

La forma envolvente: Reevaluando la piel y su aplicación en el trópico.

Por: Jatzel Rivas Rivera

Presentado al Programa Graduado de la Escuela de Arquitectura
de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras para obtener el grado de maestría en
Arquitectura

Aprobado: 11 de mayo de 2021

Todos los derechos reservados © Año, Jatzel Rivas Rivera

Índice:

Introducción:

- Mi experiencia en vivienda multipisos..... 1

Capítulo 1

- Descripción del contexto y propósito de la investigación..... 4
- Necesidades para la comodidad..... 5
- Ventilación Natural..... 6
- Desarrollo de las viviendas multifamiliares..... 7
- Alzas en temperatura en Puerto Rico..... 9
- Importancia de la “Piel”..... 10

Capítulo 2

- Trasfondo Histórico..... 11
- Componentes de una envoltura
 - Paredes.....13
 - La “Ventana”.....14
 - Louvers.....16
- Hipótesis.....17
- Objetivo.....17

Capítulo 3

- Historia de Coamo.....20
- Estructura Poblacional.....22
- Desarrollo de Viviendas.....25
- Investigación de Campo.....27
- Precedentes
 - 75WA Residential Building.....33
 - Cond. Universitario.....37
 - Residencia para 4 amigos.....40
 - Keeling Apartments.....45
 - Freeboter Housing.....51

Capítulo 4

- Selección de Solar..... 56
- Programa de diseño propuesto..... 63
- Conclusión Investigativa.....65

Etapa de Diseño

- Concepto y Programa de Diseño..... 67
- Forma Envoltente: La Piel..... 75
- Conclusión.....87

• **Lista de Figuras:**

- <i>Figura 1:</i> Mi habitación – Plaza Universidad 2000.....	2
- <i>Figura 2:</i> Plaza Universidad 2000.....	3
- <i>Figura 3:</i> Velocidad de vientos en Puerto Rico.....	6
- <i>Figura 4:</i> Temperaturas en Puerto Rico.....	9
- <i>Figura 5:</i> Vivienda Toro y Ferrer.....	12
- <i>Figura 6:</i> Tipos de ventanas.....	15
- <i>Figura 7:</i> Línea del tiempo – Coamo.....	20
- <i>Figura 8:</i> Estructura Poblacional de Coamo.....	22
- <i>Figura 9:</i> Desarrollo de viviendas en Coamo.....	25
- <i>Figura 10:</i> Vegetación a través de los años en Coamo.....	28
- <i>Figura 11:</i> Precipitación en Coamo.....	29
- <i>Figura 12:</i> Áreas de inundación en Coamo.....	30
- <i>Figura 13:</i> Temperaturas en Coamo.....	31
- <i>Figura 14:</i> Iluminación solar en Coamo.....	32
- <i>Figura 15:</i> 75WA Residential Building.....	33, 35, 36
- <i>Figura 16:</i> Cond. Universitario.....	38, 39
- <i>Figura 17:</i> Residencia para 4 amigos.....	42, 43, 44
- <i>Figura 18:</i> Keeling Apartments.....	47, 48, 49, 50
- <i>Figura 19:</i> Freeboter Housing.....	52, 53, 54, 55
- <i>Figura 20:</i> Primer Solar.....	56
- <i>Figura 21:</i> Segundo Solar.....	57
- <i>Figura 22:</i> Tercer Solar.....	57
- <i>Figura 23:</i> Comparación de solares.....	58
- <i>Figura 24:</i> Ubicación del solar escogido.....	59
- <i>Figura 25:</i> Diagramas de suelo.....	61
- <i>Figura 26:</i> Diagramas de contexto.....	62
- <i>Figura 27:</i> Diagrama conceptual volumétrico.....	67
- <i>Figura 28:</i> Diagrama programático.....	68

