125 edificios de la tipología estudiada.

-Disponibilidad de planos arquitectónicos del proyecto.

5.2 Caso de estudio 1. Edificio Modelo para el asentamiento llamado La Barquita.

El proyecto consiste en el diseño de un plan maestro para la reubicación de cerca de dos mil familias que vivían en dicho sector en condiciones muy precarias y de alto riesgo ante los fenómenos naturales. El proyecto incluye la construcción de 2,000 viviendas (125 edificios), para igual número de familias, así como escuelas, iglesias, un centro de preparación técnica y de salud, canchas, entre otras facilidades.

El edificio modelo será ubicado en el nuevo asentamiento de La Barquita, por su condición de edificio tipo tendrá múltiples orientaciones en el asentamiento, como se puede ver en la figura x (anexo). Este conjunto está ubicado en el municipio de Santo Domingo Este, alejado del centro de la ciudad.

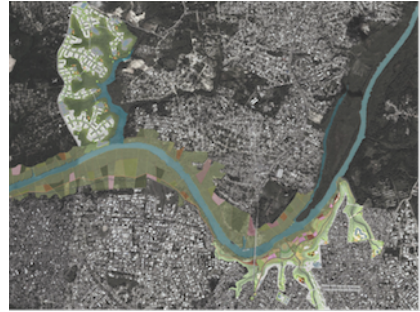


Figura 13. Plan Maestro La Barquita, Santo Domingo Rep. Dominicana
Fuente: <https://arquitecto.com/2014/01/a-nueva-barquita/>

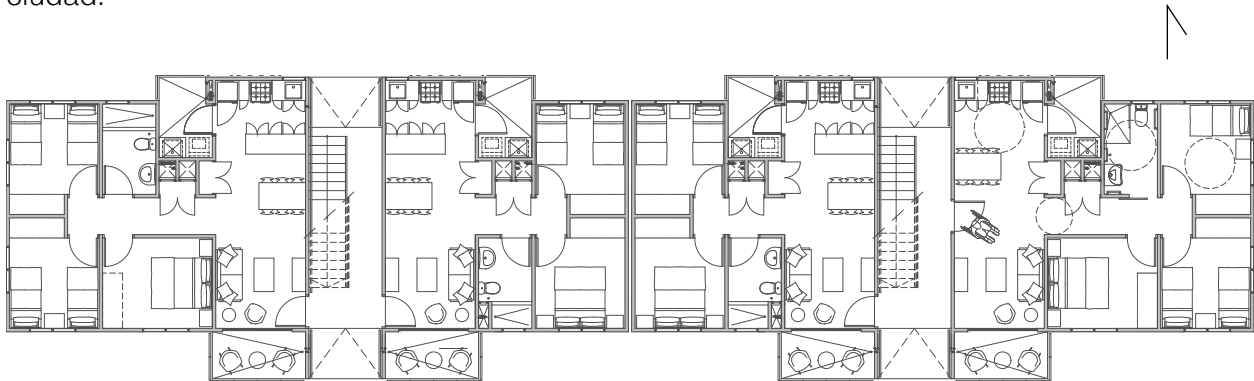


Figura 14. Planta Baja, La Barquita, Santo Domingo.
Fuente: Inconserca

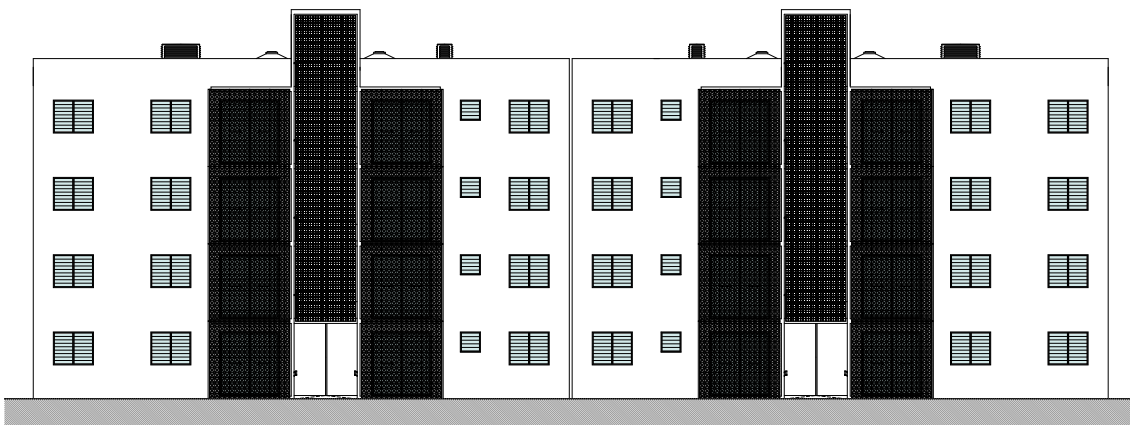


Figura 15. Elevación Sur, La Barquita, Santo Domingo.
Fuente: Inconserca

El edificio tiene 4 apartamentos por planta distribuidos en 4 niveles con un total de 16 apartamentos. Las tipologías 1 y 3 son de 108 m², mientras los tipo 2 tienen 90 m².

5.2.1 Orientación

Para esta investigación se hizo un estudio para determinar la orientación optima del edificio según la latitud en que se encuentra. Se utilizo la herramienta de Ecotect. para evaluar las condiciones climáticas y poder indicar la orientación mas favorable para este proyecto. La orientación optima es aquella que recibe la menor radiación solar en los meses de verano y la mayor radiación solar en los meses de invierno, en el caso de Santo Domingo, tenemos altas temperaturas todo el año, por lo que se tomaron los meses mas calientes para determinar la orientación ideal, la cual es a 177° del norte eso quiere decir, con la fachada principal al sur, girado unos cuantos grados al este.

Este gráfico nos indica las zonas del edificio donde habrá un sobre calentamiento, delimita el promedio anual de kwh/m2 y el periodo donde no se presenta un sobrecalentamiento que en este caso coincide con el promedio anual de kwh/m2.

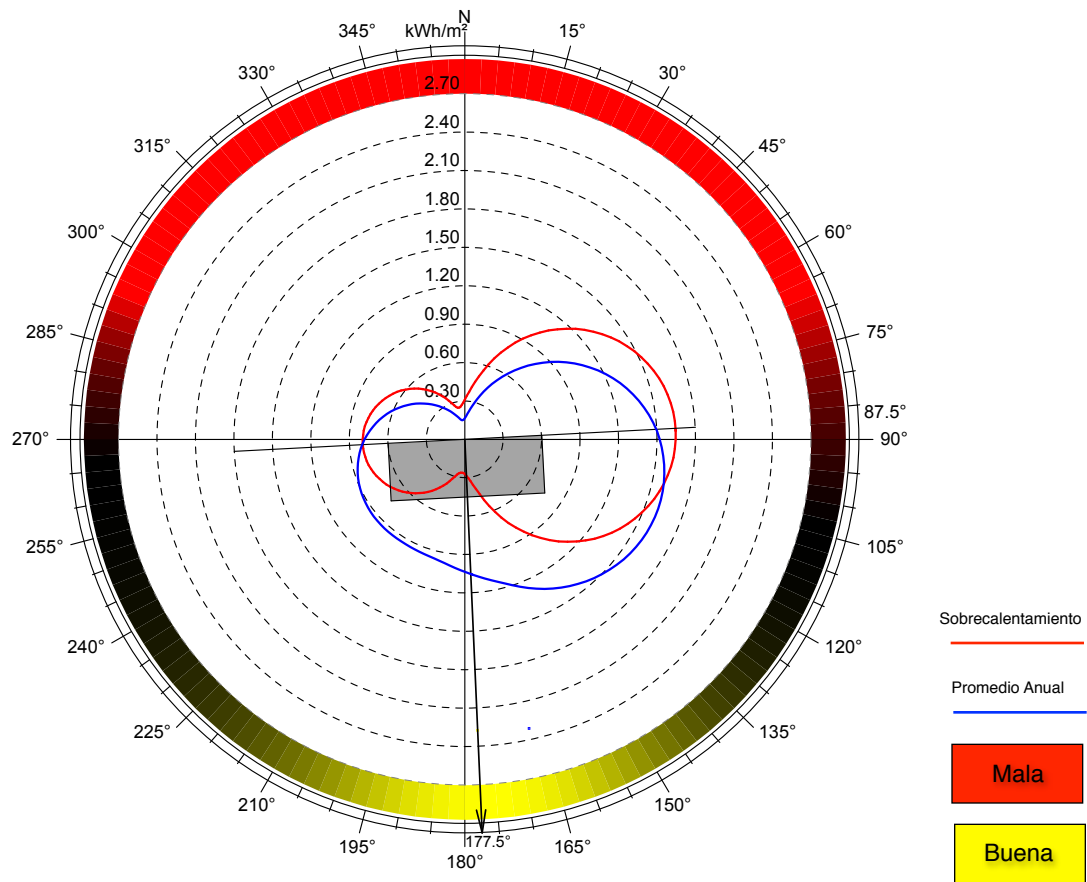


Figura 16. Orientación Optima,Edificio Modelo, La Barquita.
Fuente: Elaboración propia con Ecotect.

Las mayores incidencias solares se tienen en la cubierta horizontal, principalmente en los meses de verano donde el sol esta mas vertical, en cambio la fachada sur recibe insolación en casi todo el año, presentando las máximas incidencias en invierno cuando el sol esta a menor latitud. Pero la dirección del viento sur y sureste ayuda a que bajen las temperaturas y mejoren las condiciones climáticas en el interior.

5.2.2 Análisis

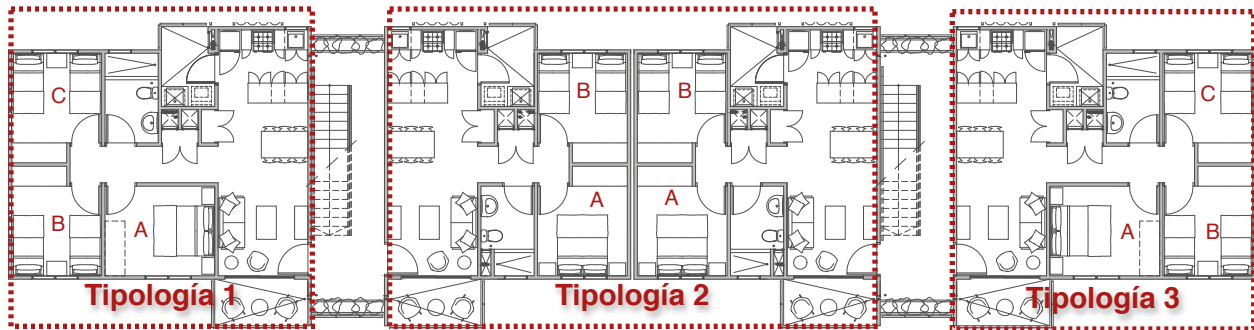


Figura 17. Planta Tipo, La Barquita, Santo Domingo.
Fuente: Inconserca

Es un edificio sencillo, con 4 apartamentos por planta distribuidos en 4 niveles con un total de 16 apartamentos, no tiene ascensor — en la normativa de edificación¹¹ local se exige el uso del ascensor cuando un edificio pasa los 4 niveles, por lo que en el caso de proyectos sociales se evita por cuestiones económicas construir mas de 4 niveles— es una tipología importante porque es actualmente reproducida en los asentamientos nuevos creados en la periferia de la ciudad.

En la tipología 1, la sala, el balcón y el dormitorio A están en la fachada sur, el dormitorio C esta orientado a oeste y norte, mientras que el dormitorio B tiene una fachada a sur y otra a oeste, lo que implica que será un espacio caliente debido a la radiación solar que recibirá de las 12:00 hrs hasta las 18:00 hrs. Normalmente en estos casos es muy común el uso de cortinas opacas para evitar el paso de la luz y el sobre calentamiento de los espacios, es común el uso de ventiladores eléctricos o aire acondicionado para mejorar el confort térmico de las habitaciones.

La tipología 2, tiene la sala, el balcón, el baño y el dormitorio A en la fachada sur, los cuales recibirán insolación casi todo el año, mientras que los servicios y el dormitorio B quedan en la fachada norte. Estos apartamentos son los menos afectados por la radiación solar debido a que están entre medianeras, entonces solo están orientado en sentido norte-sur y solo requieren mayor protección en la fachada sur.

En la tipología 3 la sala, el balcón y el dormitorio A están en la fachada sur, mientras que el dormitorio B tiene una fachada a sur y otra a este, el dormitorio C tiene una fachada este y una al norte.

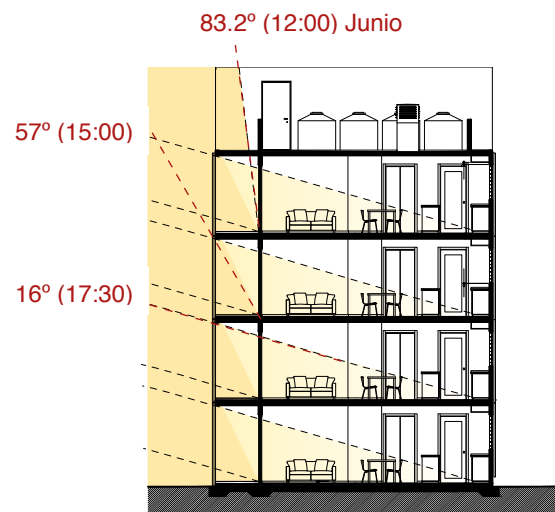


Figura 18. Angulos del sol en el solsticio de verano
Fuente: Elaboración Propia

¹¹ MOPC. Manual de Edificación. (2002).

En las fachadas norte y sur se han utilizado unos elementos metálicos de fachada con la intención de hacer mas segura la vivienda y dar privacidad. Si es cierto que estos elementos en los balcones ayudan a reducir la incidencia solar, son pocos prácticos pues son elementos fijos, cortan la ventilación — teniendo en cuenta que el climas cálido-húmedos las viviendas deben ser muy ventiladas para poder combatir las altas temperaturas todo el año— y al ser tan sementados hacen el espacio oscuro y muy cerrado.

5.2.3 Ventanas

En este proyecto tenemos 2 tipologías de ventanas, en el balcón se implementa una carpintería de aluminio de 2.10 m x 2.23 m, la apertura de esta puerta-ventana es de un 50% por ser correderas la cual limita la entrada del aire y por no ser un vidrio protegido y de 4 mm de espesor aumenta la incidencia solar en el interior de los espacios, tomando en cuenta que normalmente se utilizan mallas anti mosquitos las cuales reducen aun mas el paso de la luz y el aire.

El uso excesivo de vidrio en la arquitectura produce considerables cambios, principalmente térmicos, en la relación entre el interior y exterior del edificio, ya que una de las propiedades de los materiales transparentes como el vidrio es transmitir la energía radiante directamente.

Luego en los demás espacios se utilizan ventanas de celosías de aluminio pintadas de blanco en formato 0.70 m x 1.15 m (ver figura 21)— estas ventanas son las mas utilizadas en viviendas unifamiliares y colectiva de carácter social en el país— son muy económicas, al ser móviles permiten el paso del aire y cuando están cerradas logran un 80% de sombra y no requieren mantenimiento continuo.

Por lo que entendemos que todas estas barreras hacen que no se logre el nivel de confort térmico y lumínico requerido en el interior de las viviendas.

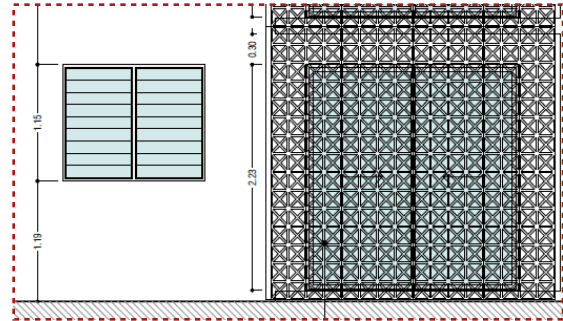


Figura 19. Detalle elementos de cerramiento de fachada.

Fuente: Inconserca



Figura 20. Balcón protegido, Santo Domingo.

Fuente: <https://actualidadhispanaca.files.wordpress.com/2013/02/15f3f-hierros2b030-724883.jpg>



Figura 21. Típica ventana de celosías utilizada en República Dominicana.

Fuente: <http://www.archiproducts.com/es/productos/73446/regusol-celosia-de-aluminio-regusol-ap-140-gimenez-ganga.html>

5.2.4 Incidencia Solar. Tipología 1.

Para poder entender el uso de protecciones solares en este edificio se analizaron las aberturas de los dormitorios B, C y el balcón. A través de una gráfica solar equidistante, se colocó la planta arquitectónica del hueco a estudiar en la orientación correcta y se proyectó la ubicación del sol a distintas horas del día.

Caso 1. Balcón. Fachada Sur.

La fachada Sur tiene una incidencia solar alta durante todo el año, principalmente en los meses de diciembre a marzo cuando se tiene en Santo Domingo una temperatura media de 26°C.

Para el solsticio de invierno, 21 de diciembre, podemos ver en la figura 23, como el sol incide de manera directa en la fachada del balcón, aun con el cerramiento metálico de protección fijo, el cual reduce las visuales y provoca una sensación de encerramiento. Sin embargo cuando nos colocamos en el interior de la vivienda (figura 24) vemos como la entrada de luz se pierde, convirtiendo este espacio en una zona poco iluminada, con una baja entrada de ventilación, debido a que las ventanas correderas solo abren un 50%.

Durante el verano aunque el sol está muy vertical (ver anexo x) la fachada Sur recibe radiación solar indirecta todo el día, considerando las altas temperaturas de verano con un promedio de 30°, provoca que se sobrecaliente el interior de la vivienda y se requiera de climatización artificial y cortinas para mejorar las condiciones de confort térmico y lumínico de la vivienda.

Entendemos que existe una necesidad de protegerse del sol, provocada por el sobrecalentamiento de la vivienda, debido al uso de ventanas inadecuadas y la falta de protecciones solares.

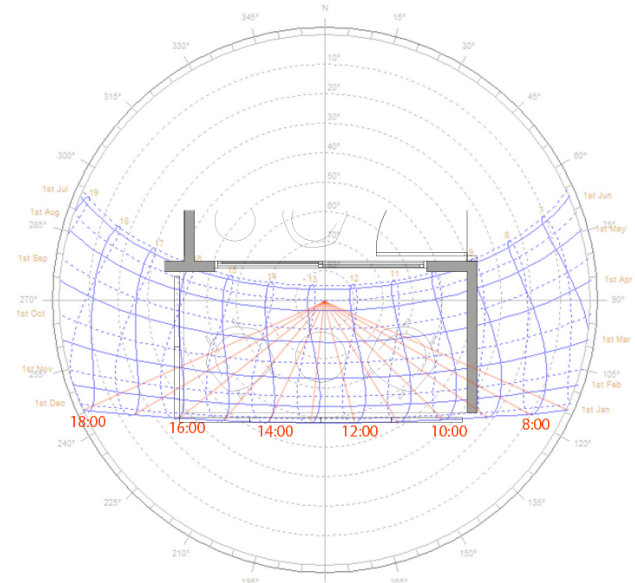


Figura 22. Angulos del sola en el solsticio de invierno.

Fuente: Elaboración propia

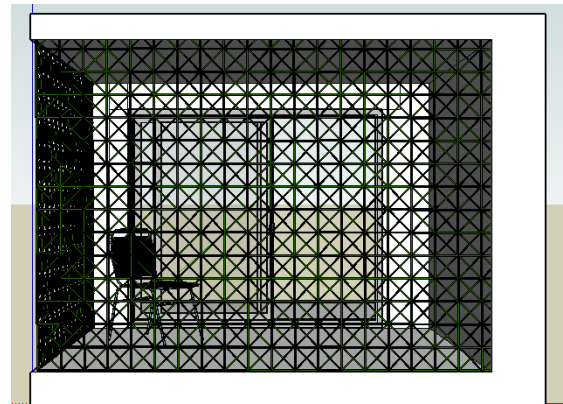


Figura 23. 2pm Exterior. Altitud 43.6°, Azimut -153.4° 21 de diciembre.

Fuente: Elaboración propia

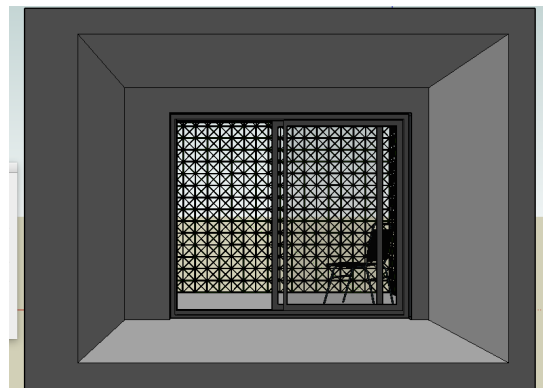


Figura 24. 2pm Interior. Altitud 43.6°, Azimut -153.4° 21 de diciembre.

Fuente: Elaboración propia

Incidencia Solar. Tipología 1.

De las ventanas existentes estudiadas la que mejor ejerce su función son las celosías metálicas (ver figura 21), estas permiten el paso del aire, protegen del sol debido a sus celosías móviles, sin embargo, están pintadas de blanco que refleja la entrada de luz y esto produce deslumbramiento.

Caso 2. Dormitorio B. Fachada Sur y Oeste.

Considerando que la fachada Sur tiene una incidencia solar alta durante todo el año y que la fachada Oeste recibe el sol de la tarde, este dormitorio presenta una condición desfavorable.

Las celosías, pintadas de blanco provocan deslumbramiento, estas ventanas no permiten el paso del aire y proteger de la radiación solar al mismo tiempo, por lo que se requiere proteger la ventana para mejorar el confort térmico y lumínico del interior.

Para el solsticio de invierno, 21 de diciembre, podemos ver en la figura 26, como a las 12:00 hrs la fachada sur recibe radiación solar directa, a partir de las 17:00 hrs es la fachada oeste que pasa a recibir esta radiación manteniendo este dormitorio en constante soleamiento. En verano debido a la latitud del sol (ver anexo x) la fachada Sur recibe radiación solar indirecta, que se puede evitar con protecciones horizontales para generar sombra y controlar la entrada de luz al dormitorio.

Para lograr los niveles de confort térmico y lumínico en el dormitorio B, se necesita gestionar el hueco de manera que la ventana permita el paso de la luz solar sin causar deslumbramiento, se debe tener un paso constante del aire y al mismo tiempo tener una protección que genere sombra, para evitar el uso de climatizadores artificiales que aumentarían el consumo energético de la vivienda.

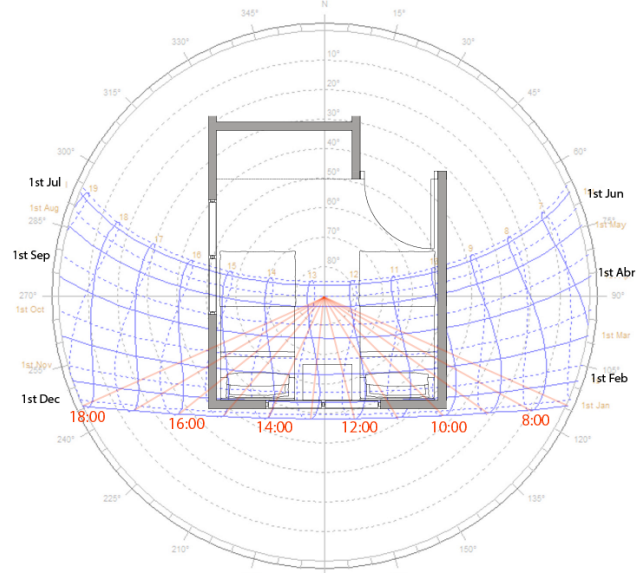


Figura 25. Angulos del sola en el solsticio de invierno.
Fuente: Elaboración propia

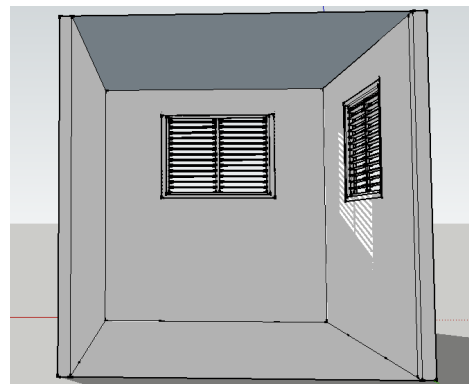


Figura 26. 12:00 hrs. Interior. Altitud 43.6°,
Azimut -153.4° 21 de diciembre.
Fuente: Elaboración propia

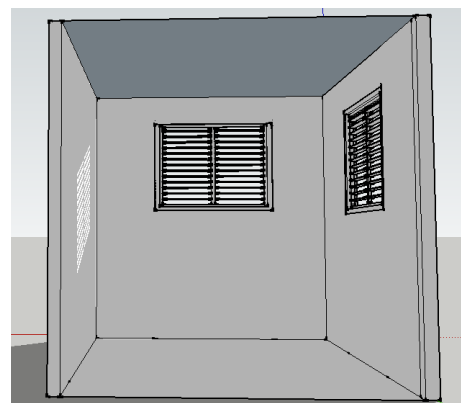


Figura 27. 18:00 hrs. Exterior. Altitud 43.6°,
Azimut -153.4° 21 de diciembre.
Fuente: Elaboración propia

Incidencia Solar. Tipología 1.