- <i>Figura 29:</i> Plano de sitio	69
- <i>Figura 30:</i> Perspectiva Este	70
- <i>Figura 31:</i> Perspectiva de área recreativa.....	70
- <i>Figura 32:</i> Planta de Primer nivel.....	71
- <i>Figura 33:</i> Planta de Segundo – Sexto Nivel	72
- <i>Figura 34:</i> Planta de apartamentos	73
- <i>Figura 35:</i> Elevaciones Oeste y Este	76
- <i>Figura 36:</i> Corte de Pared 1.....	77
- <i>Figura 37:</i> Secciones Longitudinales	78
- <i>Figura 38:</i> Vista interior de apartamentos	79
- <i>Figura 39:</i> Perspectiva desde la calle	79
- <i>Figura 40:</i> Diagrama de detalle de “Louvers”	80
- <i>Figura 41:</i> Diagrama de detalle de paneles corredizos	81
- <i>Figura 42:</i> Perspectiva de fachada de habitaciones	83
- <i>Figura 43:</i> Sección Transversal	84
- <i>Figura 44:</i> Corte de Pared 2	85
- <i>Figura 45:</i> Elevaciones Norte y Sur	86
- <i>Figura 46:</i> Estimado de Costo	89
- <i>Figura 47:</i> Perspectiva	90
- <i>Figura 48:</i> Perspectiva frontal	90

Resumen:

Forma envolvente: Revaluando la piel y su aplicación en el trópico

Nuestro planeta ha enfrentado diversos cambios climáticos de manera drástica durante la última década. Uno de los cambios más impactantes es el aumento a largo plazo de la temperatura media del sistema climático de nuestro planeta, mejor conocido como el calentamiento global. Esto es mayormente causado por las acciones de los humanos por medio de la emisión de gases que retienen el calor y causan daño al medio ambiente. Por esta razón esta tesis cuestiona: **debido a la alza de temperatura climática actual, ¿La piel de una estructura de vivienda multifamiliar podrá regular o controlar la temperatura de sus espacios?** La realidad es que la mayoría de nuestros edificios no están diseñados para el trópico o son modelos utilizados o aptos para países extranjeros. Este proyecto de tesis tiene como objetivo diseñar una vivienda multifamiliar que aproveche y utilice los recursos de nuestro medio ambiente; la ventilación e iluminación natural, buscando un mejor estado de comodidad para todos sus residentes.

Reconocimientos:

Me faltarían palabras para agradecer a todas las personas que se involucraron en la realización de este proyecto de tesis, sin embargo mi comité de tesis merece reconocimiento. Principalmente a mis directores, mentores y profesores Guillermo Acevedo y Norma Fuster por dirigir esta investigación en el camino correcto. Y a mis consejeros la Arquitecta Camila Lamela y el Ingeniero Jorge González les agradezco sus consejos y conocimiento de sus respectivos campos. Mas importante es destacar a la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Puerto Rico del Recinto de Rio Piedras, que gracias a ella se ha hecho posible toda mi preparatoria profesional y me dio su apoyo incondicional.

También agradezco a las personas que leerán esta tesis que buscan como mejorar la estadía para los residentes de nuestra hermosa isla en el trópico.

*La forma envolvente: Reevaluando la piel y su
aplicación en el trópico.*

La forma envolvente: Reevaluando la piel y su aplicación en el trópico.

Introducción:

Mi experiencia en viviendas multipisos

He vivido en viviendas y espacios sin ventilación natural donde la orientación en la que está posicionado el edificio o su tratamiento de fachada o piel no permiten la entrada de los vientos alisios hacia sus interiores de manera efectiva. También residí en casas completamente cubiertas de ventanas de cristal con un sistema mínimo de operación, es decir, que la flexibilidad de estos sistemas operables eran insuficientes para la entrada de una cantidad de flujo de viento adecuada hacia la unidad. El condominio Plaza Universidad 2000, en el pueblo de Río Piedras, es un ejemplo de un edificio con estas particularidades por lo cual tuve experiencias desagradables. Cada unidad de vivienda es como un horno, retiene el calor del día y no tiene como dispersarlo. Sus fachadas son completamente de cristal, un material que transmite el calor de altas temperaturas por medio de convección el cual mayormente ocurre durante las horas más calientes del día.