La ciudad de Santo Domingo esta localizada en la ruta de los vientos alisios del Noreste, el viento va en dirección mar-tierra (SE) durante el día y dirección tierra-mar (NE) durante la noche (Ver anexo x). Por lo que la zona mas desfavorable con relación a la incidencia de los vientos es el Oeste.

Caso 3. Dormitorio C. Fachada Oeste y Norte

La fachada Norte del dormitorio recibe radiación solar indirecta todo el día, principalmente en las primeras horas de la mañana 7:00 hasta 9:00 hrs. Por lo que no calienta el interior, permitiendo la entrada de luz natural, sin embargo presenta problemas de deslumbramiento por el color blanco de las celosías utilizadas.

La fachada Oeste es la mas desfavorable que recibe radiación solar directa en las horas mas calientes del día de 15:00 hasta las 19:00 hrs cuando se anochece, creando un sobrecalentamiento en el dormitorio. Por lo que se requiere protección solar pasiva para evitar tener que recurrir a sistemas de climatización con un coste energético.

Como los vientos provienen del Noreste durante la noche, para eliminar el sobrecalentamiento en este dormitorio se debería tener un hueco mas grande al norte, con protecciones que permitan controlar la entrada de la luz. En el caso de la fachada Oeste de recomienda reducir el tamaño de hueco, para eliminar el exceso de entrada de radiación solar directa, también se debe proteger con protecciones solares adecuadas para generar sombras y permitir tener la ventana abierta facilitando el paso del aire.

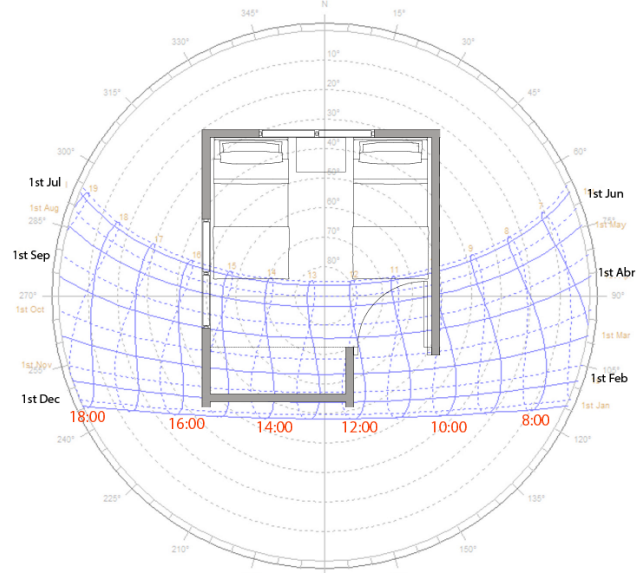


Figura 28. Recorrido del sol (Anual).
Fuente: Elaboración propia

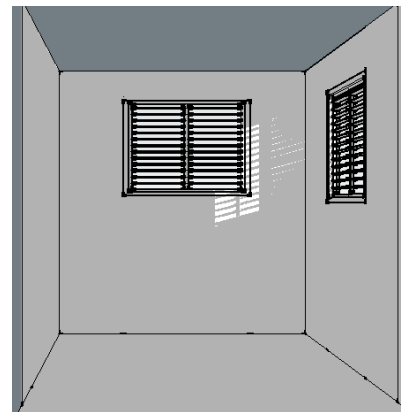


Figura 29. 8:00 hrs. Interior. Altitud 24.8°, Azimut 72°.
Fuente: Elaboración propia

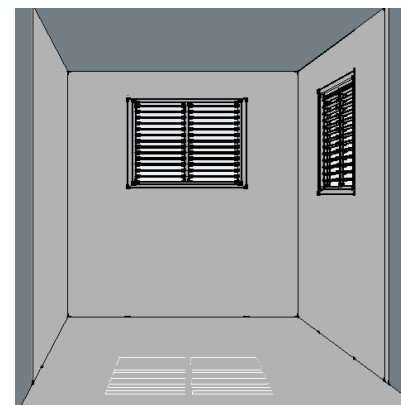


Figura 30. 18:00 hrs. Interior. Altitud 16.2°, Azimut -70.1°.
Fuente: Elaboración propia

Incidencia Solar. Tipología 2.

En zonas tropicales, donde la temperatura media diurna en invierno no baja de los 18°C la protección solar en invierno tiene la misma función que el resto del año, la diferencia esta en la latitud del sol, el cual es mas bajo en los meses de invierno, como se puede ver en la (figura 31).

Caso 1. Dormitorio A. Fachada Sur

La fachada Sur tiene una incidencia solar alta durante todo el año, principalmente en los meses de invierno, cuando el sol esta mas bajo e incide de manera directa en la tarde (ver figura 33), coincidiendo con las horas mas calientes del día.

En cuanto a las ventanas, que miden 0.70 m x 1.15 m cada modulo, permiten durante el día eliminar la entrada de luz al interior del dormitorio, pero al mismo tiempo impide la entrada de aire, considerando que el viento va en dirección mar-tierra (SE) durante el día, se deberían aprovechar mas las aberturas a Sur, inclusive pensar en agregar otro modulo de ventana, pues es una solución pasiva a el sobrecalentamiento del interior de los espacios.

Durante el verano aunque el sol esta muy vertical (ver anexo x) la fachada Sur recibe radiación solar indirecta todo el día, tomando en cuenta las altas temperaturas de verano con un promedio de 30°C, provoca que se sobrecaliente el interior del dormitorio y se requiera de climatización artificial (con un coste energético) y cortinas, para mejorar las condiciones de confort térmico y lumínico.

Si se implementaran protecciones solares se pudiera permitir proteger del sol y al mismo tiempo permitir el paso del aire para refrescar el espacio.

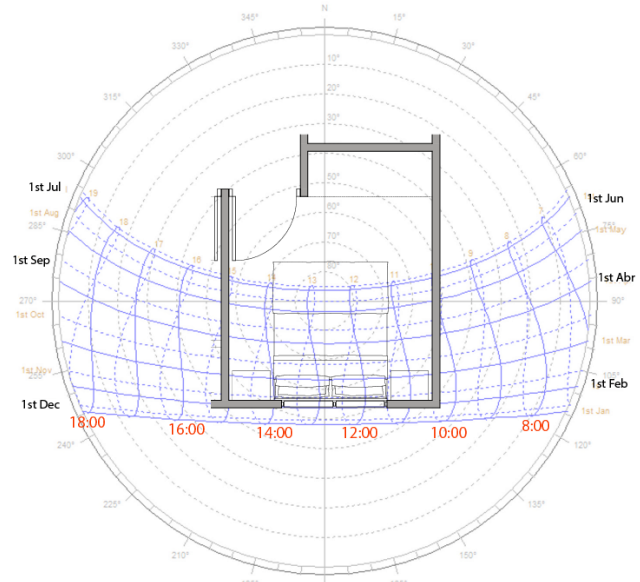


Figura 31. Recorrido del sol (Anual).
Fuente: Elaboración propia

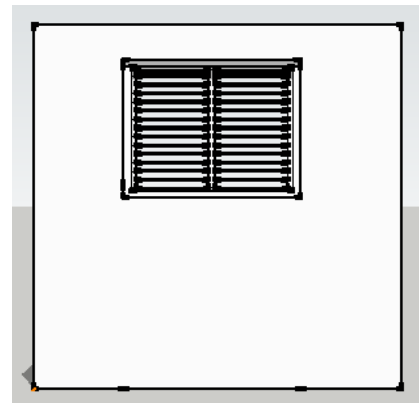


Figura 32. 15:00 hrs. Exterior. Altitud 57.2°,
Azimut -74.9° 21 de diciembre.
Fuente: Elaboración propia

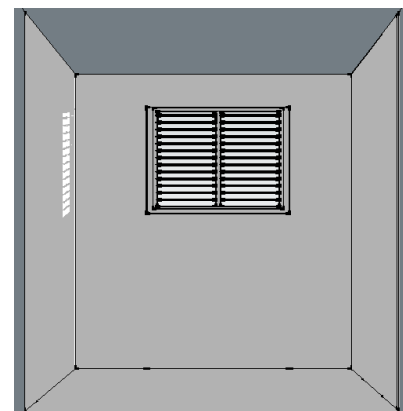


Figura 33. 18:00 hrs. Interior. Altitud 16.2°,
Azimut -70.1° 21 de diciembre.
Fuente: Elaboración propia

Incidencia Solar. Tipología 2.

Atendiendo a las condiciones climáticas de la ciudad de Santo Domingo, se recomienda que las fachadas Norte y Sur sean las mas extensas, donde se ubican además la mayor área de aberturas para iluminar y ventilar. Por tales motivos, estas dos orientaciones (principalmente sus superficies permeables a la luz y al viento) necesitan un adecuado control solar para evitar el aumento excesivo de la temperatura interior de las estancias.

Caso 2. Dormitorio B. Fachada Norte

En la fachada Norte el recorrido del sol es mas vertical y paralelo, por lo que solo recibe radiación solar indirecta durante todo el año (ver en la figura 34), lo que crea una iluminación muy uniforme pero con un nivel mas bajo.

La ubicación del dormitorio en la fachada Norte es favorable, debido a que no hay una incidencia solar directa. Pero en los meses de verano cuando la radiación solar es muy elevada, caso del clima tropical, hace falta protegerse del sol, para evitar que las estancias a norte se calienten.

En cuanto a las aberturas, en la fachada Norte pueden ser mas grandes para permitir una mayor entrada de luz y ventilación, ya que durante la noche, la dirección de los vientos provienen del noreste (tierra-mar)

En lo referente a las ventanas, queda claro que se debe hacer un cambio en el color para evitar el deslumbramiento en las estancias.

Entendemos que estas celosías por si solas, sin ayuda de una protección solar externa no cumplen los requisitos para lograr los niveles necesarios de confort térmico y lumínico del interior sin tener que recurrir a climatizadores artificiales que implican un gasto energético.

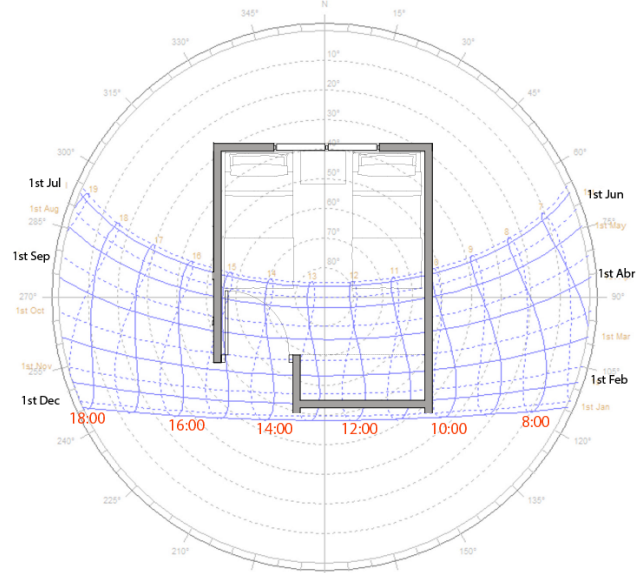


Figura 34. Recorrido del sol (Anual).
Fuente: Elaboración propia

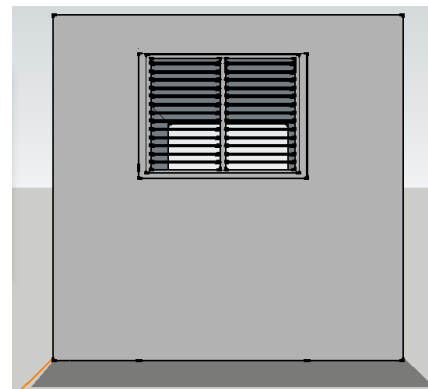


Figura 35. 15:00 hrs. Exterior. Altitud 57.2°,
Azimut -74.9° 21 de diciembre.
Fuente: Elaboración propia

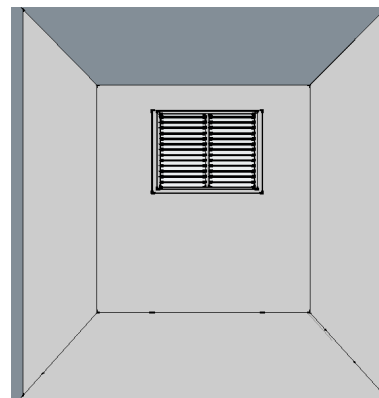


Figura 36. 11:00 hrs. Interior. Altitud 57.2°,
Azimut -74.9° 21 de diciembre.
Fuente: Elaboración propia

Incidencia Solar. Tipología 3.

Según el manual de Tropical Housing and Building¹², para las aberturas en orientaciones Este y Oeste se debe controlar el número y la dimensión de los huecos, deberán ser el mínimo necesario para la ventilación e iluminación de estancias interiores.

Caso 1. Dormitorio B. Fachada Sur y Este

Considerando que la fachada Sur tiene una incidencia solar alta durante todo el año y que la fachada Este recibe el sol de la mañana desde las 8:00 hrs hasta las 14:00 hrs (ver figura 38), esto hace que el dormitorio presente una condición desfavorable.

En cuanto a las aberturas, entendemos que en la fachada Este se pudiera eliminar un modulo de ventana y dejar las grandes aberturas a Sur, para permitir un mejor manejo de la ventilación y la iluminación del interior del dormitorio. Los huecos deben estar protegidos de la insolación y por las características geométricas de la incidencia solar las protecciones horizontales (voladizos, aleros) son poco efectivas en esta orientación, siendo preferible las protecciones verticales como lamas.

Para lograr los niveles de confort térmico y lumínico en el dormitorio B, se necesita proteger las ventanas, de manera que permitan la ventilación sin la entrada de la luz, para combatir el sobrecalentamiento de la estancia debido a que sus fachadas reciben insolación durante la mañana en la Este y durante la tarde en la Sur. Se debe disponer de protecciones que permitan proteger en invierno cuando el sol esta mas bajo y en verano donde aumentan las temperaturas.

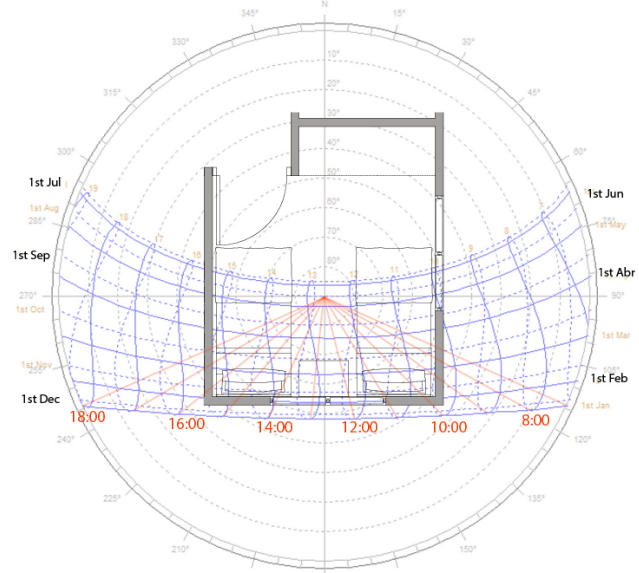


Figura 37. Recorrido del sol (Anual).
Fuente: Elaboración propia

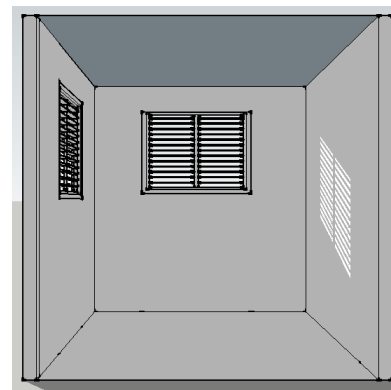


Figura 38. 12:00 hrs. Interior. Altitud 47.3°, Azimut -167.4° 21 de diciembre.
Fuente: Elaboración propia

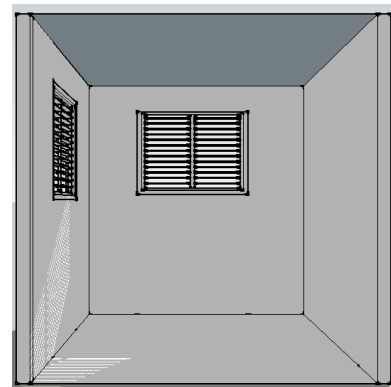


Figura 39. 16:00 hrs. Interior. Altitud 25.2°, Azimut -128.3° 21 de diciembre.
Fuente: Elaboración propia

¹² Koenigsberger, O. H., T. G. Ingersoll, A. Mayhew, and S. V. Szokolay. (1973).

Incidencia Solar. Tipología 3.

Según Wassouf¹³, las fachadas con orientaciones Este y Oeste reciben 2,5 mas radiación solar en verano que en invierno.

Caso 2. Dormitorio B. Fachada Este y Norte

En la fachada Norte el recorrido del sol es mas vertical y paralelo, por lo que solo recibe radiación solar indirecta durante todo el año, mientras la fachada Este recibe radiación solar directa todo el año en las mañanas (ver figura 41), esta situación mas las altas temperaturas de Santo Domingo, hacen que este dormitorio necesite una protección que permita proteger del soleamiento y permitir la entrada de aire al interior.

En cuanto a las aberturas, en la fachada Este se recomienda tener el tamaño mínimo de huecos que permitan la entrada de luz y la ventilación necesaria, debido a que en la fachada Norte pueden ser mas grandes para permitir una mayor entrada de luz y ventilación, ya que durante la noche, la dirección de los vientos provienen del Noreste (tierra-mar) y durante el día esta fachada no recibe el mismo nivel de radiación que la fachada Este.

En lo referente a las ventanas, queda claro que se debe hacer un cambio en el color para evitar el deslumbramiento en las estancias.

Entendemos que para lograr los niveles necesarios de confort térmico y lumínico del dormitorio se requiere de protecciones solares que permitan el control solar y ayuden a mantener una ventilación constante en el interior, sin tener que recurrir a climatizadores artificiales que implican un gasto energético.

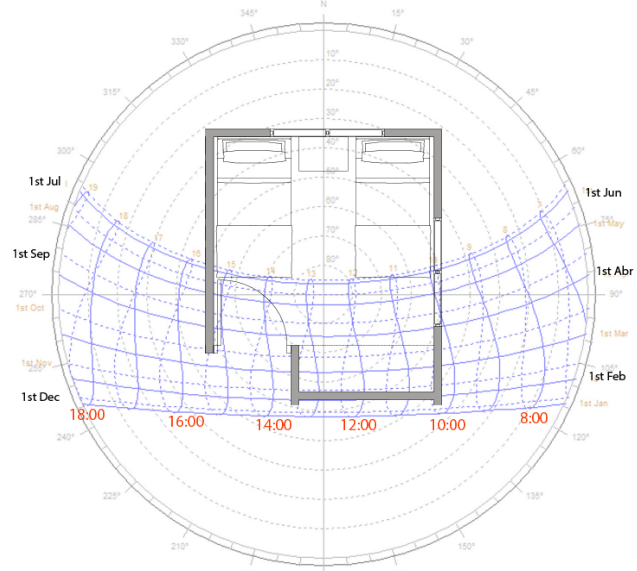


Figura 40. Recorrido del sol (Anual).
Fuente: Elaboración propia

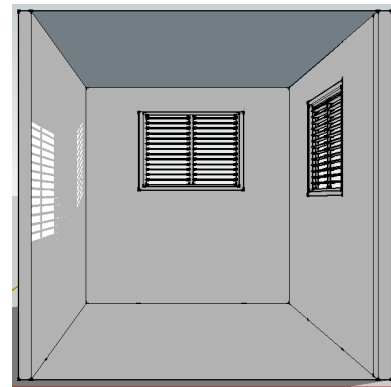


Figura 41. 8:00 hrs. Interior. Altitud 24.8°,
Azimut -72° 21 de junio.
Fuente: Elaboración propia

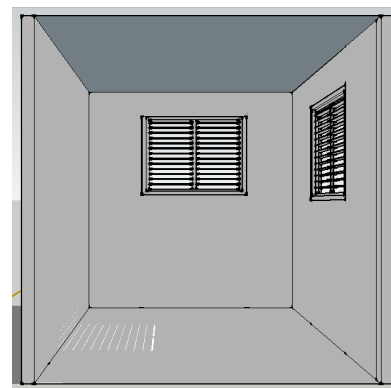


Figura 42. 11:00 hrs. Interior. Altitud 65.9°,
Azimut -73.3° 21 de junio.
Fuente: Elaboración propia

¹³ Wassouf, M. (2014).

5.2.5 Conclusiones Caso 1: La Barquita

Todas las tipologías estudiadas nos ayudan a confirmar la necesidad de protegerse del sol y su alta incidencia en las regiones tropicales, donde la necesidad de que se reconozca como estrategia de diseño, la adaptación a estas condiciones climáticas, como el control solar, seguido por el aprovechamiento de la ventilación e iluminación natural son soluciones pasivas que debe implementarse en el diseño de las viviendas sociales colectivas.

“Se dice que la principal estrategia de enfriamiento en climas cálidos es en definitiva el control solar, ya que de esta forma no tendrá que enfriarse aquello que no se ha calentado.”¹⁴

Luego de haber analizado las distintas aberturas se han desarrollado algunas conclusiones para el mejoramiento de las condiciones de las estancias.

-Aunque la fachada Norte solo recibe radiación solar indirecta, debe protegerse, para crear sombras que ayuden a controlar las temperaturas en el interior.

-Debido a los distintos ángulos del sol en las estaciones del año, entendemos que es necesario una protección solar móvil que pueda proteger tanto en invierno como en verano.

-La fachada Este se debe proteger pues recibe radiación solar directa en las mañanas todo el año al igual que la fachada Oeste que recibe radiación solar directa en las tardes coincidiendo con las horas más calientes del día.

-En las fachadas Norte y Sur, se recomienda hacer grandes aperturas para permitir la entrada de luz y la ventilación, considerando que los vientos en Santo Domingo son del Noreste durante la noche y Sureste durante el día.

-Se recomienda minimizar las aberturas en las fachadas Este y Oeste al mínimo necesario para iluminar y ventilar, debido a que reciben radiación solar directa en las mañanas y en las tardes respectivamente, esto más las altas temperaturas de Santo Domingo hace que se sobrecalienten las estancias.

-Entendemos que las ventanas correderas del balcón deben sustituirse por ventanas que permitan el paso del aire más del 50% de capacidad que tienen las correderas.

-Los elementos de seguridad y protección contra robos, pueden ser trabajados de manera que permitan proteger la vivienda sin sentirse encerrados, el hecho de que son elementos fijos los hace menos eficientes.

-Se recomienda cambiar el color de las ventanas para evitar el deslumbramiento, según Rafael Serra¹⁵, este deslumbramiento es producido porque el blanco refleja tanto la luz, que produce insolación -deslumbramiento- a pesar que no se tiene radiación directa, para que no se produzca este efecto, es importante utilizar colores no tan claros en las lamas o protecciones solares. En clima mediterráneo son casi siempre verdes o color madera y es

¹⁴ Olgyay, V. (1963).

¹⁵Serra, R. & Coch, H. (1995).

porque te deja pasar la luz con lo cual tienes una sensación de luminosidad en el interior, pero si miras hacia el hueco no te deslumbras.

Los resultados de esta investigación permiten diseñar protecciones solares más eficientes y económicas, así como optimizar las relaciones energético-ecológicas entre el ambiente construido y las condiciones locales al minimizar el acondicionamiento artificial y sus gastos. También contribuyen a mejorar el confort en el ambiente construido y utilizar la adecuación de la arquitectura al clima de la Isla.

5.3 Caso de estudio 2. Conjunto de Edificios Villa Progreso La Fe.

Este proyecto es concebido y subvencionado por el Estado dominicano a través del (INVI), destinado para personas de clase media baja, ubicado en el centro de la ciudad, entre las calles Juan Jose Duarte y Paraguay, en el ensanche La Fe. El proyecto esta compuesto por 5 edificios de 10 niveles cada uno, con 40 apartamentos, distribuidos en 4 viviendas por nivel, además de un edificio de parqueos (P) de 4 niveles con 200 estacionamientos.

Los apartamentos en planta baja son de 140 m² mientras los demás son de 150 m², cada apartamento tiene 3 habitaciones, 3 baños, balcón, sala-comedor, cocina, área de servicio.



Figura 43. Ubicación Villa Progreso La Fe, Santo Domingo Rep. Dominicana
Fuente: Elaboración propia.

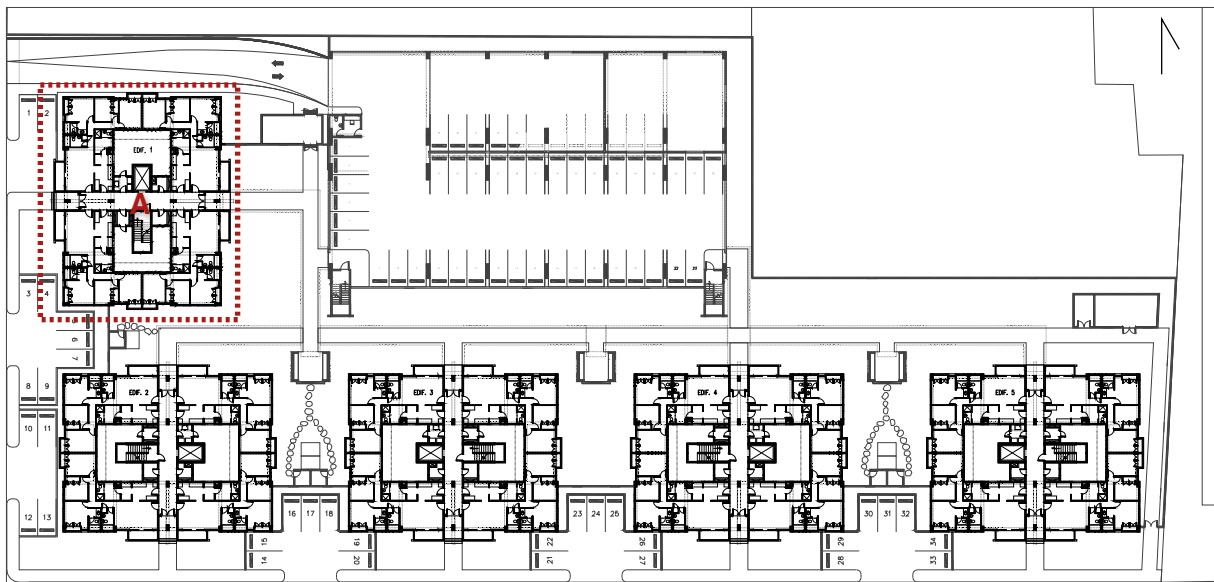


Figura 44. Planta de Conjunto, Villa Progreso La Fe, Santo Domingo.
Fuente: INVI

Los bloques de viviendas, están orientados en su mayoría con sus principales aberturas Norte-Sur, una orientación muy adecuado considerando que en climas cálidos es recomendado orientación según la dirección de los vientos, menos el bloque A que esta orientado con sus principales aberturas Este-Oeste, este bloque es el que tiene las orientaciones mas desfavorables en el proyecto, por lo que se ha seleccionado para este análisis.

5.3.1 Orientación

El conjunto de edificios con orientación bilateral, la cual según Olgyay¹⁶ (1998), es la tipología mas común de orientación, en la cual las estancias dan a direcciones opuestas, puede ser de 2 tipos “delante o detrás” o “delante y atrás”, en el caso que ambos lados pertenezcan a la misma vivienda. La tipología “delante o atrás” resulta inapropiada para las latitudes mas al sur como es el caso de Santo Domingo — estas deberían ser reemplazadas por edificaciones bilaterales del tipo “delante y atrás” donde una misma vivienda puede tener un mejor balance si una de sus orientaciones es mas favorable— debido a que de debe orientar según el recorrido del sol y los vientos.

Este gráfico nos indica las zonas del edificio donde habrá un sobre calentamiento, delimita el promedio anual de kwh/m2 y el periodo donde no se presenta un sobrecalentamiento que en este caso coincide con el promedio anual de kwh/m2.

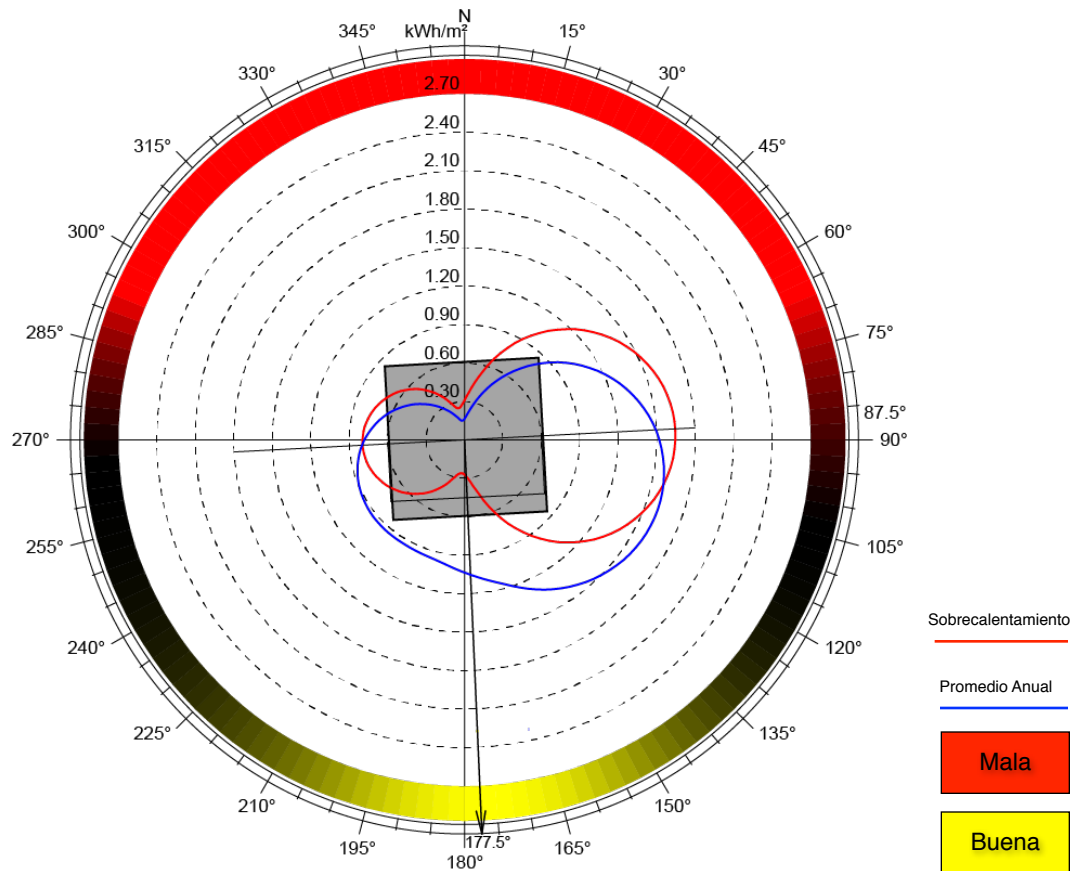


Figura 45. Orientación Óptima, Edificios Villa Progresso, Ensanche La Fe.

Fuente: Elaboración propia con Ecotect.

Vemos como en comparación con el caso 1, este edificio con una morfología cuadrada presenta mayores zonas de sobrecalentamiento.

¹⁶ Olgyay, V. (1963). p. 62.

5.3.2 Análisis

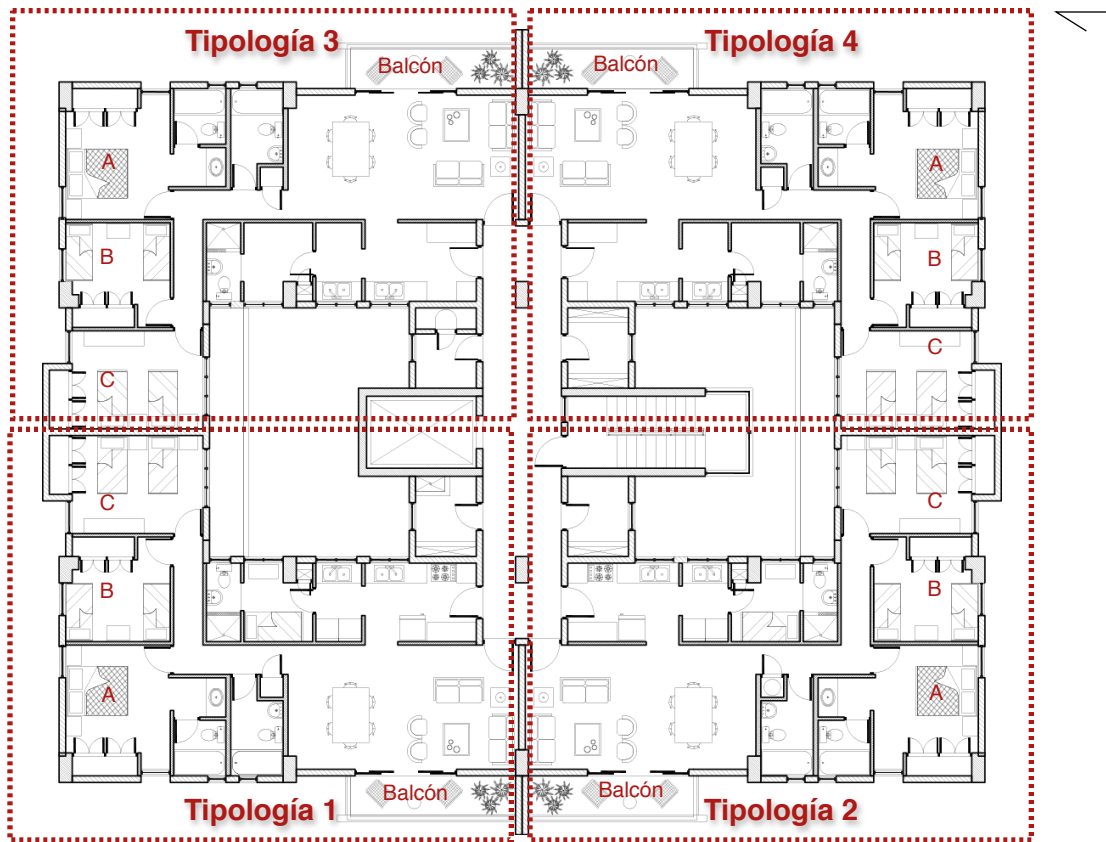


Figura 46. Planta Tipo Villa Progreso La Fe, Santo Domingo, Rep. Dominicana.
Fuente: INVI.

Es un edificio de mayor escala, en comparación con el Caso 1, con 10 niveles y 4 apartamentos por planta, con una forma cuadrada, que aumenta el riesgo de generar dificultades de ventilación e iluminación natural de los espacios interiores, al reducirse el contacto con el exterior, para lograr una mejor ventilación, cuenta con patios interiores. Es sorprendente como de todos los edificios es el único con una orientación diferente y no se le dio importancia a su orientación y lo que esta significaría para las incidencias solares generales del edificio.

De los trabajos de Olgay se puede sintetizar que la planta cuadrada no es la forma optima en climas cálidos-húmedos como el de Santo Domingo, en cuanto a la orientación, si ya la forma es desfavorable para climas cálidos, este bloque esta orientado en formato Norte-Sur con sus principales aberturas en el eje Este-Oeste.

En la tipología 1, el balcón esta en la fachada Oeste, recibe radiación solar directa en las horas mas calientes del día, de 16:00 a 18:00 hrs, por lo que se entiende que las estancias necesitan ayuda de ventiladores electrónicos o aire acondicionado para mejorar el confort térmico del interior, mientras el dormitorio A, esta orientado Oeste-Norte con huecos en ambas fachadas, el dormitorio B, esta orientado a Norte y el dormitorio C esta orientado a Norte y tiene aberturas hacia un patio interior.

La tipología 2, el balcón esta en la fachada Oeste también, El dormitorio A esta orientado Oeste-Sur, la fachada Sur a 10 m de distancia tiene otro bloque de viviendas que bloquea la entrada directa de radiación solar y los vientos del sureste, Los dormitorios B y C están orientado a Sur, con la diferencia que el C tiene un hueco de 1.80 m x 1.50 m hacia un hueco de ventilación.

La tipología 3, tiene el balcón en la fachada Este, por lo que recibe radiación solar directa toda la mañana de 8:00 a 13:00 hrs, el dormitorio A, esta orientado Este-Norte, con huecos en ambas fachadas, mientras que los dormitorios B y C esta orientados a Norte y el dormitorio C tiene aberturas a el patio de ventilación del edificio.

En la tipología 4, el balcón, esta orientado a Este, el dormitorio A, tiene huecos en las fachadas Este y Sur, en el lado Sur recibe sombra pues a 10 m se encuentra otro bloque de viviendas con las mismas características , por estar en la esquina recibe mayor corriente de aire que los demás dormitorios orientados a Sur.

Las fachadas principales Este y Oeste reciben radiación solar directa en las mañanas y en las tardes respectivamente, en ambas fachadas se encuentran los principales huecos de la vivienda, debido a esto las estancias presentan un sobrecalentamiento interior, que debe ser mejorado con protecciones solares que permitan controlar la entrada de radiación y grandes huecos que permitan la corriente de aire para mejorar las condiciones de confort térmico y lumínico de los espacios interiores.



Figura 47. Elevación Principal, Villa Progreso La Fe, Santo Domingo, Rep. Dominicana.
Fuente: INVI.

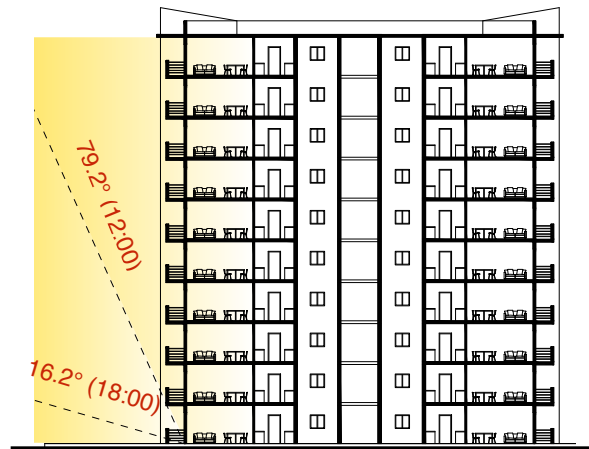


Figura 48. Angulos del sol en el solsticio de verano
Fuente: INVI.

5.3.3 Ventanas

En este proyecto se utilizaron ventanas correderas en la mayoría de las estancias, en el balcón se implementa una carpintería de aluminio de 3.70 x 2.50 m, compuesta por 4 paneles de 0.90 x 2.10 m y 2 paneles de ventanas fijas en la parte superior. Estas ventanas tienen la limitación, por ser correderas, que solo permiten el paso del aire un 50% de la capacidad del hueco y por no ser un vidrio protegido y de solo 4 mm de espesor, no protege el interior de la radiación solar directa que reciban.

En los dormitorios A y B, donde los huecos de ventana son de 1.00 x 1.50, compuesto por 2 correderas y un vidrio fijo en la parte superior, tomando en cuenta la capacidad de estas ventanas de permitir el paso del aire en solo un 50% y que la parte superior donde se encuentra el vidrio fijo solo sirve para el paso de la luz pues no sirve para ventilar, hace que estos dormitorios presentes condiciones desfavorables de sobrecalentamiento en el interior.

Los dormitorios C, tiene aberturas hacia un patio de ventilación, donde tienen un hueco de 1.80 x 1.50 m con celosías de vidrio templado como se puede ver en la figura 51, estas ventanas que no dan a exterior son de mayor tamaños que las correderas.

En cuanto a los cerramientos metálicos utilizados en los balcones de las fachadas Este y Oeste, con la intención de hacer mas segura la vivienda, en parte por tradición, pues en Santo Domingo se acostumbra a proteger las ventanas por seguridad, normalmente en edificaciones de no mas de 4 niveles. Por lo que en casos como este proyecto de 10 niveles, existe otras formas mas favorables de lograr el mismo objetivo de proteger sin ser tan agresivos.

Estos cerramientos al ser de tubos metálicos pintados de blanco deslumbran un poco y debido a su forma no permiten generar la sombra suficiente para proteger de la radiación solar directa recibida en el interior, por lo que termina siendo una sombra que estorba el espacio.

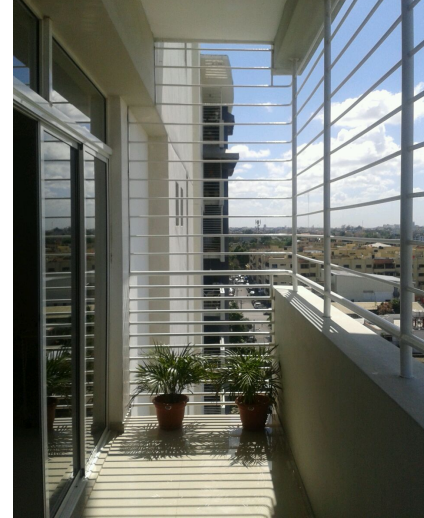


Figura 49. Interior del Balcón, Villa Progreso La Fe, Santo Domingo, Rep. Dominicana.
Fotografía propia



Figura 50. Correderas del Balcón, Villa Progreso La Fe, Santo Domingo, Rep. Dominicana.
Fotografía propia



Figura 51. Ventanas de Celosías de vidrio templado, orientadas a un patio de ventilación, Villa Progreso La Fe.
Fotografía propia

5.3.4 Incidencia Solar. Caso 2.

Tipología 1. Balcón. Fachada Oeste

Esta fachada recibe radiación solar directa durante la tarde, principalmente a partir de las 16:00 hrs hasta las 18:30, coincidiendo con las horas donde se tienen las temperaturas mas elevadas. En el verano donde se alcanzan temperaturas de 34°C y tomando en cuenta, que en las tardes el sol incide de manera directa en el balcón, aun con el cerramiento metálico de protección fijo, el cual no produce sombras significativas que permitan refrescar, los rayos solares entran a el interior del espacio, convirtiéndolo en una zona muy caliente durante las tardes e inhabitable, pues el sol de la tarde tiene ángulos muy bajos y entra con facilidad mas aun cuando no se tienen protecciones solares exteriores.

El hueco del balcón, esta compuesto por 4 paneles corredizos con un vidrio sencillo de 4 mm y 2 paneles fijos en la parte superior, los cuales sirven únicamente para permitir la entrada de luz. Seria ideal que los paneles fijos de la parte superior se pudieran abrir y permitir la salida del aire caliente contenido en el interior.

Luego tenemos el cerramiento metálico de protección fijo, el cual produce sensación de encerramiento, aparte de que, no genera una sombra suficiente como para proteger de los rayos solares que entran a el interior del espacio.

Comprendemos que el uso de ventanas correderas sin la implementación de vidrios especiales, de baja emisividad por ejemplo, no son la opción mas adecuada para las aberturas orientadas a Oeste debido a que no protegen de la radiación solar directa, lo que se traduce a un sobrecalentamiento del espacio. Para hacer mas habitable el balcón y la sala es necesaria la implementación de protecciones solares en el exterior para poder controlar la entrada de radiación solar.

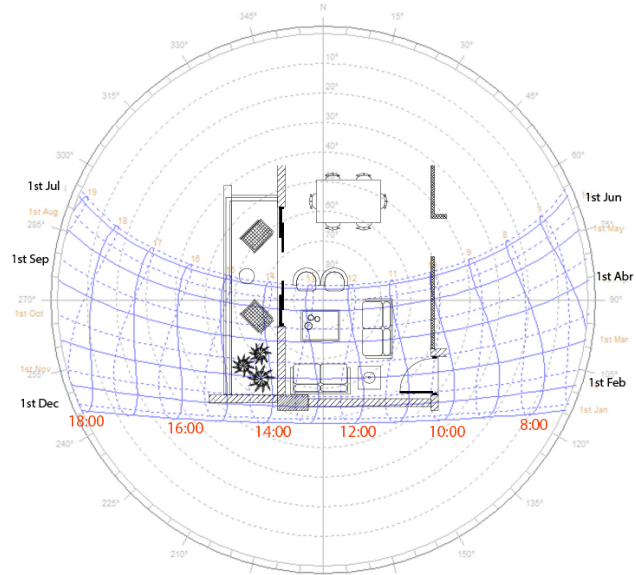


Figura 52. Recorrido del sol (Anual).
Fuente: Elaboración propia

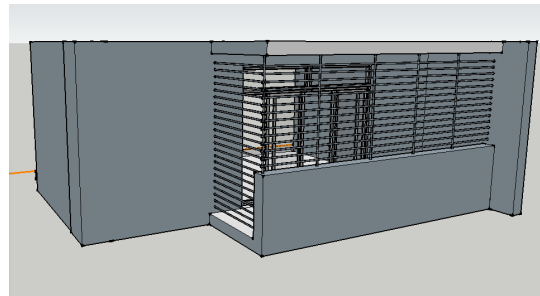


Figura 53. 11:00 hrs. Exterior. Altitud 65.9°, Azimut 73.3° 21 de junio.
Fuente: Elaboración propia

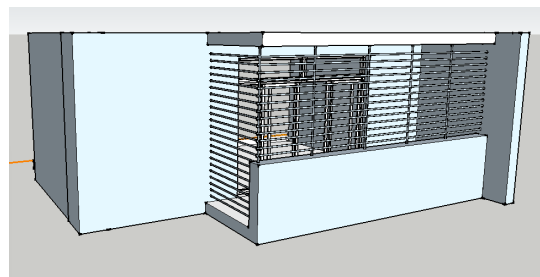


Figura 54. 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.1° 21 de junio.
Fuente: Elaboración propia

Incidencia Solar. Caso 2.

En regiones cálidas-húmedas el movimiento del aire constituye el elemento principal para alcanzar el confort térmico necesario. Los emplazamientos mas adecuados son aquellos que están situados en áreas expuestas a corrientes de aire.

Tipología 1. Dormitorio A. Fachada Oeste-Norte

Este dormitorio tiene aberturas expuestas a Oeste y Norte. El hueco a Oeste presenta una situación desfavorable, consecuencia de su orientación y que no presenta ninguna tipo de protección contra la radiación solar directa recibida a partir de las 15:00 hrs hasta las 18:30 hrs. Lo cual sobrecalienta la estancia para la noche y hace que se requieran ventiladores o sistemas de aire acondicionado, lo implica un mayor consumo energético de la vivienda. Una solución a esto es crear mayores aberturas en la fachada norte.

Las ventanas utilizadas son correderas con un vidrio simple de 4 mm con una capacidad de abertura del 50% ya que no son ventanas practicables y en la parte superior se encuentra un vidrio fijo, con la única función de permitir la entrada de luz natural.

Tomando en cuenta, que la búsqueda del movimiento del aire es importante en este tipo de clima, entendemos que seria mas beneficioso para este dormitorio, si el vidrio fijo superior pudiera ser abatible y así, permitir el paso del aire o mejor aun, ayudar la salida del aire caliente del interior. Se considera que el uso de correderas sin características especiales (baja emisividad, con filtros solares, etc) no ayudan contra la radiación solar directa recibida y bloquean gran parte de la corriente de aire deseada y sin el uso adecuado de protecciones solares exteriores no hay forma de protegerse del sol.

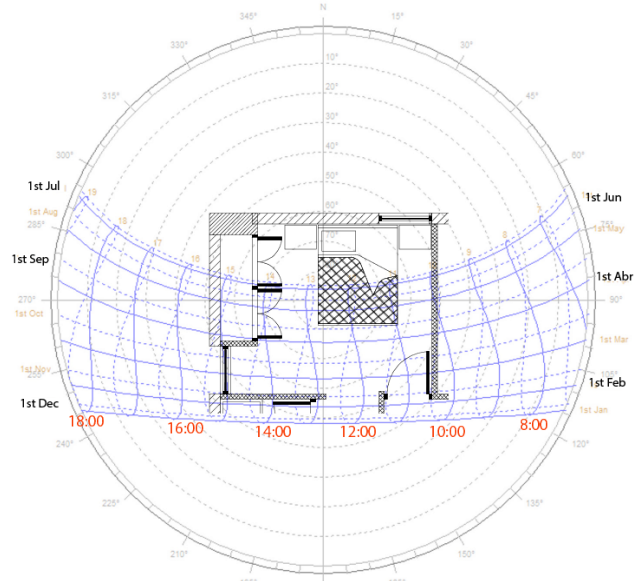


Figura 55. Recorrido del sol (Anual).
Fuente: Elaboración propia

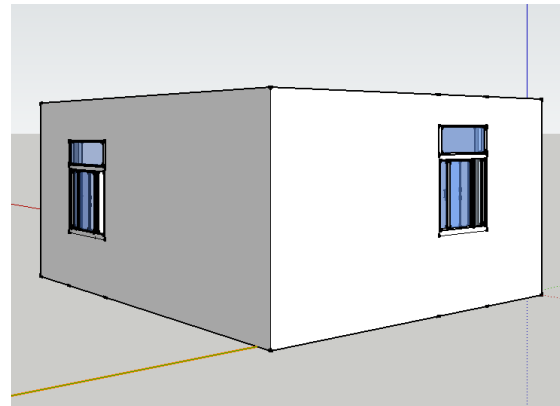


Figura 56. 16:00 hrs. Exterior. Altitud 43.4°, Azimut -74.7° 21 de Junio.
Fuente: Elaboración propia

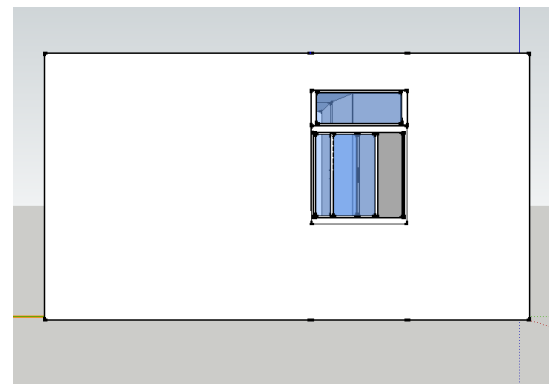


Figura 57. 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.10° 21 de Junio.
Fuente: Elaboración propia

Incidencia Solar. Caso 2.

Una de las ventajas que tiene este proyecto, es el hecho de que los edificios tienen 10 niveles (30 m) de altura y se encuentran en una zona de baja densidad por lo que existe una buena corriente de aire que ayuda bastante a mejorar las sensaciones de calor producidas por el exceso de radiación en las fachadas.