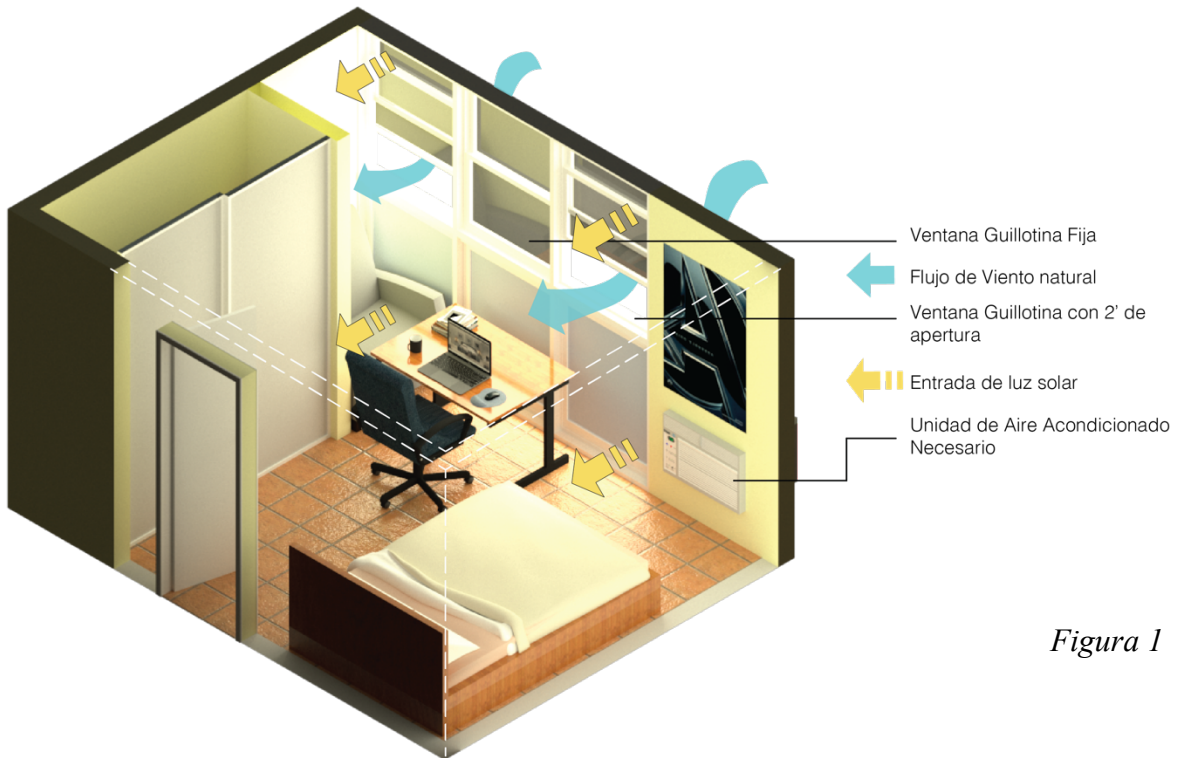


Figura 1

El problema principal de este edificio es el diseño de la ventana de cristal, de mecanismo de guillotina dividida en tres planchas desde el piso hasta el techo. Estas ventanas cubren los espacios completos de la sala, al igual que las habitaciones y convierten estos espacios en unos sumamente calurosos durante el día. La ventana guillotina lograba una apertura de mínimo dos pies de altura y se encuentran dos de estas pequeñas ventanas por espacio. Al vivir en un piso veintiuno, ese espacio minúsculo de apertura permitía la entrada de muy poca ventilación; contrario a la cantidad de viento que usualmente fluye en viviendas a esta altura y sin ningún otro edificio cerca obstruyendo el flujo de aire. El problema de la ventilación también se debe a la orientación en la que está colocado el edificio. Pues el edificio tiene una tipología en forma de “L” orientada en este mismo sentido mirando hacia el norte. Las únicas aperturas del edificio se encuentran en las escaleras de emergencia ubicadas en el extremo de cada ala. Y solo permiten que los vientos alizos, provenientes del noreste, entren por el pasillo del ala que mira hacia el este y aun así no se distribuye por todo el edificio y mucho menos por las unidades.



Figura 2

Estos factores propiciaron que mi experiencia allí fuera de incomodidad y periodos diarios de calor lo cual me obligó mantener encendido mi sistema de aire acondicionado por mas tiempo durante el día, resultando en una factura mas costosa de consumo de luz eléctrica. Experiencias como esta me motivan a investigar este tema. Propongo diseñar una solución que logre comodidad y calidad de vida.

Capítulo 1: Antecedentes

Descripción del contexto y propósito de la investigación

La mayoría de las viviendas multifamiliares contemporáneas en Puerto Rico no han sido diseñadas para las altas temperaturas que traerá el cambio climático a la isla. Estos edificios no están diseñados para el trópico y son modelos utilizados o aptos para países extranjeros. Muchas viviendas actualmente no utilizan la ventaja de la iluminación y ventilación natural que provee la isla, gracias a su localización geográfica en el trópico¹. Esta tesis propone diseñar una vivienda multifamiliar que aproveche y utilice los recursos de nuestro medio ambiente, como la ventilación e iluminación natural, buscando el mejor estado de comodidad para todos sus residentes.