Tipología 1. Dormitorio C. Fachada Norte-Patio Interior

La fachada Norte recibe radiación solar indirecta durante todo el año, lo que crea una iluminación muy uniforme pero con un nivel más bajo, pues el recorrido del sol es más vertical y paralelo.

En cuanto a las aberturas, la distribución de este dormitorio resulta alarmante, tenemos una ventana corredera de 1.00 x 1.50 m en la fachada Norte y en la fachada Sur que da a un patio de ventilación tenemos 3 paneles de celosías de vidrio de 0.60 x 1.50 m, un hueco de mayor tamaño que el expuesto a exterior.

En la fachada Norte, los huecos pueden ser de mayores dimensiones para permitir una mejor entrada de luz y ventilación, ya que durante la noche, la dirección de los vientos provienen del noreste (tierra-mar).

En lo referente a las ventanas, estas no pueden proteger de los rayos del sol, pues utilizan vidrios simples, por lo que el uso de protecciones solares exteriores ayudaría bastante a mejorar las condiciones de confort térmico y lumínico del interior sin tener que recurrir a climatizadores artificiales que implican un gasto energético.

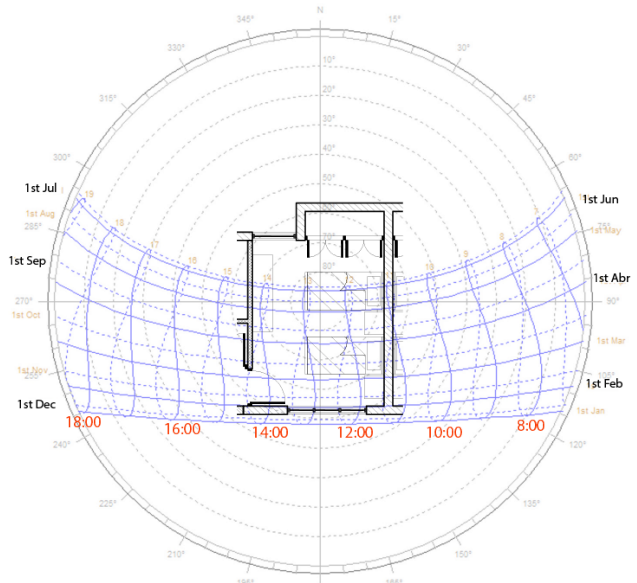


Figura 58. Recorrido del sol (Anual).

Fuente: Elaboración propia

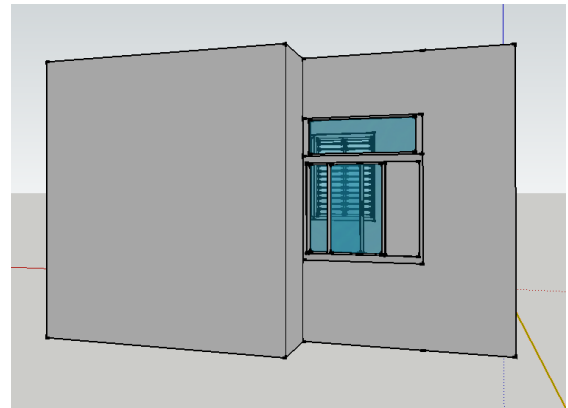


Figura 59. 16:00 hrs. Exterior. Altitud 43.4°, Azimut -74.7° 21 de Junio.

Fuente: Elaboración propia

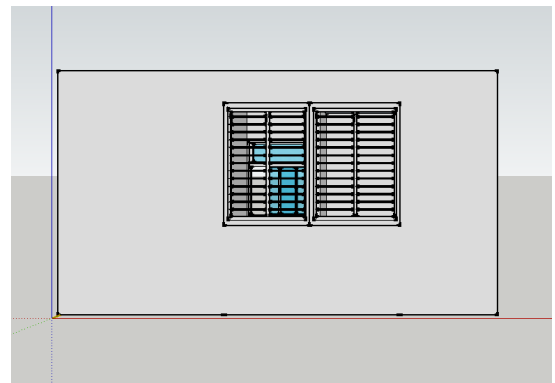


Figura 60. 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.10° 21 de Junio.

Fuente: Elaboración propia

Incidencia Solar. Caso 2.

Tipología 2. Dormitorio A. Fachada Oeste-Sur*

Este dormitorio tiene aberturas expuestas a Oeste y Sur. En la fachada sur tenemos otro bloque de viviendas a una distancia de 10 m, por lo que entrada de radiación solar y ventilación esta limitada, aun así, es el hueco a Oeste que presenta una situación mas desfavorable, consecuencia de su orientación y que no presenta ninguna tipo de protección contra la radiación solar directa recibida a partir de las 15:00 hrs hasta las 18:30 hrs coincidiendo con las horas mas calientes del día.

El sistema de ventanas correderas no es el mas correcto cuando tenemos una necesidad constante de ventilar las estancias y el vidrio fijo en la parte superior debería poder abrirse, para que el usuario tengo un mayor control sobre el manejo del hueco.

En cuanto a la ventilación, este dormitorio tiene una ventilación cruzada, gracias a los huecos en las fachadas Oeste y Sur, aunque no estén orientados en la dirección de los vientos predominantes, el hecho de que es un edificio en altura ayuda a que mantenga una corriente de aire continua.

El confort térmico y lumínico de este dormitorio depende del uso adecuado de protecciones solares exteriores principalmente en la fachada Oeste que tiene una alta incidencia solar en horas de la tarde, lo cual sobrecalienta la estancia para la noche y hace que se requieran ventiladores o sistemas de aire acondicionado, lo implica un mayor consumo energético de la vivienda.

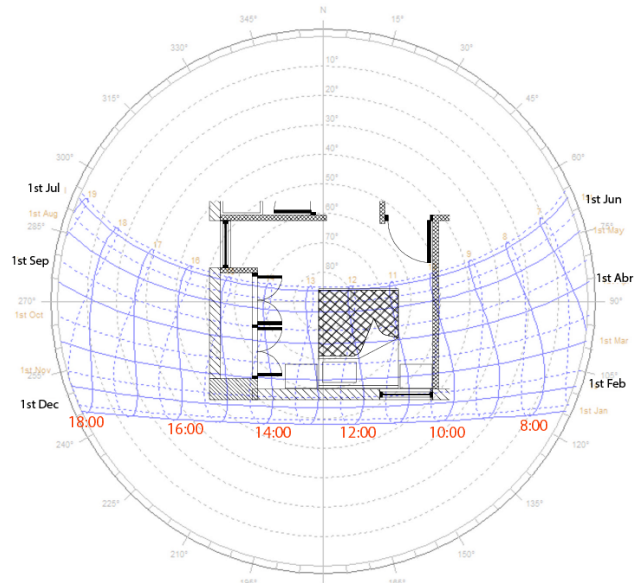


Figura 61. Recorrido del sol (Anual).
Fuente: Elaboración propia

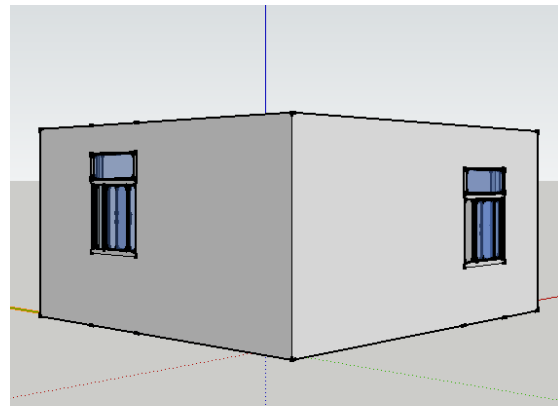


Figura 62. 12:00 hrs. Exterior. Altitud 79.2°, Azimut 59.9° 21 de Junio.
Fuente: Elaboración propia

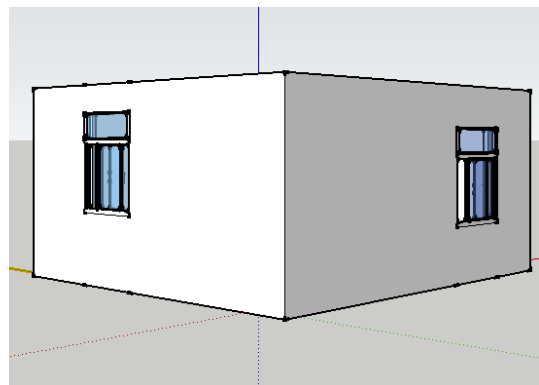


Figura 63. 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.10° 21 de Junio.
Fuente: Elaboración propia

Incidencia Solar. Caso 2.

En las regiones cálidas-húmedas se producen simultáneamente fuertes lluvias, alta humedad y alta radiación solar por lo que los componentes críticos del bienestar son la sombra y la máxima ventilación.

Tipología 2. Dormitorio C. Fachada Sur-Patio Interior

La fachada Sur tiene una incidencia solar alta, por lo que es importante poder controlar la entrada de la radiación solar a el interior del dormitorio, además, con las altas temperaturas presentes todo el año en Santo Domingo, principalmente en verano donde alcanzamos 34°C, es muy importante poder protegerse del sol, con el uso de protecciones que generen sombra.

En cuanto a las aberturas, la distribución de este dormitorio, ya analizado anteriormente, en la tipología 1 con orientación Norte, resulta ilógico, tener aberturas de mayor tamaño en el patio de ventilación que al exterior donde se tiene un mejor aprovechamiento de las corrientes de aire y l radiación solar recibida en la fachada Sur.

En la fachada Sur, los huecos pueden ser de mayores dimensiones para permitir una mejor entrada de luz y ventilación, ya que durante la noche, la dirección de los vientos provienen del noreste (tierra-mar).

En lo referente a las ventanas, estas correderas no son tan eficientes, no pueden proteger de los rayos del sol, pues utilizan vidrios simples, complican el paso del aire, mas que el panel en la parte superior es fijo. Entonces para mejorar las condiciones de confort térmico y lumínico del interior sin tener que recurrir a climatizadores artificiales que implican un gasto energético, se necesitan protecciones solares exteriores que regulen la entrada de los rayos solares.

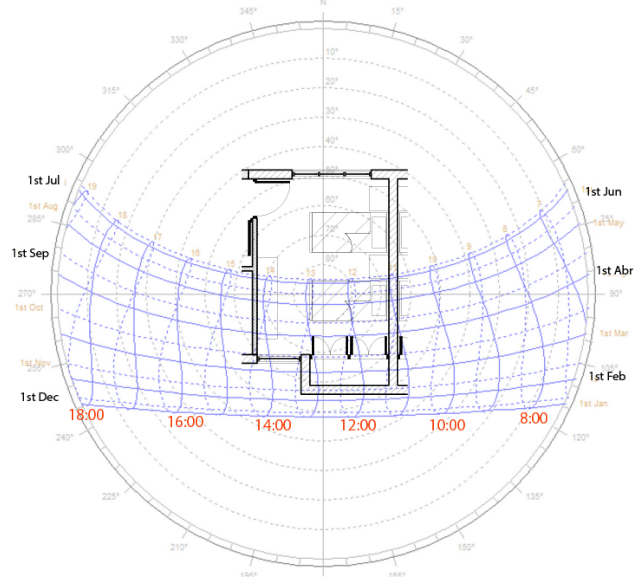


Figura 64. Recorrido del sol (Anual).
Fuente: Elaboración propia

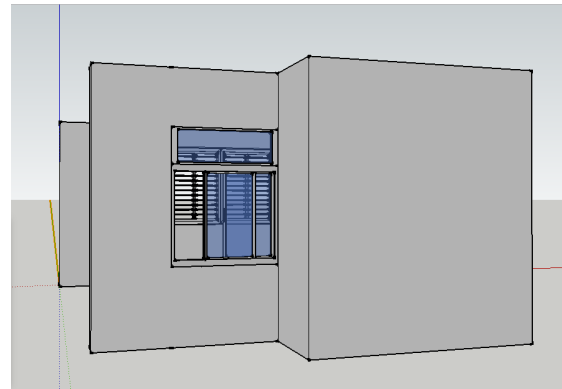


Figura 65. 12:00 hrs. Exterior. Altitud 79.2°, Azimut 59.9° 21 de Junio.
Fuente: Elaboración propia

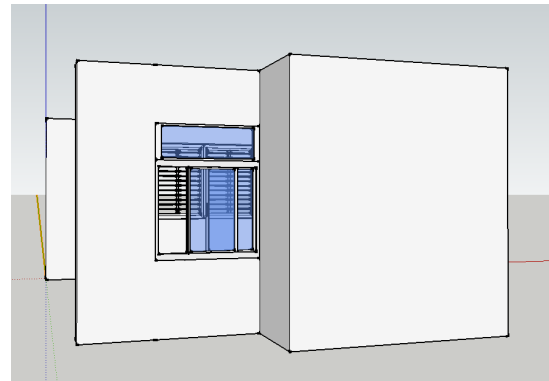


Figura 66. 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.10° 21 de Junio.
Fuente: Elaboración propia

Incidencia Solar. Caso 2.

Las caras Este y Oeste reciben mayor radiación solar que las demás orientaciones, donde los rayos inciden mas oblicuamente, estas fachadas son mas calientes en verano y mas frías en invierno, que las fachadas Sur, Sureste y Suroeste. En el caso de Santo Domingo seguirían siendo calientes en invierno pero con una menor intensidad en comparación al verano.

Tipología 3. Balcón. Fachada Este

Esta fachada recibe radiación directa desde las 8:00 hrs hasta las 13:00 hrs, esto hace que se calienten las zona de balcón, sala/comedor directamente en las mañanas, pues no tiene protecciones solares que controlen la entrada de radiación solar directa.

Normalmente las primeras horas del día, se caracterizan por ser mas frescas, en esta tipología, sin las protecciones solares tenemos mañanas calientes, que empeoran durante el transcurso del día, mientras van subiendo las temperaturas, principalmente en verano cuando se alcanzan los 34°C.

En cuanto a las ventanas, entendemos que no son las mas adecuadas, principalmente cuando hablamos de fachadas que tienen una alta incidencia solar en un periodo de tiempo, pues la mejor solución pasiva al sobrecalentamiento de las estancias, es mantener una circulación de aire continua en el interior de la vivienda, lo cual se complica cuando tienes ventanas que solo permiten ventilar el 50% del tamaño del hueco y si agregamos el hecho de que en la parte superior tenemos paneles de vidrio fijos cuya única función es el paso de la luz, vemos como no es el tipo de ventana mas favorable para conseguir un mejoramiento en el confort climático y lumínico de esta tipología.

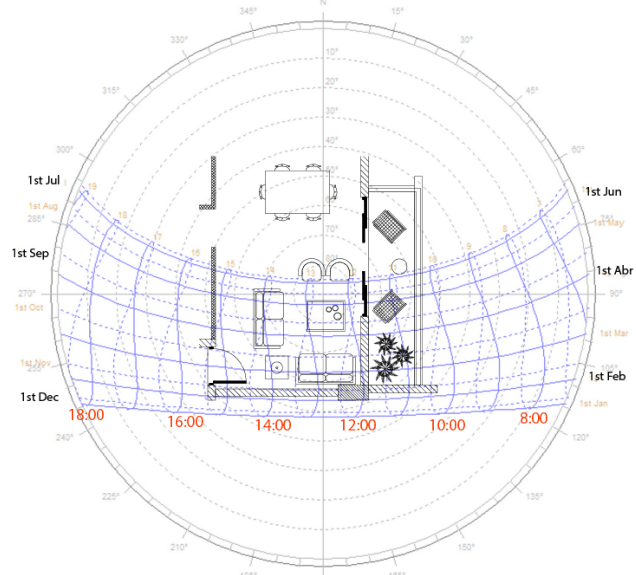


Figura 67. Recorrido del sol (Anual).
Fuente: Elaboración propia

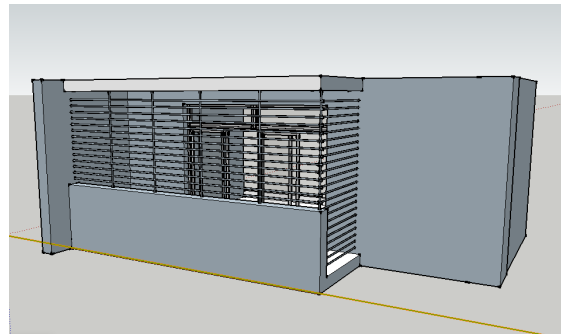


Figura 68. 12:00 hrs. Exterior. Altitud 79.2°, Azimut 59.9° 21 de Junio.
Fuente: Elaboración propia

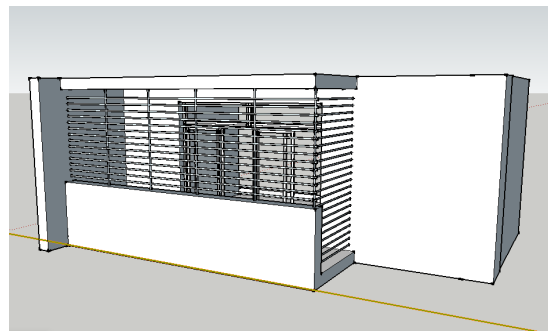


Figura 69. 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.10° 21 de Junio.
Fuente: Elaboración propia

Incidencia Solar. Caso 2.

Uno de los problemas de los climas cálidos-húmedos según Konya¹⁷, es eliminar no solo el calor de radiación sin también el resol, pero, al mismo tiempo, dejando pasar suficiente luz.

Tipología 3. Dormitorio A. Fachada Este-Norte

Esta tipología presenta el problema de que una de sus aberturas esta orientada a Este, esta fachada recibe radiación solar directa durante toda la mañana desde las 8:00 hrs hasta las 13:00 hrs, calentando el dormitorio, este calor se mantiene debido a que después de las 13:00 hrs aunque ninguna de las fachadas de este dormitorio recibe radiación empiezan a subir las temperaturas.

En casos como este debemos recurrir a la ventilación, esta tipología de dormitorio tiene la ventaja de tener huecos en cada fachada, pero las ventanas utilizadas son correderas, que significa que no permiten ventilar todo el tamaño del hueco, mas el hecho de que tienen un panel fijo de vidrio en la parte superior que debería poder ser practicable. Gracias a la abertura en la fachada Norte se facilita lograr una mayor ventilación, pues los vientos predominantes durante el día vienen del Noreste.

A esta situación de sobrecalentamiento y necesidad de ventilación constante, debemos sumar la protección contra la radiación solar indirecta y la necesidad de sombra que presentan los edificios en climas como el de Santo Domingo, principalmente en la ventana de la fachada Este, que es la responsable del calentamiento de este dormitorio durante el día.

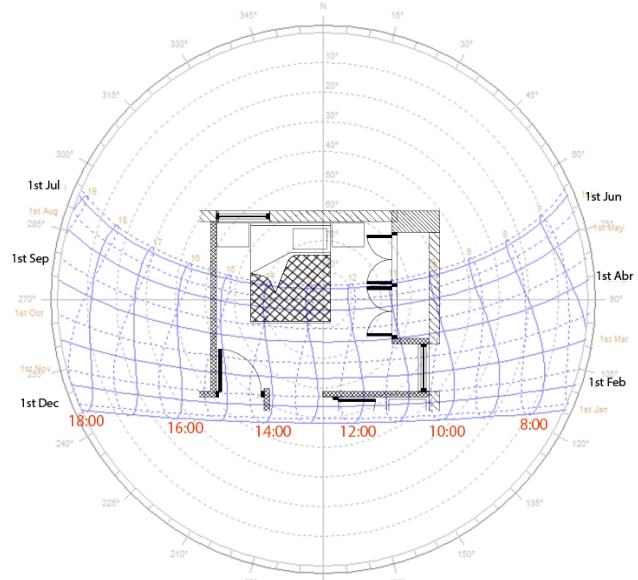


Figura 70. Recorrido del sol (Anual).

Fuente: Elaboración propia

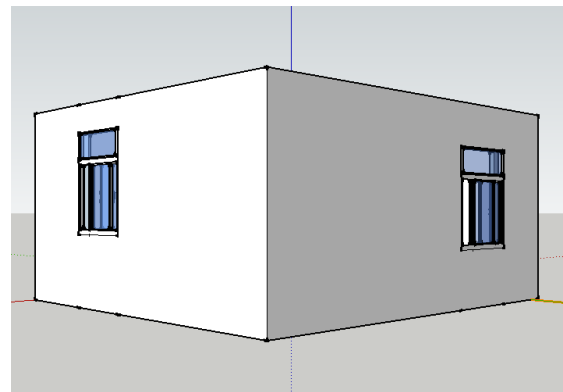


Figura 71. 12:00 hrs. Exterior. Altitud 79.2°, Azimut 59.9° 21 de Junio.

Fuente: Elaboración propia

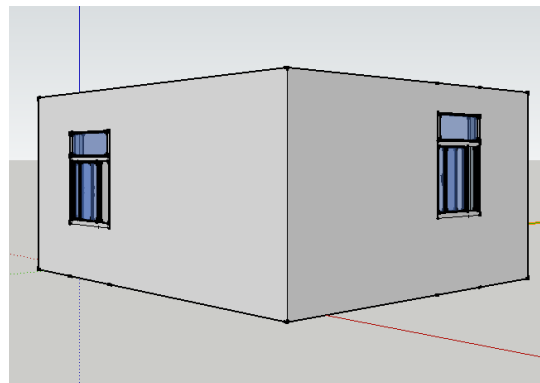


Figura 72. 16:00 hrs. Exterior. Altitud 43.4°, Azimut -74.7° 21 de Junio.

Fuente: Elaboración propia

¹⁷ Konya, A. (1981).

Incidencia Solar. Caso 2.

Existen distintos métodos para proteger las ventanas de la incidencia solar, a la hora de analizar los requisitos en cuanto a los elementos de sombra se debe considerar por separado cada fachada para que el control de la radiación solar sea mas efectivo.

Tipología 4. Dormitorio A. Fachada Este-Sur*

La fachada Este tiene como característica principal el hecho que recibe radiación solar directa durante las mañanas desde las 7:30 hrs hasta las 12:00 hrs y la fachada Sur en las tardes, pero en este caso, en la fachada Sur de este bloque de edificios tenemos a 10 m de distancia otro bloque de viviendas igual a el que estamos analizando. Por lo que la incidencia solar no será igual y se mantendrá en sombra la mayor parte del día.

En esta tipología la fachada a proteger es la Este, pues es la que tiene una alta incidencia solar y es el hueco en esta fachada el que debe encargarse de mantener el espacio ventilado ya que en la fachada Sur tenemos otro bloque que impide la entrada de luz y complica la ventilación. En casos como este se recomienda tener los huecos principales en la fachada Este. Por lo que es necesario una protección solar flexible que permita proteger las mañanas de la entrada del sol y en las tardes mantener una ventilación constante en el dormitorio para que este no se sobrecaliente.

En lo que se refiere a las ventanas, entendemos que el tipo utilizado en este proyecto no es el mas favorable, celosías o ventanas practicables permiten un mejor aprovechamiento del hueco el cual debe permitir el flujo continuo de aire en el interior de las estancias para mantener las temperaturas de confort térmico necesarias.

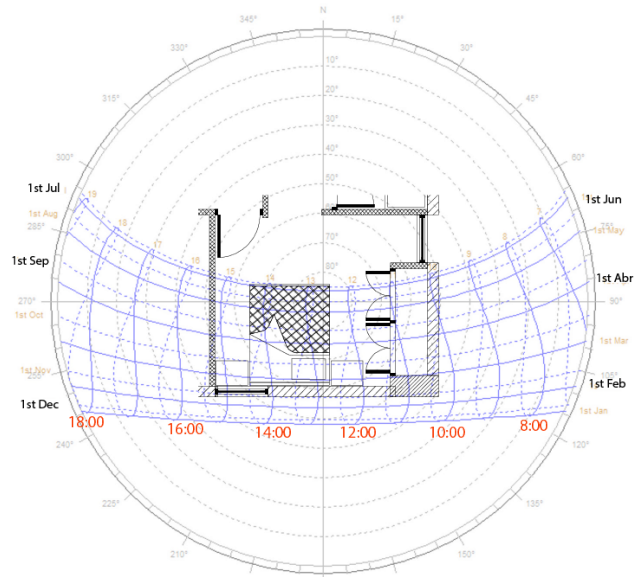


Figura 73. Recorrido del sol (Anual).
Fuente: Elaboración propia

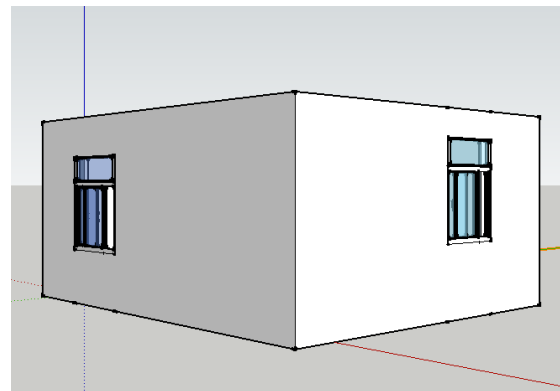


Figura 74. 7:30 hrs. Exterior. Altitud 18.1°, Azimut 70.6° 21 de Junio.
Fuente: Elaboración propia

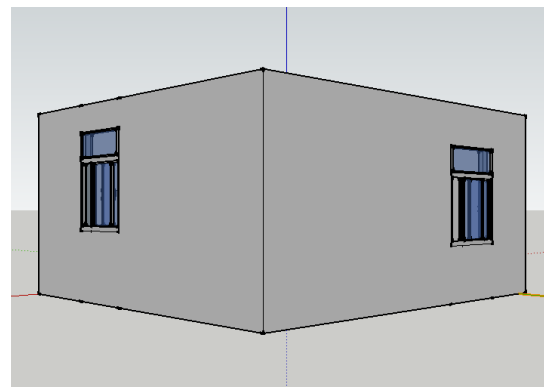


Figura 75. 15:00 hrs. Exterior. Altitud 57.2°, Azimut -74.9° 21 de Junio.
Fuente: Elaboración propia

5.4 Conclusiones Villa Progreso, Ensanche La Fe.

El ambiente cálido-húmedo, señala la necesidad de sombra, eliminación de la radiación en las fachadas Este, Oeste y en la necesidad de aprovechar cualquier movimiento del aire. Esto sugiere una forma alargada para el edificio. Pero si se pueden poner elementos de sombra, se puede tener una considerable libertad en las posibles formas del edificio y en la orientación, para aprovechar los vientos dominantes.

Con esta idea empezamos las conclusiones de este proyecto pues parte de una forma compacta, densificada, distribuida en sus 10 niveles (30 m) de altura.

-Este proyecto cuenta con 5 bloques de edificios en su mayoría orientados Norte-Sur, menos el bloque A el cual esta orientado con sus fachada principales en Este-Oeste, entendemos que como este bloque tiene una orientación muy desfavorable, se debieron incorporar elementos de protección solar para conseguir los niveles de confort térmico y lumínicos adecuados en las viviendas.

-La Fachada Oeste del bloque A, recibe radiación solar directa en las horas mas calientes del día, a partir de las 15:00 hrs, donde se encuentra el balcón, sala/comedor y dormitorio A de las tipologías 1 y 2, estos espacios no tienen elementos de control solar que son necesarios para evitar el sobrecalentamiento de las estancias, donde los usuarios optan por climatizadores y ventiladores eléctricos que se traducen a un mayor consumo energético.

-Lo mismo sucede en la fachada Este, que recibe radiación solar directa en las mañanas a partir de las 7:30 hrs hasta las 12:00 hrs, donde se encuentran las tipologías 3 y 4, en verano con las altas temperaturas estas estancias en las mañanas se sobrecalientan y este calor queda acumulado durante el día.

-La fachada Sur tiene una situación especial, pues tiene otro edificio a 10 m de distancia el cual interrumpe la incidencia solar en esta fachada, que pasa a estar en sombra la mayor parte del día. Lo interesante de esta situación es utilizar las aberturas en esta fachada como la entrada principal de ventilación para mejoras las condiciones interiores.

-Aunque la fachada Norte no recibe radiación solar directa, debe protegerse, pues en regiones cálidas la búsqueda de sombra es prioridad, debido a que ayuda a bajar las temperaturas en el interior de los edificios.

-Los elementos de seguridad y protección contra intrusos, cuando hablamos en edificios de 30 m de altura, no pueden ser iguales a los tradicionalmente utilizados en edificios de menor altura, por lo que creemos que las protecciones solares, que ya son necesarias en los balcones pueden servir al mismo tiempo como elementos de protección y seguridad.

-En cuanto a las ventanas, consideramos que para resistir el clima de Santo Domingo es necesario una constante corriente de aire, el uso de ventanas correderas no es favorable, debido a que no permiten ventilar el tamaño total del hueco, para esto es mas recomendable ventanas practicable o celosías, que permitan una mayor entrada de aire. Es interesante agregar un panel superior que permita una mayor entrada de luz pero es aun mas importante permitir que este panel sea practicable y no fijo, como lo es actualmente.

-Las protecciones solares son necesarias en todas las fachadas, pero queda claro que en cada orientación deben analizarse los ángulos del sol, pues los elementos de protección no pueden ser genéricos, deben tener la capacidad de adaptarse a los requerimientos en cada orientación.

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN SOLAR.

6.1 Criterios De Diseño

6.2 Estudio Dimensionamiento De Aleros. Caso 1

6.3 Justificación De La Propuesta. Caso 1

6.4 Propuesta Sistema De Protección Solar. Caso 1, La Barquita.

6.4.1 Balcón.

6.4.2 Ventana (Dormitorios)

6.4.3 Imágenes 3D

6.6 Estudio Aleros, Caso 2: Villa Progreso.

6.7 Justificación De La Propuesta. Caso 2

6.8 Propuesta Sistema De Protección Solar. Caso 2: Villa Progreso.

6.8.1 Balcón

6.8.2 Ventana (Dormitorios)

6.8.3 Imágenes 3D

6.1 Criterios de diseño

En cuanto a la selección de un sistema de protección que permita garantizar el manejo correcto de los huecos de la vivienda, considerando como criterio principal proteger de la radiación solar, se tomaron algunas consideraciones que durante el análisis de los diferentes casos de estudio se convirtieron en necesidades que debe aportar el sistema para el mejoramiento de las condiciones de confort térmico y lumínico de las viviendas.

La protección debe:

-Mantener en sombra el hueco durante todo el día y prácticamente todo el año, tomando en cuenta que las temperaturas de la ciudad están fuera del rango de confort y presentan variaciones mínimas de temperatura en invierno y verano.

-Permitir una constante corriente de aire durante las horas más calientes del día, tanto en verano como en invierno, debido a que en climas cálidos-húmedos la constante corriente de aire es un factor clave como solución pasiva a las altas temperaturas en el interior de las viviendas.

-Posibilidad de ser elementos de protección solar adaptables a la incidencia solar de verano y de invierno, cuando el sol está más bajo. A parte de que resultan más amigables con el usuario pues este tiene la oportunidad de ajustarlo a su conveniencia.

-Considerar un sistema de elementos de protección solar que no bloquee las visuales de manera tal que los espacios se sientan encerrados.

-Servir como elementos de seguridad contra intrusos.

-Ser un sistema que tenga la capacidad de ser adaptable a diferentes tipos de edificaciones residenciales.

-Económico y duradero pues está enfocado a mejorar las condiciones de la vivienda social colectiva.

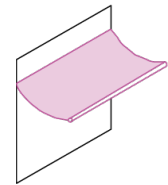
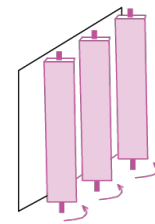
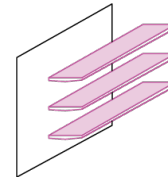
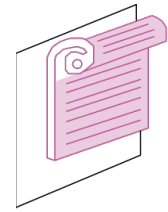


Figura 76. Elementos de Protección Solar Móvil
Fuente: Lechner, N. (2014).

6.2 Estudio Dimensión de Aleros

Se estudiaron la dimensión de los aleros con relación a la sombra que se desea proyectar en las fachadas, analizando en el solsticio de verano (21 de junio) figura y de invierno (21 diciembre) ver figuras 82 y 83. La forma de obtener la longitud del alero a proyectar, en cualquier época del año, se obtiene multiplicando la longitud de sombra deseada, que en este caso sería la altura del hueco, por el factor de protección solar (ps). Este factor se obtiene mediante el estudio del ángulo solar en la latitud y longitud donde se encuentre ubicado el proyecto.

$$\text{Longitud Alero} = \frac{\text{Altura de la Ventana} \times \text{Factor PS}}{\text{Factor PS}}$$

El factor PS, es la relación de longitud que tiene el alero con la altura de la ventana, según el ángulo solar.

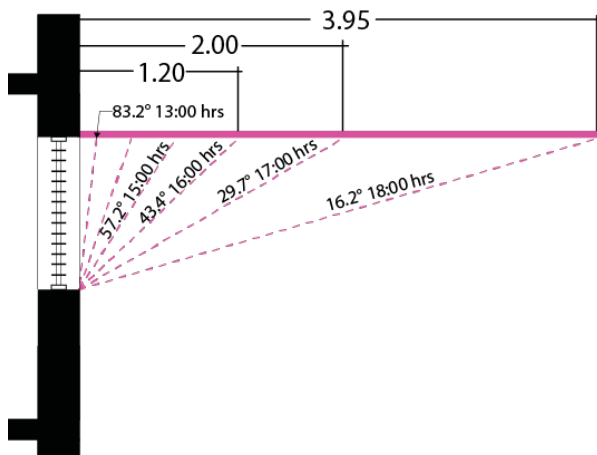


Figura 77. Dimensión de Aleros (Verano)
Fuente: Elaboración Propia

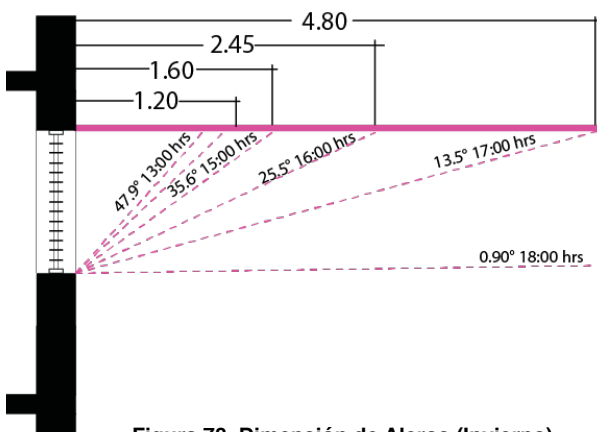


Figura 78. Dimensión de Aleros (Invierno)
Fuente: Elaboración Propia

Caso 1 (La Barquita, pags. 24-36).

Se analizaron los tamaños de aleros necesarios para proteger durante todo el día el hueco en verano, como se puede ver en la figura x. Para proteger la ventana hasta las 18:00 hrs se requiere un alero de 3.95 mt. Para proteger hasta las 17:00 hrs se necesita un alero de 2.01 mt y para proteger hasta las 16:00hrs debemos utilizar un alero de 1.21 mt, tomando en cuenta que las ventanas de las estancias son celosías practicables (ver pag. 27) entendemos que complementar con un alero fijo permitiría mantener en sombra el hueco durante casi todo el día, luego a partir de las 16:00 hrs se debe auxiliar con las celosías practicables ya existentes para evitar la entrada de radiación solar en el interior de los espacios.

En invierno se utiliza el mismo sistema solo que por la baja inclinación del sol para poder proteger hasta las 16:00 hrs se necesita un alero de 2.44 mt, si utilizamos las dimensiones del alero para verano, se protege hasta las 14:30 aproximadamente, a partir de esta hora se deberá auxiliar con las celosías practicables ya existentes. Así conseguimos mantener el hueco en sombra durante todo el día, evitando el sobrecalentamiento de la vivienda, esto se traduce a un menor consumo energético, debido a que no sean necesarios climatizadores eléctricos en estas horas.

6.3 Justificación de la Propuesta. Caso 1. La Barquita.

La situación actual de los huecos del caso de estudio 1: La Barquita, no logra mejorar las condiciones de confort en el interior de la vivienda, al contrario le resta cualidades al espacio, limita la iluminación natural y las visuales.

A partir de unos criterios de diseño planteados en base a el análisis realizado sobre la incidencia solar en las diferentes tipologías, buscamos cumplir con unos requisitos que van enfocados a la mejora de las condiciones de confort térmico y lumínico.

Uno de estos criterios básicos es la necesidad de generar una constante corriente de aire, debido a que es un factor clave como solución pasiva a las altas temperaturas en el interior de las viviendas.

La ventana corredera supone una limitante pues siempre queda un panel que impide la entrada de la corriente de aire al interior, por lo que se decide modificar la carpintería existente por unos paneles plegables de aluminio (ver anexo 7) que posibilita liberar todo el hueco y permitir el paso de la corriente de aire.

Con los elementos de protección solar propuestos logramos una combinación climática interior dada por el sistema de protección y el espacio intermedio formado, consiguiendo acomodar el sistema a los requisitos de control solar necesitados a diferentes horas del día, gracias a la capacidad de movilidad aplicada, como podemos ver en las figuras 84,85 Y 86.

Se genera un umbráculo, un espacio protegido bajo la sombra que da paso al aire mientras resguarda del sol, donde se agrega un nuevo espacio intermedio a la vivienda buscando incorporar una forma típica de vida en la Rep. Dom., donde se acostumbra sentarse en las galerías de las viviendas para refrescarse del calor bajo la sombra.



Figura 79. Esquema 3D propuesta, caso 1 , balcón, 10:00 hrs, con protección elevada como alero.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 80. Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón, 14:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar.



Figura 81. Esquema 3D propuesta, caso 1, dormitorio, 10:00 hrs, con protección combinada.
Fuente: Elaboración propia.

6.4 Propuesta Sistema De Protección Solar.

6.4.1 Balcón. Caso 1 (La Barquita, pags. 31-43).

Utilizando los criterios de diseño tomados en cuenta para este trabajo y el estado actual de los elementos de cerramiento existentes. Se buscaron soluciones practicas y funcionales para lograr proteger la vivienda de la incidencia solar sin perder las visuales y la seguridad mientras aportamos un sistema de elementos de protección solar que tiene la intención de mejorar las condiciones térmicas, lumínicas y espaciales de la vivienda, evitando el sobrecalentamiento de los espacios, esto se logra con una constante corriente de aire y manteniendo los huecos en sombra todo el día con la ayuda de las lamas practicables.

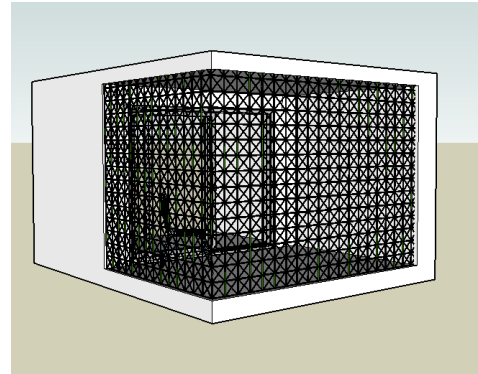


Figura 82. Estado Actual, Balcón, Caso 1.
Fuente: Elaboración propia.

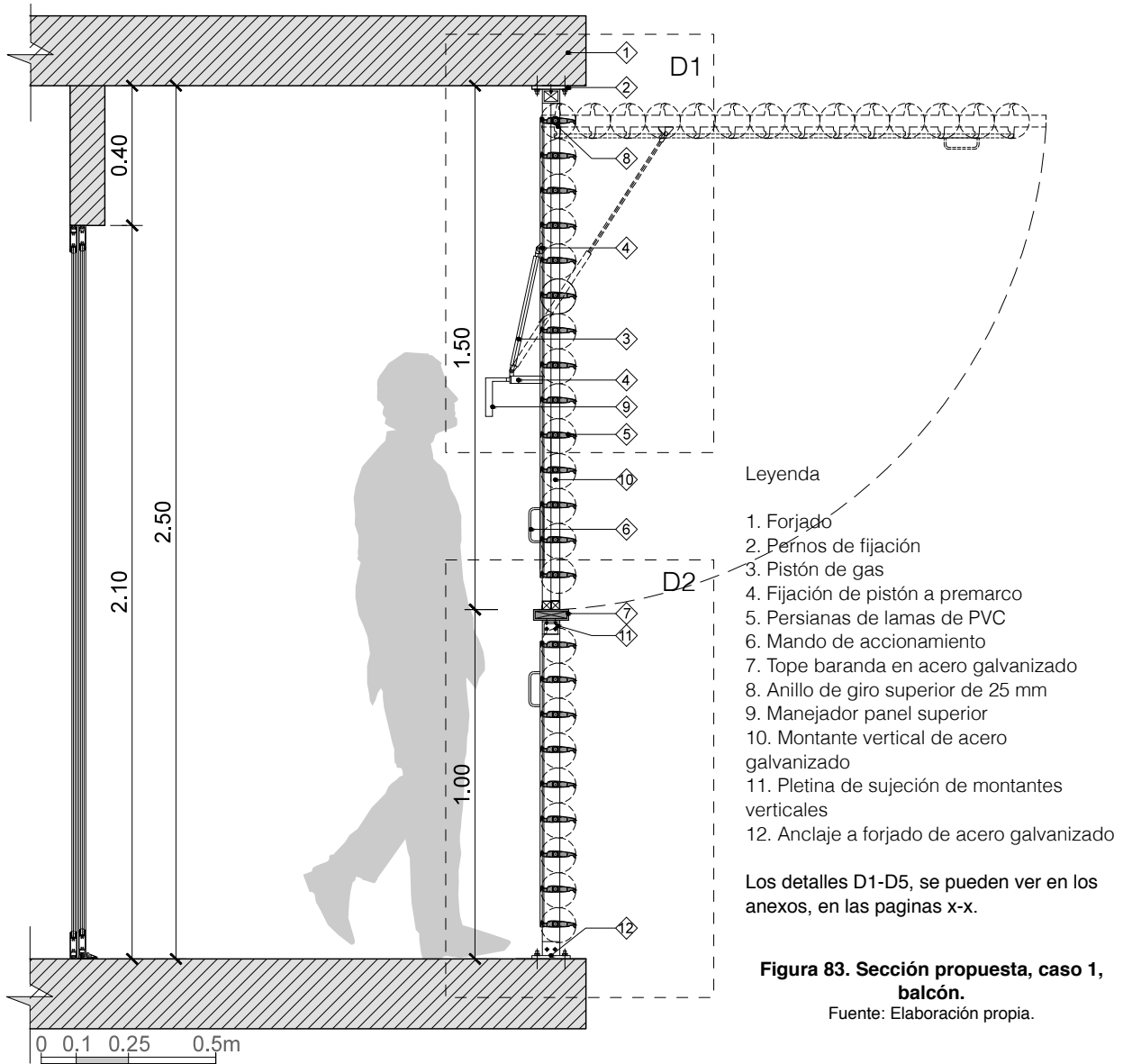


Figura 83. Sección propuesta, caso 1, balcón.
Fuente: Elaboración propia.

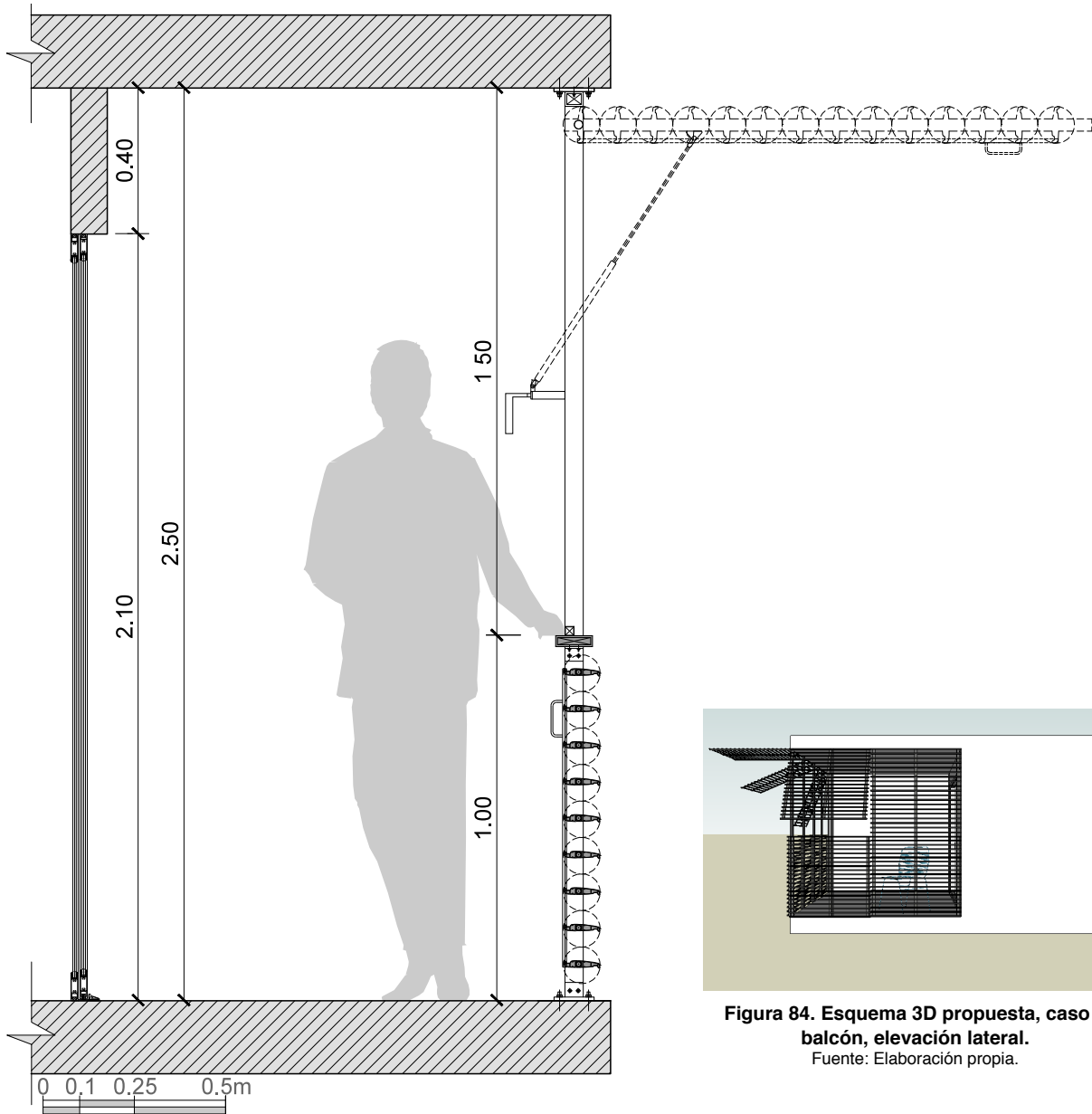
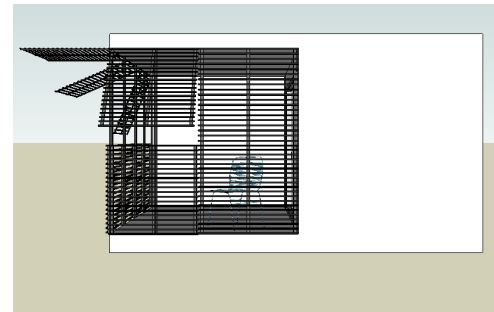


Figura 85. Sección propuesta, caso 1, panel abierto.
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 84. Esquema 3D propuesta, caso 1
balcón, elevación lateral.**
Fuente: Elaboración propia.

La idea principal es lograr una constante corriente de aire que permita mantener los espacios ventilados durante las horas mas calientes del día, esto mas el hecho de mantener los huecos en sombra logra de una manera pasiva reducir las temperaturas en el interior de las estancias, esto se traduce a un mayor confort y a un ahorro energético debido a que este sistema ayuda a disminuir el uso de sistemas eléctricos de climatización.



**Figura 86. Esquema propuesta, caso 1,
balcón, vista desde el interior con lamas
abiertas.**
Fuente: Elaboración propia.

El sistema esta compuesto por una estructura de soporte en perfiles metálicos donde se soportan 2 tipos de paneles de 1.00 mt x 1.50 mt el panel superior y 1.00 mt x 1.00 mt el panel inferior.

Con el panel superior móvil, se consigue que la protección se adapte a los ángulos solares tanto en invierno como en verano, recordando que en Santo Domingo las temperaturas en invierno y verano no presentan variables considerables, por lo que se decide proteger de la alta radiación solar todo el año.



Figura 87. Esquema propuesta, caso 1, baranda / protección móvil.
Fuente: Elaboración propia.

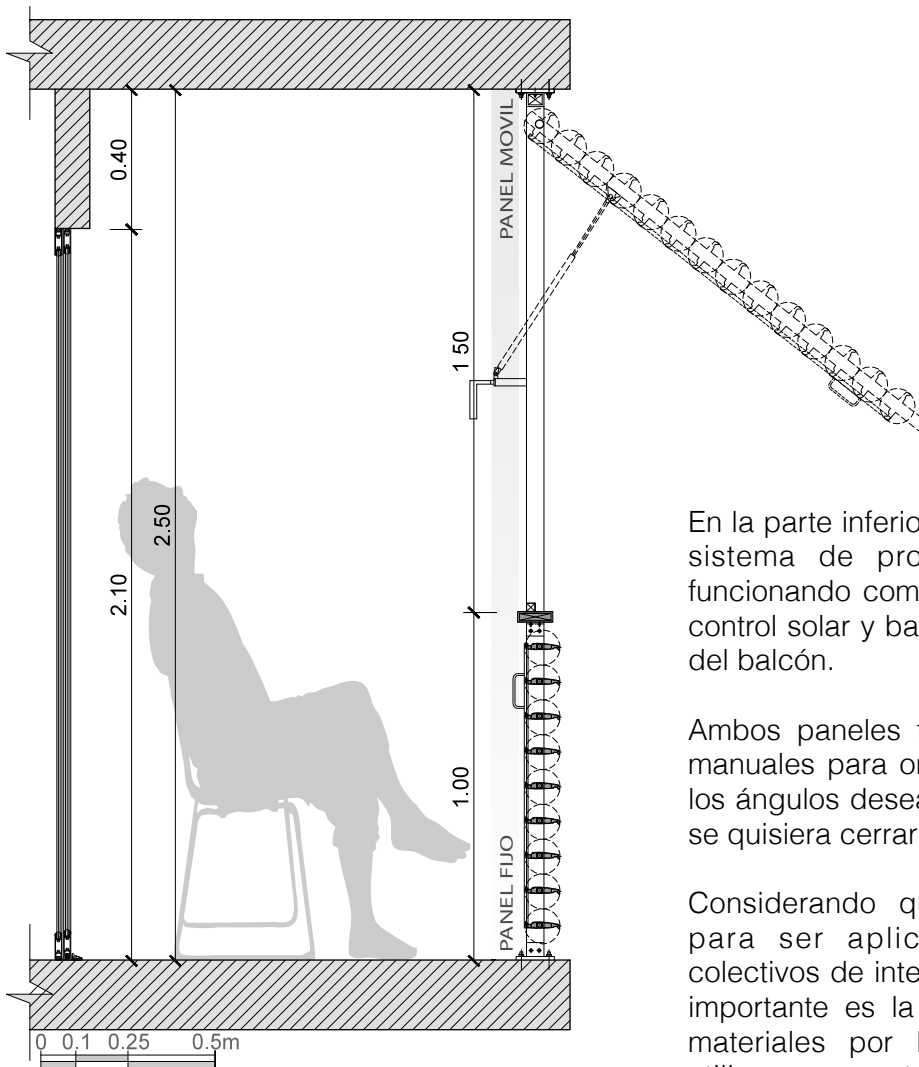


Figura 88. Sección propuesta, caso 1, panel móvil.
Fuente: Elaboración propia.