1

Necesidad de un hogar seguro y cómodo

■ Necesidades para la comodidad

El hogar es un espacio en donde un individuo o un grupo de personas conviven, pero que además está íntimamente relacionado con una sensación fuerte de seguridad, calma y serenidad, acompañada del sentimiento de propiedad y pertenencia². Es esencial que estos espacios estén ubicados en una zona segura y cuenten con un sistema de seguridad adecuado para la protección de cada residente. Otro requisito de un hogar agradable es tener una iluminación adecuada. Tener una buena iluminación es importante ya que cada espacio debería de tener una visibilidad adecuada para trabajar, estudiar o realizar tareas cotidianas. Es favorable tener más iluminación natural porque le da una mejor sensación al espacio y; al ser aplicada de la manera correcta en los diseños de estos hogares, ilumina mejor los espacios durante el día debido que la iluminación rebota mejor a través de los espacios. Además, estos hogares deberían tener una buena distribución de espacios, los cuales deberían ser lo suficientemente grandes para que sea transitorio y tenga una distribución de mobiliario relativamente cómodo. Igualmente, otro requisito para obtener un hogar cómodo es tener un ambiente climatizado, el cual es el enfoque de la investigación. Esto se puede lograr aprovechando la ventilación natural del área, dejándola pasar hacia dentro del espacio con la aplicación de algún sistema de pieles y ventilación cruzada.

En la arquitectura, se le conoce a la envoltura del edificio como el tratamiento de las fachadas y cubiertas, o sea a la envolvente del edificio que está en contacto con el medio que lo rodea.³ El sistema de pieles tiene que ser uno que permita la entrada del viento ya sea por un

² Confidencial Digital, “¿A Qué Llamamos Hogar?,” Confidencial Digital (Confidencial Digital, May 30, 2018), <https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/tendencias/hogar/20180530134621089670.html>.

³ “Arquitectura En Acero,” Inicio, accessed November 29, 2020, <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/materiales/pieles-planchas-perforadas-y-tejidos-metalicos>.

sistema permeable, de ventanas o celosías de un material ligero que esté diseñado para regular la cantidad de viento que entra al espacio y a su vez que pueda servir como regulador de iluminación natural. Por otro lado, este requisito puede jugar con la creación de sombras que generan estos sistemas y aportan a la regulación de la temperatura. Aplicando estos puntos, la vivienda se puede alejar de la dependencia de sistemas de regulación de temperatura y el usuario puede ahorrarse estos gastos en su factura de consumo eléctrico.