En la parte inferior se utiliza el mismo sistema de protección pero fijo, funcionando como persianas para el control solar y baranda de seguridad del balcón.

Ambos paneles tienen manejadores manuales para orientar las lamas en los ángulos deseados o en caso que se quisiera cerrar totalmente.

Considerando que la solución es para ser aplicada en edificios colectivos de interés social, un punto importante es la durabilidad de los materiales por lo que se decide utilizar una estructura metálica y lamas de PVC, que no requieren un mantenimiento constante.

6.4.2 Dormitorio B/C. Caso 1 (La Barquita, pags. 31-43).

Empleando los mismos elementos de protección solar usados para el balcón y siguiendo los criterios de diseño establecidos, se adaptaron los conceptos básicos de la protección solar, eliminando el panel inferior para ser implementados en los dormitorios.

Para mostrar el funcionamiento de los elementos de protección solar en los dormitorios, se seleccionaron los dormitorios B y C de las tipologías 1 y 3, debido a que estos tienen dos huecos cada uno en orientaciones diferentes, por lo que permite mostrar la adaptabilidad del sistema en orientaciones distintas.

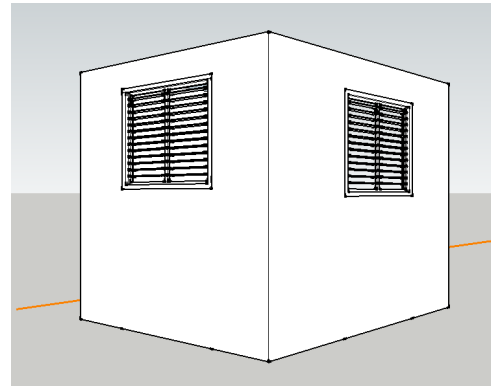


Figura 89. Estado Actual, caso 1, dormitorio.
Fuente: Elaboración propia.

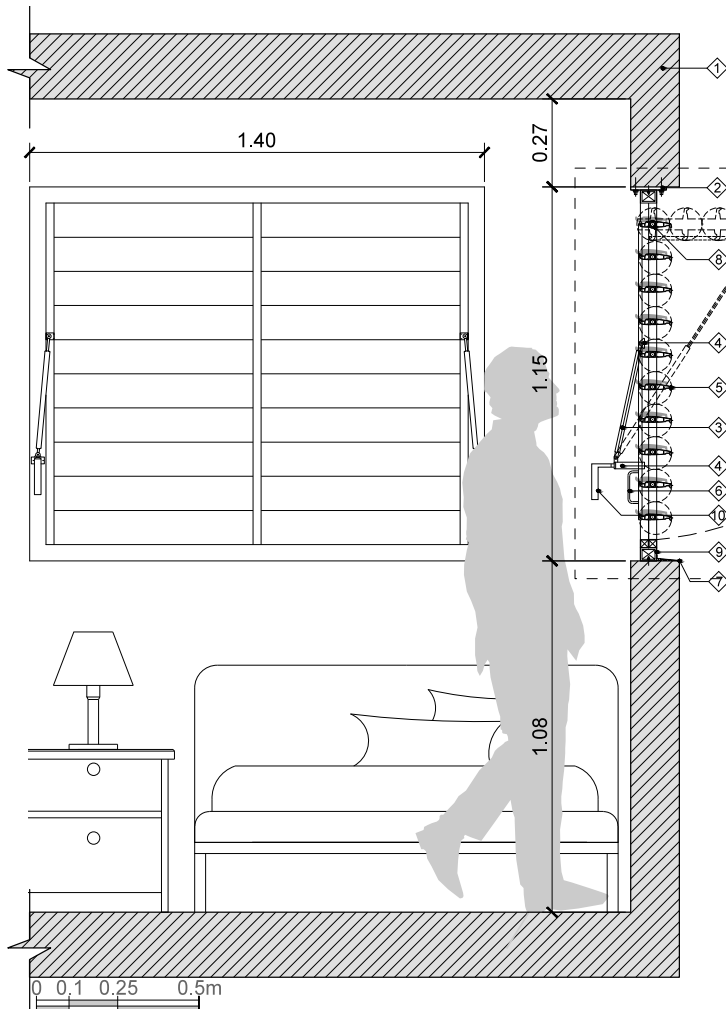


Figura 90. Sección propuesta, caso 1, protección dormitorio.
Fuente: Elaboración propia.

Leyenda

1. Forjado
2. Pernos de fijación
3. Pistón de gas
4. Fijación de pistón a premarco
5. Persianas de lamas de PVC
6. Mando de accionamiento
7. Vierte Aguas
8. Anillo de giro superior de 25 mm
9. Marco de acero galvanizado
10. Manejador de panel

El detalle D6, se pueden ver en los anexos, en la pagina x.

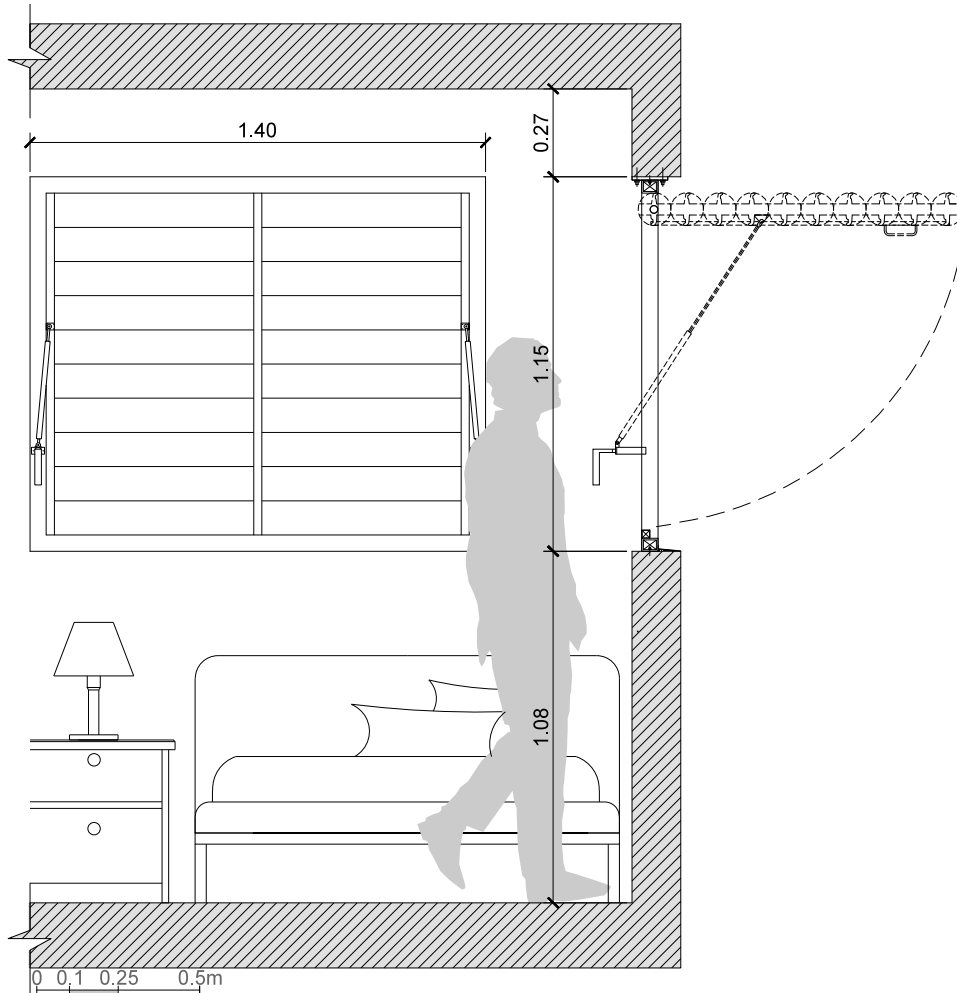


Figura 91. Sección propuesta, caso 1, dormitorio panel móvil.

Fuente: Elaboración propia.

Donde se tenía dos paneles de celosías metálicas practicables, se sustituye por un sistema que permite una visual completa del exterior, con la capacidad de ser utilizados como alero, para mantener el hueco en sombra y proteger el dormitorio de la incidencia solar durante las mañanas, con la facilidad de poder adaptarse a los ángulos de invierno.

Se adapta el sistema a el hueco existente de 1.15 mt de altura y 1.40 mt de ancho, en vez de utilizar dos paneles de celosías como en el caso actual, se tiene un panel único que puede ser elevado para ser utilizado como alero de manera manual.

Las celosías son orientables por lo que permiten cerrarse totalmente en caso de que sea necesario.



Figura 92. Vista Interior, caso 1, dormitorio con protección combinada.

Fuente: Elaboración propia.

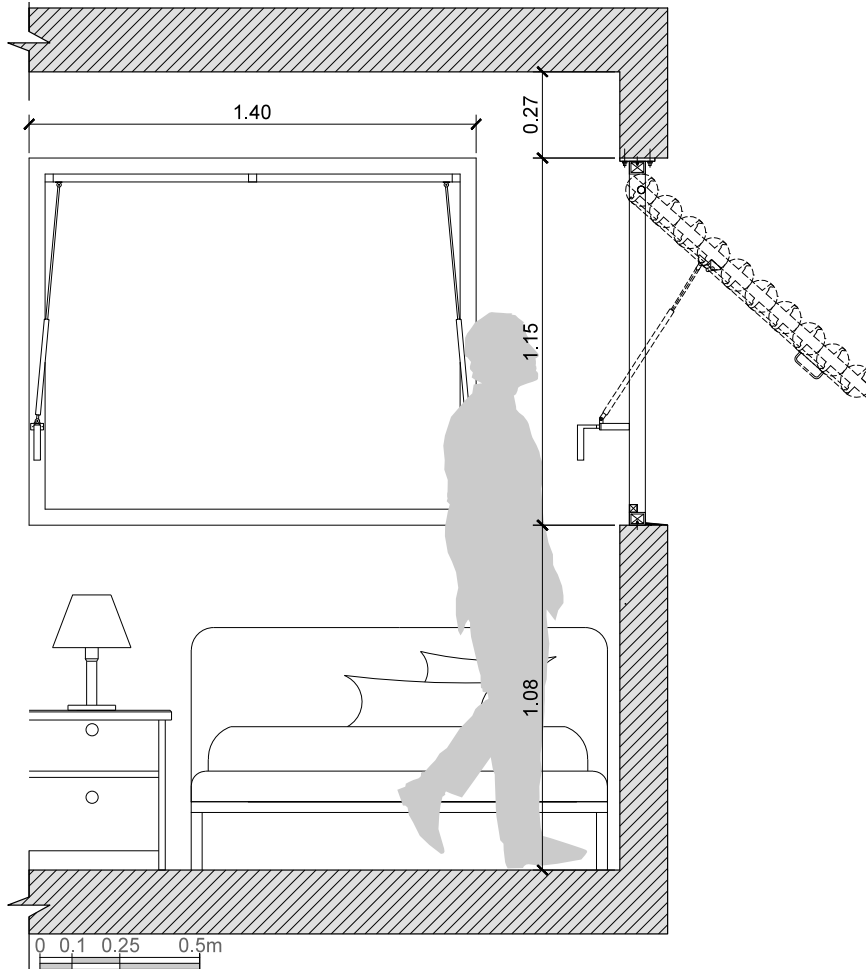


Figura 93. Sección propuesta, caso 1, dormitorio, panel móvil.

Fuente: Elaboración propia.

El sistema esta compuesto por una estructura a base de perfiles metálicos, mientras que las celosías son de PVC debido a su durabilidad y mínimo requerimiento de mantenimiento.

En el análisis realizado de las tipologías, como se puede ver en las imágenes x y x. Estos dormitorios sufren de deslumbramiento provocado por el color blanco de las celosías metálicas existente. Esto se corrige sustituyéndolas por celosías de PVC de color gris claro mate que ayudan a prevenir este fenómeno. Otra problemática es la radiación constante que reciben los huecos de cada fachada durante todo el día, esto se resuelve manteniendo una constante corriente de aire mientras se mantienen los huecos en sombra gracias al alero y su posibilidad de adaptarse a los requerimientos de cada orientación y los distintos ángulos del sol.



Figura 94. Vista Interior, caso 1, dormitorio con protección adaptada a 45°.

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Imágenes 3D

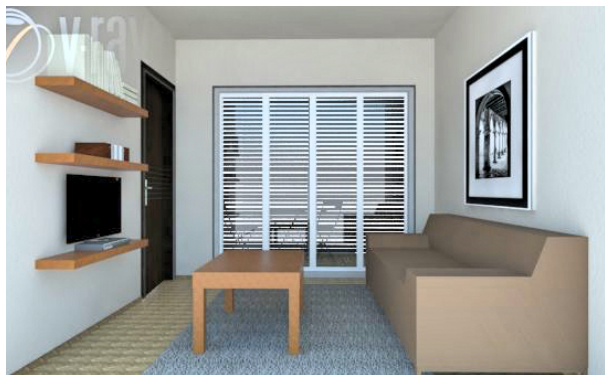


Figura 95. Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 14:00 hrs, con protección cerrada.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 98. Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 14:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar.
Fuente: Elaboración propia.

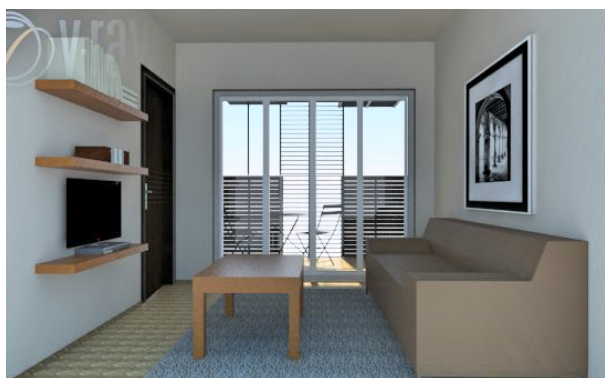


Figura 96. Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 12:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 99. Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 15:00 hrs, con protección cerrada.
Fuente: Elaboración propia.

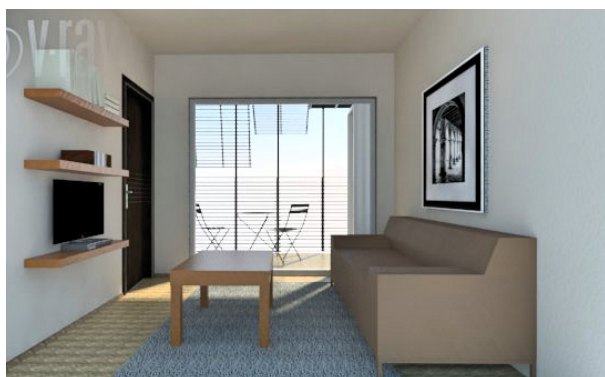


Figura 97. Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 16:00 hrs, con protección solar en ángulos.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 100. Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 10:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar.
Fuente: Elaboración propia.

6.6 Caso 2 (Villa Progreso, pags. 37-51).

En este caso cambia el tamaño del hueco 1.00 x 1.50 mt y la tipología de ventanas, correderas con un vidrio simple y un panel fijo en la parte superior (pag. 41). Se analizaron que tamaño debería tener un alero colocado en esta ventana para mantenerla en sombra durante todo el día.

En verano para protegerse a las 18:00 hrs se necesita un alero de 5.15 mt, para las 17:00 hrs se requiere de un alero de 2.62 mt mientras que para las 16:00 hrs se necesita un alero de 1.58 mt.

En invierno el tamaño del alero aumenta debido a la posición del sol, donde para proteger hasta las 17:00 hrs se necesita de un alero de 6.25 mt, para las 16:00 hrs un alero de 3.20 mt y para las 15:00 hrs un alero de 2.10 mt.

Considerando que las ventanas son correderas sin ninguna protección contra la radiación solar, el alero no es suficiente para mantener el hueco en sombra en las horas de la tarde en invierno y verano, por lo que se deben añadir elementos o mecanismos auxiliares para complementar la protección proporcionada por el alero.

Entendemos que añadiendo un mecanismo móvil que permita la rotación del alero en los meses de invierno como se puede ver en la figura x, logramos protegernos durante todo el día de la radiación solar tanto en los meses de invierno como en los de verano.

El alero permite mantener las visuales, es un elemento practicable por lo que se puede adaptar a los distintos ángulos del sol y es un elemento que aporta a la imagen arquitectónica del proyecto.

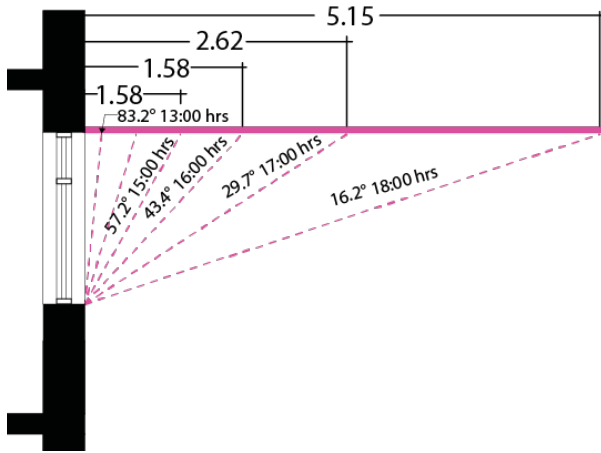


Figura 101. Caso 2. Dimensión de Aleros (Verano)
Fuente: Elaboración Propia

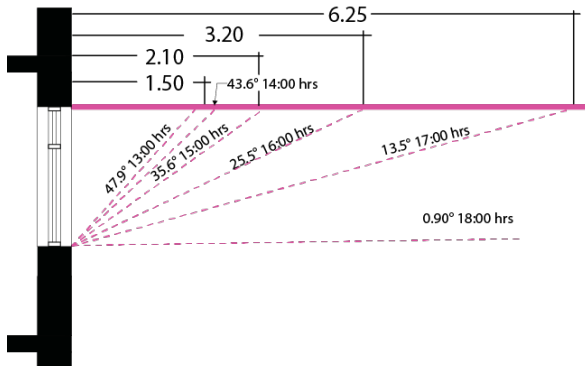


Figura 102. Caso 2. Dimensión de Aleros (Invierno)
Fuente: Elaboración Propia

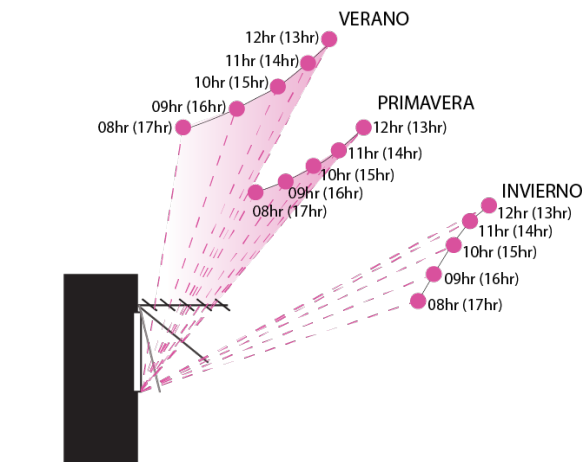


Figura 103. Caso 2. Dimensión de Aleros (Invierno)
Fuente: Elaboración Propia

6.7 Justificación de la Propuesta. Caso 2. Ensanche La Fe.

En comparación con el Caso 1: La Barquita, este proyecto presenta mayores dimensiones en los huecos de los dormitorios y el balcón, lo que implica una mayor incidencia solar debido a que actualmente los huecos están desprotegidos de la radiación solar, inclusive en el caso del balcón existe un cerramiento metálico por seguridad sin la intención de proteger del sol.

La carpintería utilizada son correderas con un vidrio sencillo y un panel superior fijo, tanto en los dormitorios como en el balcón. Entendemos que la carpintería limita el paso de la corriente de aire por no tener la capacidad de mantener el hueco descubierto por lo que se opta por un sistema de carpintería plegable (ver anexo 7) para el balcón que permite recogerse en su totalidad y en vez de tener un panel fijo en la parte superior entendemos que el hecho que sea practicable es una mejor solución pues permite ser adecuado para las condiciones en el interior de la vivienda.

Con la propuesta buscamos una optimización del estado actual de los huecos, con ayuda de los criterios de diseño planteados conseguimos mejorar las condiciones climáticas en el interior de la vivienda, gracias a los elementos de protección solar y la modificación de la carpintería. También conseguimos un sistema con la capacidad de ser adaptable a diferentes tipos de edificaciones residenciales.

La movilidad en la vivienda, la posibilidad de adecuación de la orientación y apertura de las protecciones solares asegura los mejores resultados para cada momento del día y cada actividad en el interior de las estancias. La infinidad de posiciones intermedias posibles de los elementos de protección solar dará lugar a una gama de sombras matizadas a voluntad, para aportar un valor significativo a los espacios intermedios y temporales creados a diferentes horas del día.



Figura 104. Esquema 3D propuesta, caso 2, balcón 15:00 hrs, con protección elevada como alero.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 105. Esquema 3D propuesta, caso 2, balcón 14:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar.

Fuente: Elaboración propia.

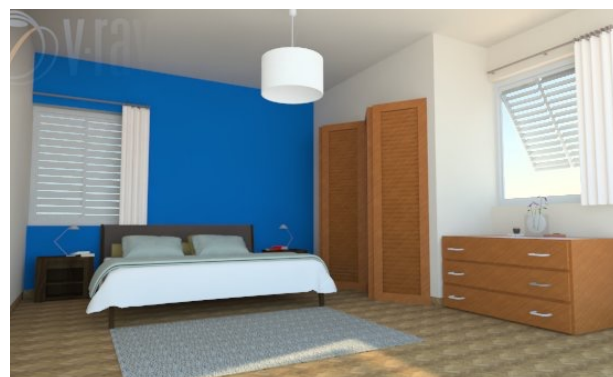


Figura 106. Esquema 3D propuesta, caso 2, dormitorio 12:00 hrs, con protección combinada.

Fuente: Elaboración propia.

6.8 Propuesta Sistema De Protección Solar.

6.8.1 Balcón. Caso 2 (Villa Progreso, Ensanche La Fe, 45-59)

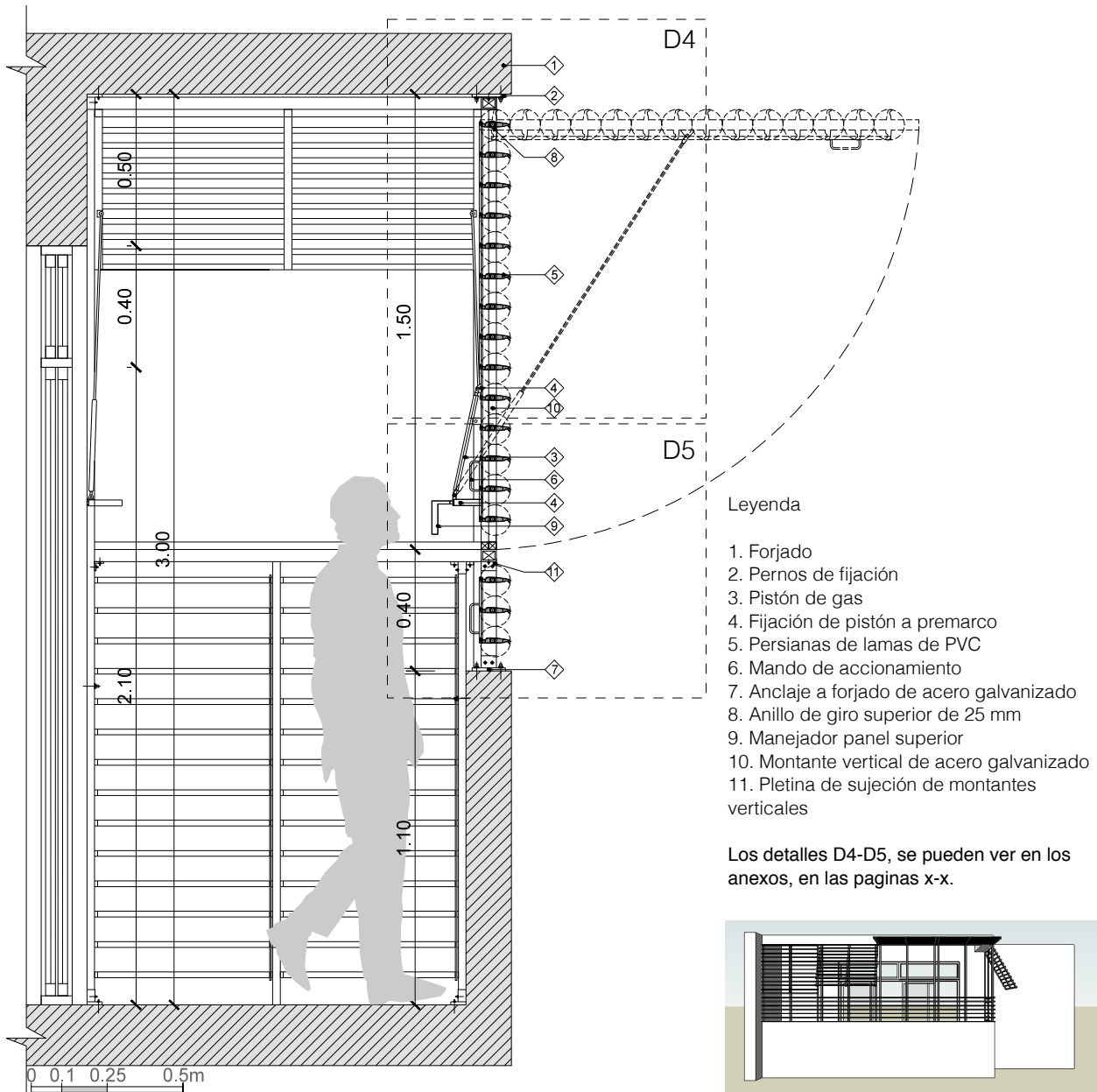


Figura 107. Sección propuesta, Caso 2, Balcón.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 108. Estado Actual, Caso 2, Balcón
Fuente: Elaboración propia.

En comparación con el caso 1 la morfología y las dimensiones de estas viviendas colectivas son diferentes, en este proyecto hay mayor altura en el entresuelo (3.00 mt) y los espacios son mas grandes, por lo que se adaptan los conceptos básicos del sistema al proyecto, para esto se hicieron algunas modificaciones que cumplieran con los criterios de diseño planteados, demostrando la capacidad del sistema de adecuarse a los requerimientos de cada tipo de edificación. en comparación con el estado actual, la propuesta de protección logra proteger de la alta radiación solar sin perder las visuales o la entrada de luz natural.

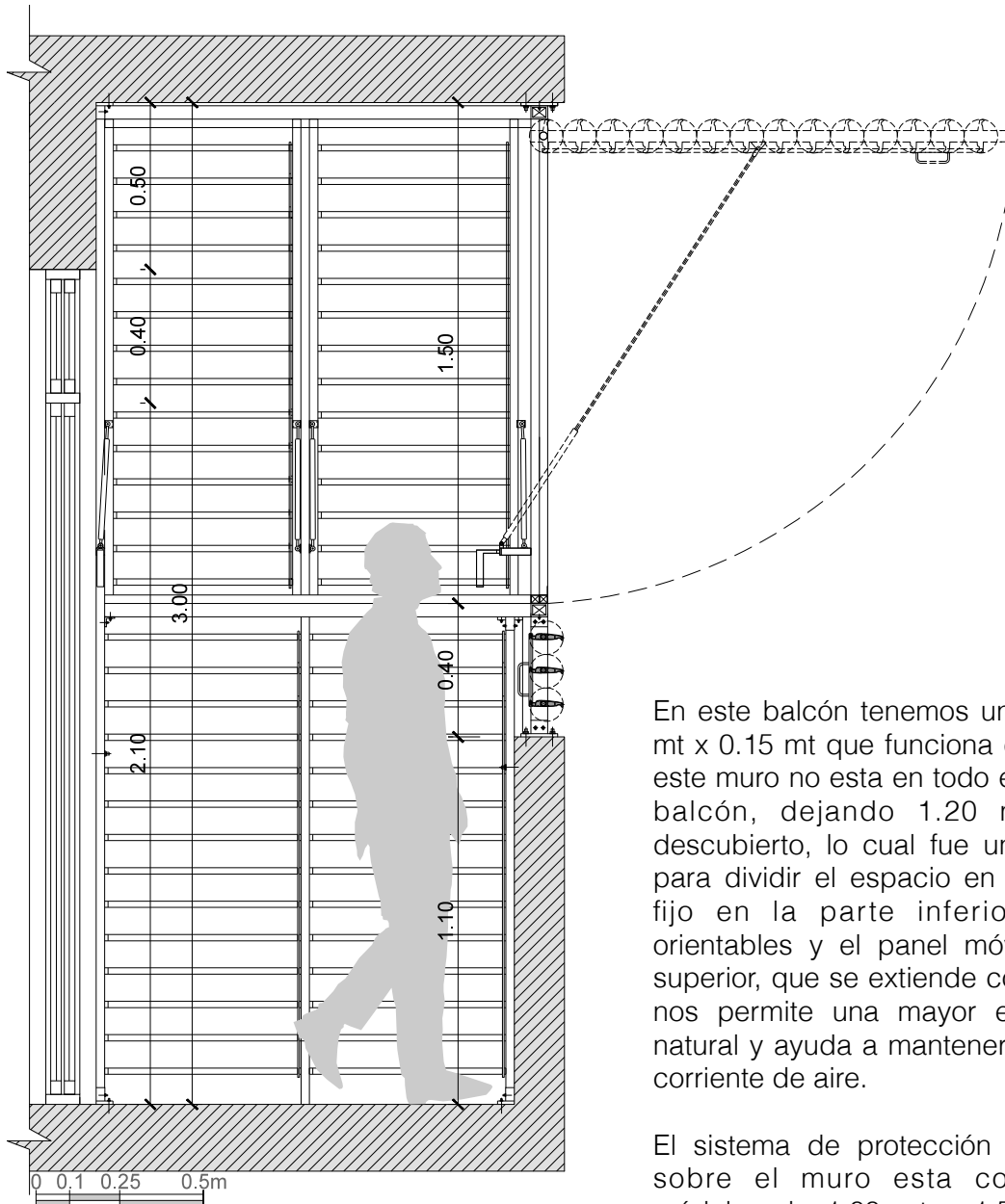


Figura 109. Sección propuesta, caso 2, balcón, panel móvil.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 110. Esquema propuesta, caso 2, balcón, baranda / protección móvil.

Fuente: Elaboración Propia.

En este balcón tenemos un muro de 1.00 mt x 0.15 mt que funciona como baranda, este muro no esta en todo el perímetro del balcón, dejando 1.20 mt de ancho descubierto, lo cual fue una oportunidad para dividir el espacio en 2 paneles uno fijo en la parte inferior con lamas orientables y el panel móvil en la parte superior, que se extiende como alero, esto nos permite una mayor entrada de luz natural y ayuda a mantener una constante corriente de aire.

El sistema de protección que se apoya sobre el muro esta compuesto por módulos de 1.00 mt x 1.50 mt el panel superior y de 1.00 mt x 0.40 mt en la parte inferior, este ultimo panel sirve para proteger de la radiación solar al final de la tarde (a partir de las 17:00 hrs en verano y las 16:00 hrs en invierno).

La estructura de los elementos de protección solar utilizados son perfiles metálicos anclados al forjado y al muro, estos soportan los paneles fijos y móviles, las lamas utilizadas son de PVC de color gris claro, para evitar el deslumbramiento por reflexión en el interior de las estancias.

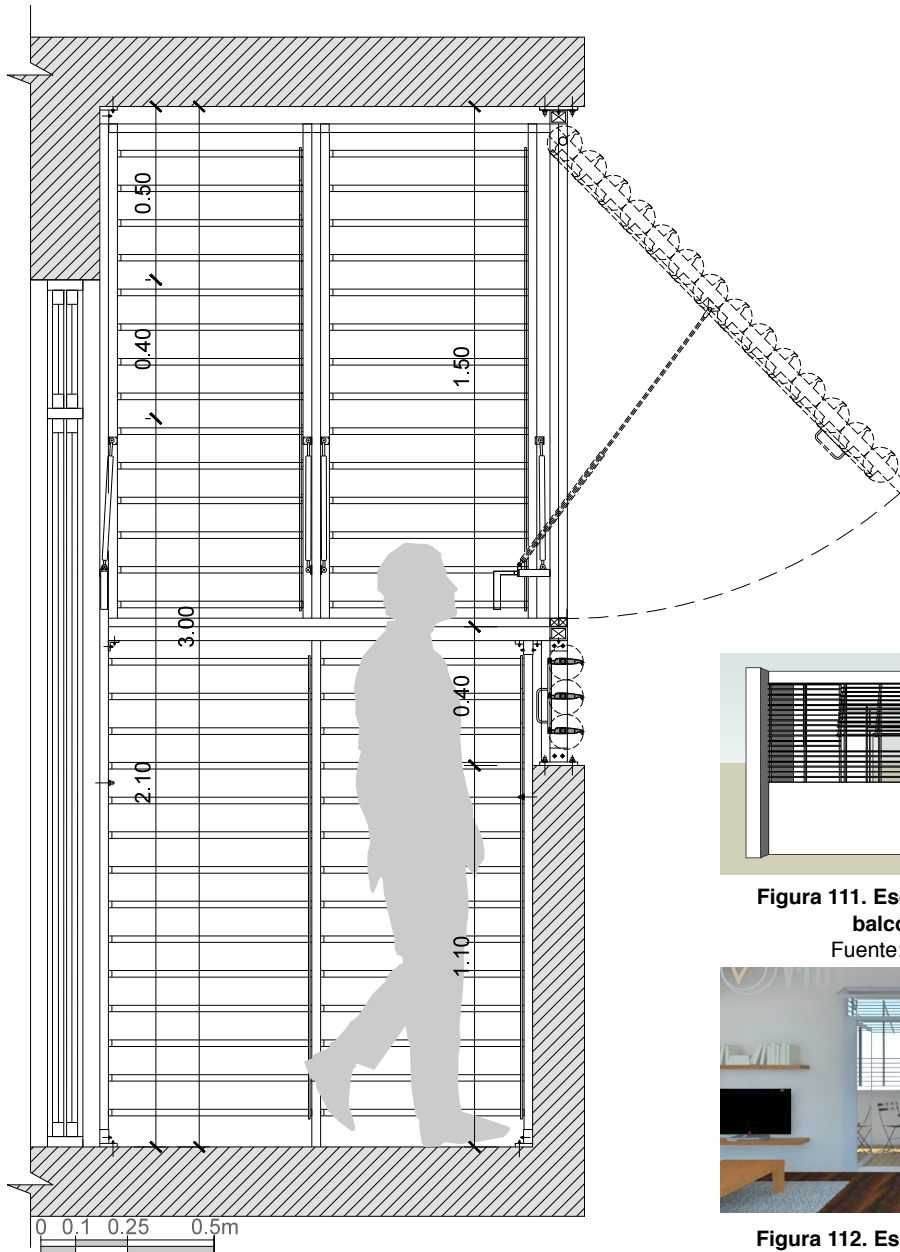


Figura 113. Sección propuesta, caso 2, balcón, panel móvil.
Fuente: Elaboración propia.

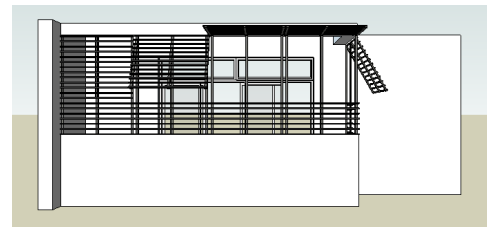


Figura 111. Esquema propuesta, caso 2, balcón, vista exterior
Fuente: Elaboración propia.

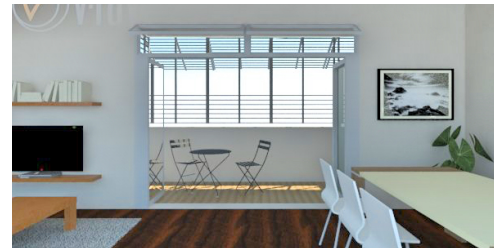
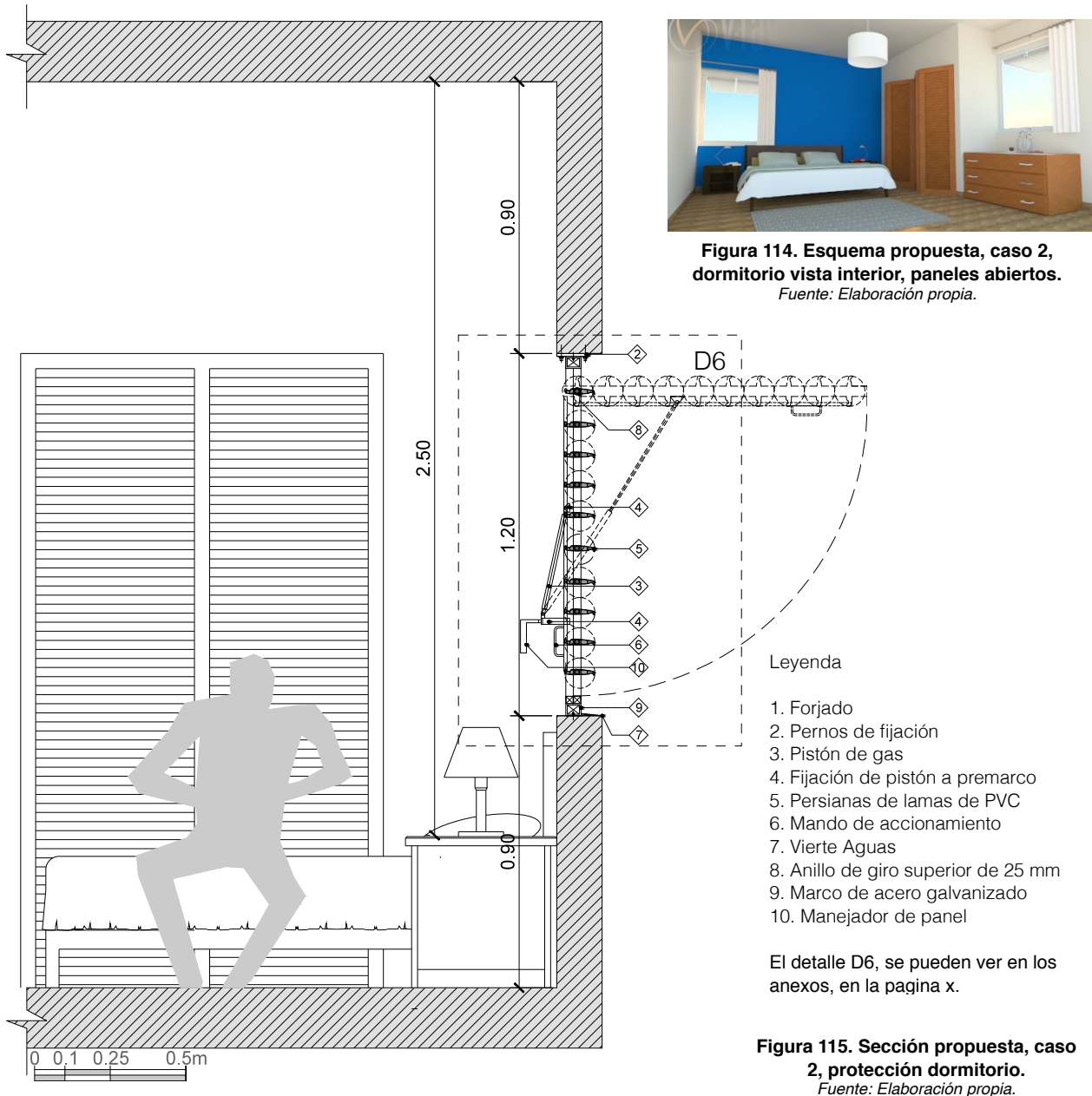


Figura 112. Esquema propuesta, caso 2, vista interior.
Fuente: Elaboración propia.

La función principal de los paneles móviles, que sirven como aleros, es proteger de la incidencia solar manteniendo las visuales y consiguiendo una corriente de aire continua durante el día gracias a las lamas orientables, esto se traduce a un mayor confort térmico en el interior debido a que si el hueco está en sombra todo el día no se producirá un sobrecalentamiento en los espacios interiores de la vivienda. Pues durante el análisis realizado vimos como en la ciudad de Santo Domingo, debido a su cercanía con el ecuador, la altitud del sol en verano es muy vertical lo que implicaba que durante las primeras horas del día a partir de las 8:00 hrs hasta las 14:00 hrs con un alero se conseguía proteger de la incidencia solar sobre el hueco, como se puede ver en los estudios de aleros realizados.

6.8.2 Dormitorio. Caso 2 (Villa Progreso, Ensanche La Fe, 45-59)



Tomando en cuenta el clima cálido-húmedo de la ciudad, el primer cambio propuesto es una eliminación de las ventanas correderas con vidrio simple y panel superior fijo debido a que no aportan mejoría a la situación de sobrecalentamiento producido por la alta radiación solar proyectada en estos huecos inicialmente desprotegidos, donde la corriente de aire estaba limitada. Por lo que optamos por aplicar los elementos de protección solar diseñados en base a unos criterios de diseño muy específicos consiguiendo un conjunto de celosías orientables y un panel móvil en el eje superior horizontal superior.

Para mostrar el sistema de elementos de protección solar propuesto se utilizó el dormitorio tipo A, que dispone de dos aberturas orientadas al exterior.

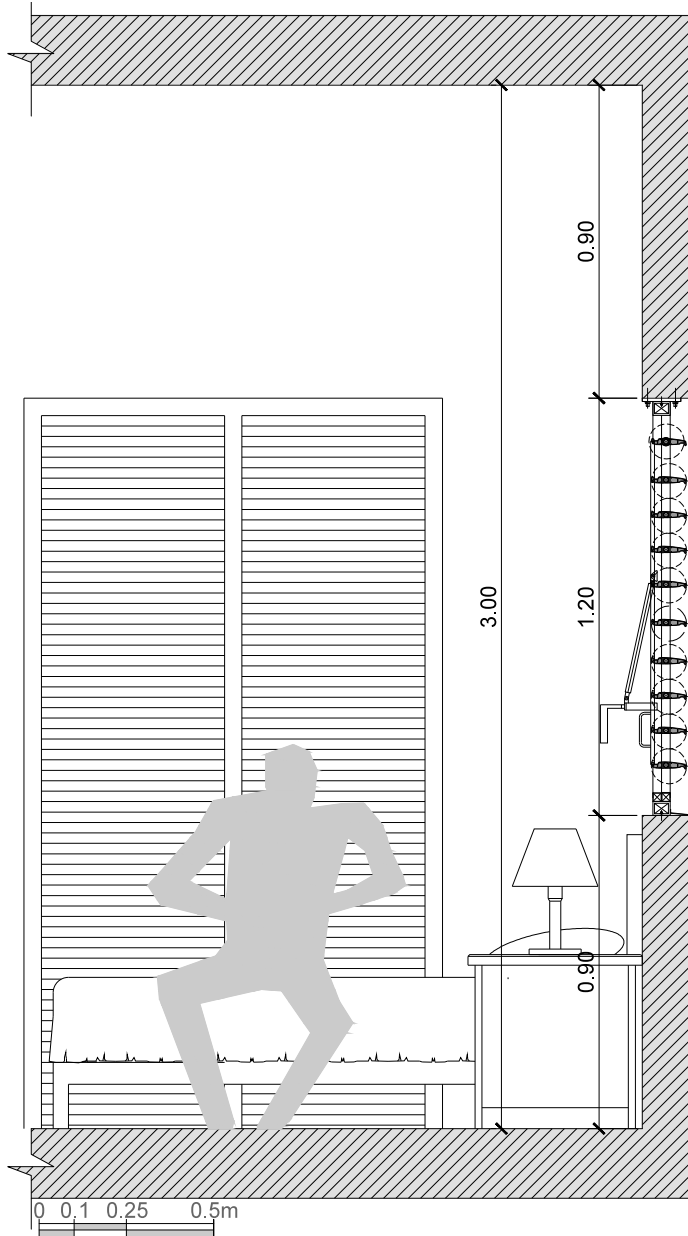


Figura 118. Sección propuesta, caso 2, protección en ángulo, dormitorio.
Fuente: Elaboración propia.

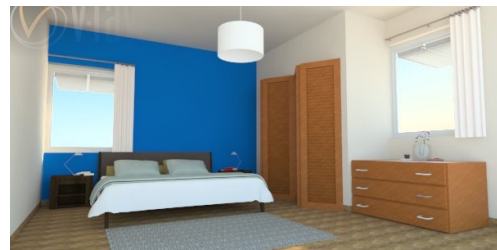


Figura 116. Esquema propuesta, caso 2, dormitorio vista interior, paneles abiertos.
Fuente: Elaboración propia.

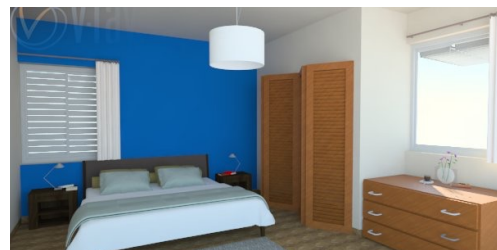


Figura 117. Esquema propuesta, caso 2, dormitorio, vista interior, panel cerrado/abierto.
Fuente: Elaboración propia.

Se adapta el sistema a el hueco existente de 1.50 m x 1.00 m, en este caso los huecos de los dormitorios son de mayor dimensión que en el caso anterior por lo que la incidencia solar es mayor.

El panel esta compuesto por unas lamas orientables de PVC, pintadas de gris claro para evitar el deslumbramiento en el interior, estas lamas son orientables lo que permite cerrarlas completamente en caso de que fuera necesario o adaptarlas a la incidencia solar, están contenidas en un panel metálico el cual puede ser elevado de manera manual para utilizarse como alero o adaptarse al movimiento del sol.

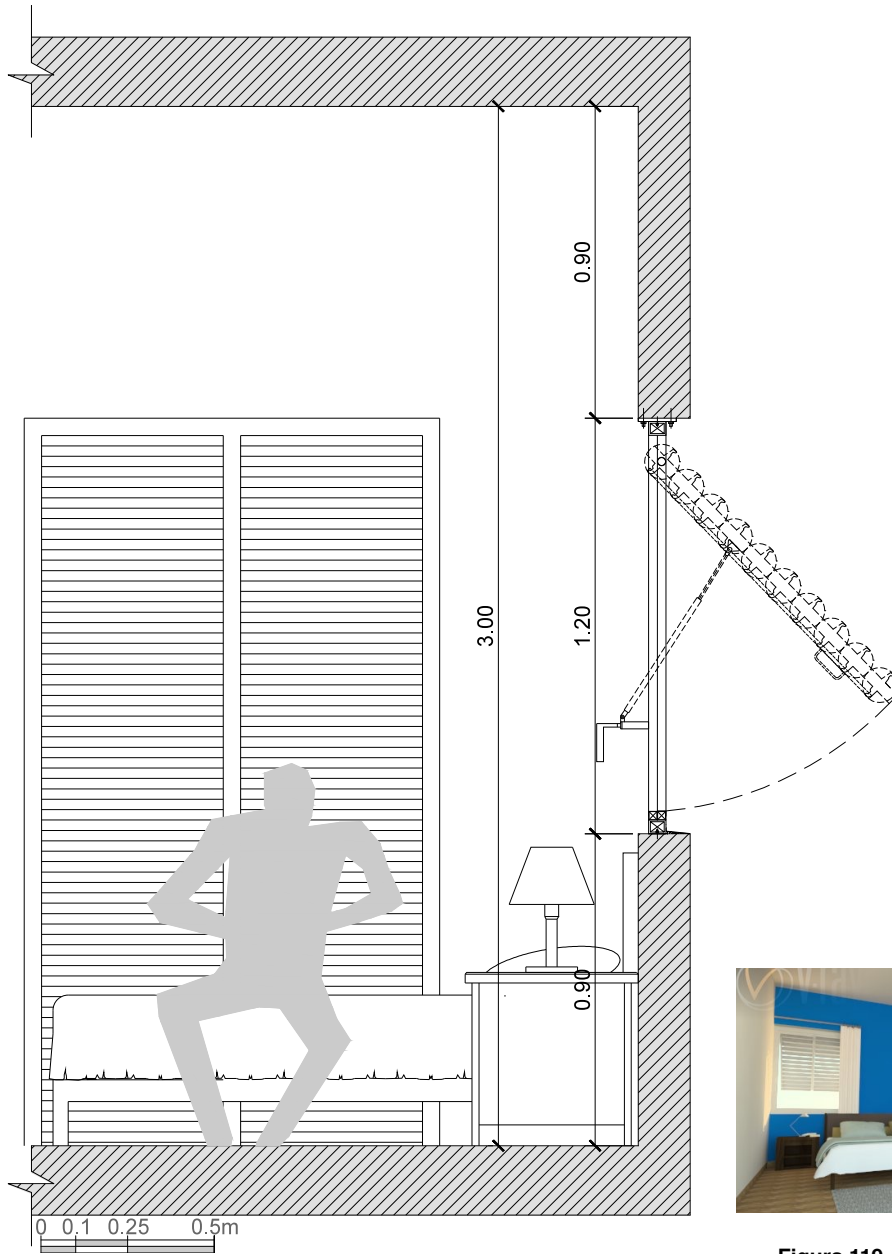


Figura 120. Sección propuesta, caso 2, protección en ángulo, dormitorio.

Fuente: Elaboración propia.

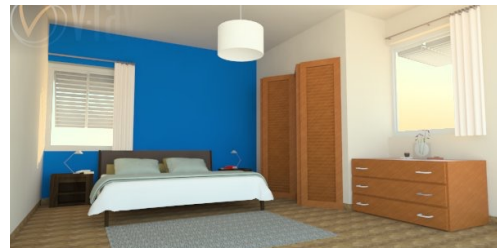


Figura 119. Esquema propuesta, caso 2, dormitorio, protección en ángulo/abierto

Fuente: Elaboración propia.

Con esta propuesta de usar el sistema de protección como elemento de cerramiento de los huecos de los dormitorios, nos permite mejorar la ventilación, evitar el deslumbramiento y mantener las visuales al exterior.

La movilidad de la protección es un factor clave para conseguir los mejores resultados en cuanto al confort térmico y lumínico. La cantidad de posiciones intermedias de los elementos de protección permite generar sombra durante todo el día, con lo que evitamos el sobrecalentamiento en el interior y aportamos una constante corriente de aire gracias a las lamas.

6.8.3 Imágenes 3D

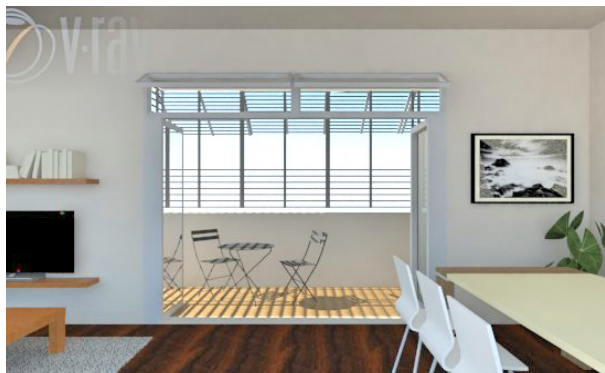


Figura 121. Esquema 3D propuesta balcón 14:00 hrs, con protección cerrada.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 124. Esquema 3D propuesta balcón 14:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar.
Fuente: Elaboración propia.

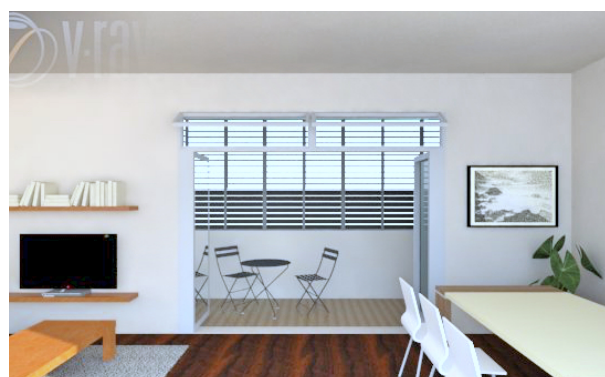


Figura 122. Esquema 3D propuesta balcón 12:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 125. Esquema 3D propuesta balcón 15:00 hrs, con protección cerrada.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 123. Esquema 3D propuesta balcón 16:00 hrs, con protección solar en ángulos.
Fuente: Elaboración propia.

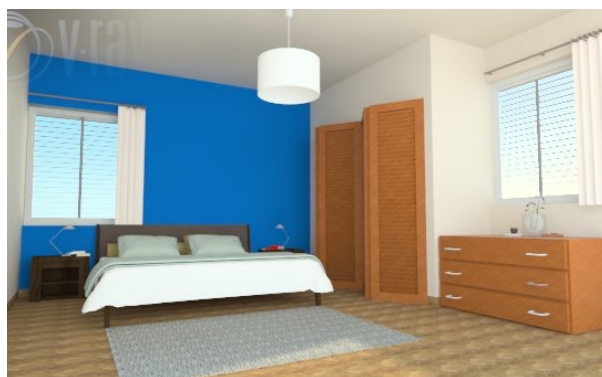


Figura 126. Esquema 3D propuesta balcón 10:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar.
Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES GENERALES

7. Conclusiones Generales

Al terminar esta investigación, se identifica que a lo largo de la tesis son diversos los aspectos que se han expuesto en relación a la necesidad de los elementos de protección solar en los edificios de viviendas colectivas en la ciudad de Santo Domingo, empezando por el clima cálido-húmedo que presenta y como incide el sol en los huecos de estas viviendas, hemos podido comprobar a través de análisis de incidencia solar en diferentes tipologías que el mal manejo de los huecos resulta en una dependencia por parte de los usuarios en climatizadores artificiales que significa un mayor gasto energético-económico adicional.

La tendencia actual para proteger las ventanas del sol es utilizar cortinas en el interior o simplemente cerrando las ventanas, soluciones que no son suficientes para resolver el confort térmico y lumínico de estas viviendas, lo que trae consigo el sobrecalentamiento en el interior de los espacios debido a que se elimina la corriente de aire del exterior, sumado a la alta radiación solar que afecta estos huecos desprotegidos. Se sacrifican las visuales convirtiendo estas viviendas en cajas oscuras sin contacto interior-exterior. Lo que sorprende bastante considerando que la arquitectura vernácula siempre ha protegido sus huecos frente a los excesos de los rayos del sol, pero las nuevas formas de proyectar han eliminado la necesidad de proteger las ventanas.

La imagen de claridad y ligereza, objetivo de algunas arquitecturas contemporáneas, han exagerado las proporciones de superficies vidriadas desprotegidas hasta límites insostenibles en climas cálidos como el nuestro. El problema no es el tamaño de las ventanas sino el de la necesidad de su protección contra la alta radiación solar y el deslumbramiento.

Es preferible aprovechar al máximo la luz natural para conseguir el ahorro energético. Por lo que consideramos importante que la solución de la protección solar propuesta no reduzca sustancialmente la entrada de luz natural.

La protección frente a los rayos solares para evitar el exceso de calor encuentra algunas limitaciones, como las visuales al exterior, la mayoría de los sistemas de protección solar tienden a limitar la visión exterior y es por ello que consideramos como criterio de diseño la capacidad de movilidad en los elementos de protección solar.

La movilidad es útil para adecuar la protección al movimiento del sol, pero sobretodo es esencial para permitir ciertos grados de visión hacia el exterior. El movimiento del sol, la necesidad de un mayor aprovechamiento de la luz natural y la visibilidad hacia el exterior hacen necesarias en muchos casos las protecciones solares que se pueden mover dejando libre la superficie del hueco.

Los elementos de protección solar propuestos forman una galería intermedia en el caso de los balcones donde las condiciones climáticas de este espacio son especiales gracias a las sombras arrojadas, produciendo espacios con condiciones climáticas diferentes dentro de la vivienda.

Las lamas propuestas son elementos que se colocan para proteger el interior del balcón y el dormitorio de la luz del sol y el calor. Estas hacen un elogio a la luz a través de la sombra proyectada en el interior de los espacios, actúan como elemento de control climático, generan espacios intermedios, desde el interior del hogar, conservando el aire y la luz, mientras se mantienen unas vistas agradables del exterior.

En definitiva, las protecciones solares son elementos que reducen la insolación de los espacios, bloqueando la entrada de una fuente de calor de alta intensidad: la radiación solar.

Lo ideal, sería la incorporación de las protecciones solares desde un inicio en el proyecto, luego de haber realizado los estudios de soleamiento correspondientes, entendemos que el uso de elementos de protección en la edificación son un componente básico necesario a tomar en cuenta en la fase de diseño, aunque pueden agregarse después de construidos los edificios con un coste adicional.

Por lo que se convierte en una estrategia a considerar no sólo durante las fases de diseño de los nuevos edificios, sino también en la remodelación de los edificios existentes.

Bibliografía

Comisión Nacional De Energía. (2006). Diagnóstico Y Definición De Líneas Estratégicas Sobre El Uso Racional De Energía (Ure) En República Dominicana. Recuperado De: [Http://Www.Cne.Gov.Do/Serve/Listfile_Download.aspx?Id=1248&Num=1](http://www.cne.gov.do/Serve/Listfile_Download.aspx?Id=1248&Num=1)

Givoni, B. (1992). Comfort, Climate Analysis And Building Design Guidelines. *Energy And Buildings*, 18(1), 11-23.

Prieto, V. E. (2008). *Arquitectura Popular Y Vernácula*.

Durán Núñez, V. M. & Brea García, E. J. (2009). *Arquitectura Popular Dominicana*.

Guerrero, A., Mejía, E. & Lorenzo, D. (2011). 3Ra Época: Época Actual (1980-2000). Obtenido De: [Http://Patrimonioarq2-Unphu.Blogspot.Com.Es/2011/04/3Ra-Epoca-Epoca-Actual-1980-2000.Html](http://Patrimonioarq2-Unphu.Blogspot.Com.Es/2011/04/3Ra-Epoca-Epoca-Actual-1980-2000.Html)

Olgay A. Olgay V. (1957). *Solar Control And Shading Devices*. Princeton University Press.

Olgay, V., & Olgay, A. (1963). *Design With Climate: Bioclimatic Approach To Architectural Regionalism*.

Olgay, V. (1998). *Arquitectura Y Clima: Manual De Diseño Bioclimático Para Arquitectos Y Urbanistas*. Editorial Gustavo Gili.

Serra, R. & Coch, H. (1995). *Arquitectura Y Energía Natural*. Edicions Upc, Catalunya.

Ministerio De Obras Publicas Y Comunicaciones (2012). R-009: Especificaciones Generales Para La Construcción De Edificaciones. Recuperado De: [Http://Www.Mopc.Gob.Do/Media/105328/R-009%20Especificaciones%20Generales.Pdf](http://Www.Mopc.Gob.Do/Media/105328/R-009%20Especificaciones%20Generales.Pdf)

Koenigsberger, I., & Ingersoll, T. G. (1973). Mayhew, And Szokolay. *Manual Of Tropical Housing And Building*.

Wassouf, M. (2015). *De La Casa Pasiva Al Estándar Passivhaus La Arquitectura Pasiva En Climas Cálidos*. Editorial Gustavo Gili.

Aira, A. A. (1996). *Edificio De Viviendas En La Barceloneta, 1951-1955: José Antonio Coderch Y Manuel Valls*.

Konya, A., Swanepoel, C., & Fontes, R. (1981). *Diseño En Climas Cálidos: Manual Práctico*.

Paricio, I. (1998). *La Protección Solar*. Bisagra.

Coste, A., Mestre, O. & Maurette, C. (2013). *Fachadas En Celosía. Slats Façades*. Monsa Ediciones

Indice de Figuras

- Figura 1.** Mapa de la República Dominicana. Fuente: <http://caribwall.com/dominican-republic/> [15]
- Figura 2.** Mapa de Santo Domingo. Fuente: http://www.colonialzone-dr.com/stodgo_map-lenin.pdf [15]
- Figura 3.** Promedio de Temperatura Mensual. Fuente: Meteonorm. [16]
- Figura 4.** Vivienda Vernácula en Mata Chalupa, Higüey, Rep. Dominicana Fuente: “Arquitectura Popular y Vernacula” (2008) pagina 232. [19]
- Figura 5.** Vivienda Popular en zona rural de República Dominicana. Fuente: <https://www.flickr.com/photos/madeintraveltv/> [20]
- Figura 6.** Ventana compuesta de 3 módulos. Fuente: <https://www.flickr.com/photos/cobjio/> [20]
- Figura 7.** Torre Atiemar (2005), Santo Domingo Rep. Dominicana. Fuente: http://farm9.staticflickr.com/8158/7535168414_0be5b70887_c.jpg [21]
- Figura 8.** Malecón Center (2003), Santo Domingo Rep. Dominicana. Fuente: http://www.dominicanaonline.org/Portal/images/malecon_stodomingo2.jpg [21]
- Figura 9.** Gráfica solar equidistante de Santo Domingo. Fuente: Ecotect [24]
- Figura 10.** La orientación del edificio con formato Este-Oeste. Fuente: <http://www.bibliotecajcb.org/LinkClick.aspx?fileticket=KLDt%2BjoRRRM%3D&tabid=100&mid=465> [25]
- Figura 11.** Incidencia Solar - Promedio Diario. Fuente: Elaboración propia con Ecotect. [26]
- Figura 12.** Recorrido Solar, Santo Domingo, República Dominicana.. Fuente: SunEarthTools.com [27]
- Figura 13.** Plan Maestro La Barquita, Santo Domingo Rep. Dominicana. Fuente: <https://arquitecto.com/2014/01/la-nueva-barquita/> [32]
- Figura 14.** Planta Baja, La Barquita, Santo Domingo. Fuente: Inconserca [32]
- Figura 15.** Elevación Sur, La Barquita, Santo Domingo. Fuente: Inconserca [32]
- Figura 16.** Orientación Óptima, Edificio Modelo, La Barquita.. Fuente: Elaboración propia con Ecotect. [33]
- Figura 17.** Planta Tipo, La Barquita, Santo Domingo.. Fuente: Inconserca [34]
- Figura 18.** Angulos del sol en el solsticio de verano. Fuente: Elaboración Propia [34]
- Figura 19.** Detalle elementos de cerramiento de fachada. Fuente: Inconserca [35]
- Figura 20.** Balcón protegido, Santo Domingo. Fuente: <https://actualidadhispanaca.files.wordpress.com/2013/02/15f3f-hierros2b030-724883.jpg> [35]
- Figura 21.** Típica ventana de celosías utilizada en República Dominicana. Fuente: <http://www.archiproducts.com/es/productos/73446/regusol-celosia-de-aluminio-regusol-ap-140-gimenez-ganga.html> [35]
- Figura 22.** Angulos del sola en el solsticio de invierno. Fuente: Elaboración propia [36]
- Figura 23.** 2pm Exterior. Altitud 43.6°, Azimut -153.4° 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia [36]
- Figura 24.** 2pm Interior. Altitud 43.6°, Azimut -153.4° 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia [36]
- Figura 25.** Angulos del sola en el solsticio de invierno. Fuente: Elaboración propia [37]
- Figura 26.** 12:00 hrs. Interior. Altitud 43.6°, Azimut -153.4° 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia [37]
- Figura 27.** 18:00 hrs. Exterior. Altitud 43.6°, Azimut -153.4° 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia [37]
- Figura 28.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia [38]
- Figura 29.** 8:00 hrs. Interior. Altitud 24.8°, Azimut 72°. Fuente: Elaboración propia [38]
- Figura 30.** 18:00 hrs. Interior. Altitud 16.2°, Azimut -70.1°. Fuente: Elaboración propia [38]
- Figura 31.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia [39]
- Figura 32.** 15:00 hrs. Exterior. Altitud 57.2°, Azimut -74.9° 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia [39]
- Figura 33.** 18:00 hrs. Interior. Altitud 16.2°, Azimut -70.1° 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia [39]
- Figura 34.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia [40]
- Figura 35.** 15:00 hrs. Exterior. Altitud 57.2°, Azimut -74.9° 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia [40]
- Figura 36.** 15:00 hrs. Interior. Altitud 57.2°, Azimut -74.9° 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia [40]
- Figura 37.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia [41]
- Figura 38.** 12:00 hrs. Interior. Altitud 47.3°, Azimut -167.4° 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia. [41]
- Figura 39.** 16:00 hrs. Interior. Altitud 25.2°, Azimut -128.3° 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia. [41]
- Figura 40.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia. [42]
- Figura 41.** 8:00 hrs. Interior. Altitud 24.8°, Azimut -72° 21 de junio. Fuente: Elaboración propia. [42]
- Figura 42.** 11:00 hrs. Interior. Altitud 65.9°, Azimut -73.3° 21 de junio. Fuente: Elaboración propia. [42]
- Figura 43.** Ubicación Villa Progreso La Fe, Santo Domingo Rep. Dominicana. Fuente: Elaboración propia. [46]
- Figura 44.** Planta de Conjunto, Villa Progreso La Fe, Santo Domingo. Fuente: INVI. [46]
- Figura 45.** Orientación Óptima, Edificios Villa Progreso, Ensanche La Fe. Elaboración propia con Ecotect. [47]
- Figura 46.** Planta Tipo Villa Progreso La Fe, Santo Domingo, Rep. Dominicana. Fuente: INVI. [48]
- Figura 47.** Elevación Principal, Villa Progreso La Fe, Santo Domingo, Rep. Dominicana. Fuente: INVI. [49]
- Figura 48.** Angulos del sol en el solsticio de verano. Fuente: INVI. [49]

- Figura 49.** Interior del Balcón, Villa Progreso La Fe, Santo Domingo, Rep. Dominicana. Fotografía propia. [50]
- Figura 50.** Correderas del Balcón, Villa Progreso La Fe, Santo Domingo, Rep. Dominicana. Fotografía propia. [50]
- Figura 51.** Ventanas de Celosías de vidrio templado, orientadas a un patio de ventilación, Villa Progreso La Fe. Fotografía propia. [50]
- Figura 52.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia. [51]
- Figura 53.** 11:00 hrs. Exterior. Altitud 65.9°, Azimut 73.3° 21 de junio. Fuente: Elaboración propia. [51]
- Figura 54.** 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.1° 21 de junio. Fuente: Elaboración propia. [51]
- Figura 55.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia. [52]
- Figura 56.** 16:00 hrs. Exterior. Altitud 43.4°, Azimut -74.7° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [52]
- Figura 57.** 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.10° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [52]
- Figura 58.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia. [53]
- Figura 59.** 16:00 hrs. Exterior. Altitud 43.4°, Azimut -74.7° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [53]
- Figura 60.** 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.10° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [53]
- Figura 61.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia. [54]
- Figura 62.** 12:00 hrs. Exterior. Altitud 79.2°, Azimut 59.9° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [54]
- Figura 63.** 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.10° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [54]
- Figura 64.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia. [55]
- Figura 65.** 12:00 hrs. Exterior. Altitud 79.2°, Azimut 59.9° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [55]
- Figura 66.** 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.10° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [55]
- Figura 67.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia. [56]
- Figura 68.** 12:00 hrs. Exterior. Altitud 79.2°, Azimut 59.9° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [56]
- Figura 69.** 18:00 hrs. Exterior. Altitud 16.2°, Azimut -70.10° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [56]
- Figura 70.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia. [57]
- Figura 71.** 12:00 hrs. Exterior. Altitud 79.2°, Azimut 59.9° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [57]
- Figura 72.** 16:00 hrs. Exterior. Altitud 43.4°, Azimut -74.7° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [57]
- Figura 73.** Recorrido del sol (Anual). Fuente: Elaboración propia. [58]
- Figura 74.** 7:30 hrs. Exterior. Altitud 18.1°, Azimut 70.6° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [58]
- Figura 75.** 15:00 hrs. Exterior. Altitud 57.2°, Azimut -74.9° 21 de Junio. Fuente: Elaboración propia. [58]
- Figura 76.** Elementos de Protección Solar Móvil. Fuente: Lechner, N. (2014). [63]
- Figura 77.** Dimensión de Aleros (Verano). Fuente: Elaboración Propia. [64]
- Figura 78.** Dimensión de Aleros (Invierno). Fuente: Elaboración Propia. [64]
- Figura 79.** Esquema 3D propuesta, caso 1 , balcón, 10:00 hrs, con protección elevada como alero. Fuente: Elaboración propia. [65]
- Figura 80.** Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón, 14:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar. Fuente: Elaboración propia. [65]
- Figura 81.** Esquema 3D propuesta, caso 1, dormitorio, 10:00 hrs, con protección combinada. Fuente: Elaboración propia. [65]
- Figura 82.** Estado Actual, Balcón, Caso 1. Fuente: Elaboración propia. [66]
- Figura 83.** Sección propuesta, caso 1, balcón. Fuente: Elaboración propia. [66]
- Figura 84.** Esquema 3D propuesta, caso 1 balcón, elevación lateral. Fuente: Elaboración propia. [67]
- Figura 85.** Sección propuesta, caso 1, panel abierto. Fuente: Elaboración propia. [67]
- Figura 86.** Esquema propuesta, caso 1, balcón, vista desde el interior con lamas abiertas. Fuente: Elaboración propia. [67]
- Figura 87.** Esquema propuesta, caso 1, baranda / protección móvil. Fuente: Elaboración propia. [68]
- Figura 88.** Sección propuesta, caso 1, panel móvil. Fuente: Elaboración propia. [68]
- Figura 89.** Estado Actual, caso 1, dormitorio. Fuente: Elaboración propia. [69]
- Figura 90.** Sección propuesta, caso 1, protección dormitorio. Fuente: Elaboración propia. [69]
- Figura 91.** Sección propuesta, caso 1, dormitorio panel móvil. Fuente: Elaboración propia. [70]
- Figura 92.** Vista Interior, caso 1, dormitorio con protección combinada. Fuente: Elaboración propia. [70]
- Figura 93.** Sección propuesta, caso 1, dormitorio, panel móvil. Fuente: Elaboración propia. [71]
- Figura 94.** Vista Interior, caso 1, dormitorio con protección adaptada a 45°. Fuente: Elaboración propia. [71]
- Figura 95.** Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 14:00 hrs, con protección cerrada. Elaboración propia. [72]
- Figura 96.** Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 12:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar. Fuente: Elaboración propia. [72]
- Figura 97.** Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 16:00 hrs, con protección solar en ángulos. Fuente: Elaboración propia. [72]
- Figura 98.** Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 14:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar. Fuente: Elaboración propia. [72]

- Figura 99.** Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 15:00 hrs, con protección cerrada. Elaboración propia. [72]
- Figura 100.** Esquema 3D propuesta, caso 1, balcón 10:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar. Elaboración propia. [72]
- Figura 101.** Caso 2. Dimensión de Aleros (Verano). Fuente: Elaboración Propia. [73]
- Figura 102.** Caso 2. Dimensión de Aleros (Invierno). Fuente: Elaboración Propia. [73]
- Figura 103.** Caso 2. Dimensión de Aleros (Invierno). Fuente: Elaboración Propia. [73]
- Figura 104.** Esquema 3D propuesta, caso 2, balcón 15:00 hrs, con protección elevada como alero. Fuente: Elaboración propia. [74]
- Figura 105.** Esquema 3D propuesta, caso 2, balcón 14:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar. Fuente: Elaboración propia. [74]
- Figura 106.** Esquema 3D propuesta, caso 2, dormitorio 12:00 hrs, con protección combinada. Fuente: Elaboración propia. [74]
- Figura 107.** Sección propuesta, Caso 2, Balcón. Fuente: Elaboración propia. [75]
- Figura 108.** Estado Actual, Caso 2, Balcón. Fuente: Elaboración propia. [75]
- Figura 109.** Sección propuesta, caso 2, balcón, panel móvil. Fuente: Elaboración propia. [76]
- Figura 110.** Esquema propuesta, caso 2, balcón, baranda / protección móvil. Fuente: Elaboración Propia. [76]
- Figura 111.** Esquema propuesta, caso 2, balcón, vista exterior. Fuente: Elaboración propia. [77]
- Figura 112.** Esquema propuesta, caso 2, vista interior. Fuente: Elaboración propia. [77]
- Figura 113.** Sección propuesta, caso 2, balcón, panel móvil. Fuente: Elaboración propia. [77]
- Figura 114.** Esquema propuesta, caso 2, dormitorio vista interior, paneles abiertos. Fuente: Elaboración propia. [78]
- Figura 115.** Sección propuesta, caso 2, protección dormitorio. Fuente: Elaboración propia. [78]
- Figura 116.** Esquema propuesta, caso 2, dormitorio vista interior, paneles abiertos. Fuente: Elaboración propia. [79]
- Figura 117.** Esquema propuesta, caso 2, dormitorio, vista interior, panel cerrado/abierto. Elaboración propia. [79]
- Figura 118.** Sección propuesta, caso 2, protección en ángulo, dormitorio. Fuente: Elaboración propia. [79]
- Figura 119.** Esquema propuesta, caso 2, dormitorio, protección en ángulo/abierto Fuente: Elaboración propia. [80]
- Figura 120.** Sección propuesta, caso 2, protección en ángulo, dormitorio. Fuente: Elaboración propia. [80]
- Figura 121.** Esquema 3D propuesta balcón 14:00 hrs, con protección cerrada. Fuente: Elaboración propia. [81]
- Figura 122.** Esquema 3D propuesta balcón 12:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar. Fuente: Elaboración propia. [81]
- Figura 123.** Esquema 3D propuesta balcón 16:00 hrs, con protección solar en ángulos. Elaboración propia. [81]
- Figura 124.** Esquema 3D propuesta balcón 14:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar. Fuente: Elaboración propia. [81]
- Figura 125.** Esquema 3D propuesta balcón 15:00 hrs, con protección cerrada. Fuente: Elaboración propia. [81]
- Figura 126.** Esquema 3D propuesta balcón 10:00 hrs, con protección adaptada a la incidencia solar. Fuente: Elaboración propia. [81]

Anexos