■ Ventilación Natural

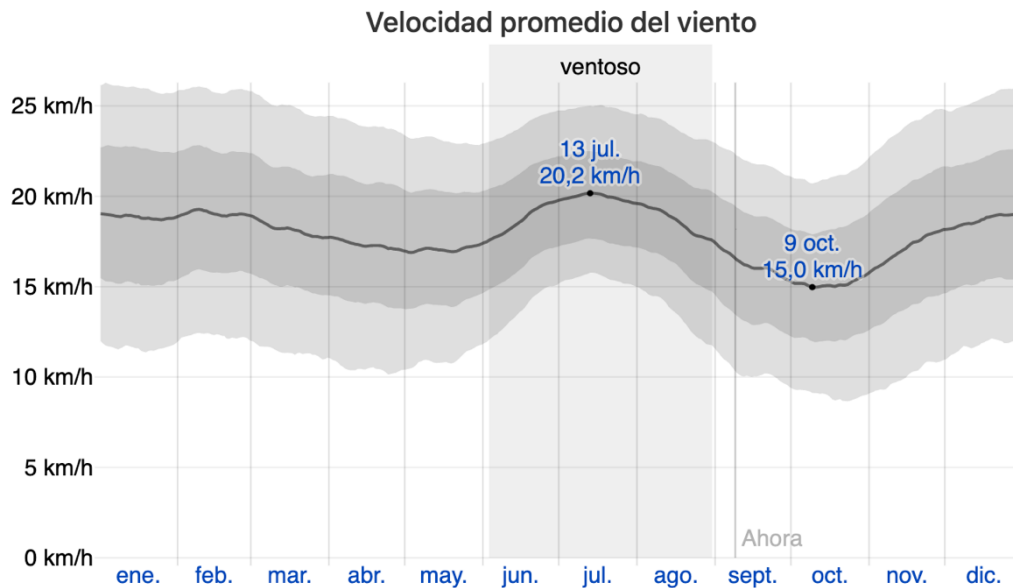


Figura 3

Actualmente muchas de las viviendas multifamiliares de la isla no cuentan con ventilación natural. Muchos de estos edificios residenciales dependen de sistemas de regulación de temperatura en vez de aprovechar los recursos naturales que la isla provee de forma gratuita, debido a su localización geográfica como: brisas naturales, luz solar, altas temperaturas, etc.. La mayoría de estos edificios no toman en consideración las altas temperaturas que enfrenta Puerto

Rico y no incorporan la ventilación cruzada en sus diseños. Esta ventilación cruzada es definida por la página “Plataforma Arquitectura” como “aperturas en un determinado entorno o construcción que se disponen en paredes opuestas o adyacentes, lo que permite la entrada y salida de aire”⁴. El edificio debe estar orientado de una manera que las corrientes de vientos puedan acceder por estas aperturas sin interrupción. La orientación inadecuada de algunos edificios en la isla no permite que los vientos alisios, provenientes del este, puedan fluir a través de los edificios. Por consecuencia, son obligados a recurrir al sobreuso de sistemas de regulación de temperatura como unidades de aires acondicionados.

■ Desarrollo de las Viviendas Multifamiliares

Las viviendas multifamiliares son una serie de viviendas que, de forma consecutiva, constituyen espacios pensados para el albergue de una cantidad precisa de familias. Desde la era del imperio romano, el ser humano ha tenido conocimiento y los medios para crear edificaciones de más de un nivel. Las primeras viviendas de multipisos surgen durante este periodo en la forma de lo que se conoce como las “ínsulas”. Una "ínsula" en la arquitectura romana era como un edificio de apartamentos que albergaba a la mayoría de la población, a todos menos a los de la clase media alta a los ciudadanos más ricos. El nivel del suelo de la ínsula era para tiendas y negocios, mientras que el piso de arriba era espacio habitable. A veces se le daba un nombre, generalmente refiriéndose al propietario del edificio. Por lo general, una sola ínsula podría albergar a más de 40 personas. Toda la estructura tendría entre seis y siete apartamentos. A menudo, los pisos superiores no tenían calefacción, agua corriente ni baños. Se hicieron reformas bajo el emperador Augusto para aumentar la seguridad en estos edificios. Existían peligros de incendio y colapso, por lo que la altura de estos edificios se restringió a 70 pies. El emperador

⁴ Matheus Pereira, “Ventilación Cruzada, Efecto Chimenea y Otros Conceptos De Ventilación Natural,” Plataforma Arquitectura (Plataforma Arquitectura, October 31, 2019), <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/889075/ventilacion-cruzada-efecto-chimenea-y-otros-conceptos-de-ventilacion-natural>.

Nerón restringió la ínsula aún más, hasta 60 pies. Toda la ciudad tenía alrededor de 42,000 a 46,000 ínsulas.⁵

El uso de lugares comunes es muy convencional en esta clase de condominios, compartiendo algunos elementos como: escaleras, estacionamientos, parques, entradas y servicios como vigilancia⁶. Tras su reinvento en la Revolución Industrial, las necesidades sociales de edificaciones han seguido incrementando debido a las ventajas que provee las viviendas multifamiliares, tales como uso de control de acceso, seguridad a los residentes; y la ventaja de que son mas económicos a la hora de arrendar o comprar⁷. La demanda de este tipo de edificio sigue aumentando y en vez de expandir u ocupar espacios de vivienda esparcidamente a través del contexto, mejor se ocupa un punto fijo o zona y se habita de forma verticalmente. Por otro lado, además de proveer viviendas, también pueden tener espacios de comercio en su primera planta que pueden ser exclusivamente para el uso y beneficio de sus residentes o son abiertos públicamente. Esto provee oportunidad de empleo y ayuda a promover la densificación del área deseada. Por tal motivo, la aplicación de estos tipos de viviendas han sido tan revolucionarias y seguirán expandiendo en términos de programación al igual que en tamaño.

⁵ “SOME OF THE FIRST MULTI-STORY BUILDINGS: SKYSAVER RESCUE BACKPACKS,” SkySaver Rescue, April 9, 2018, <https://skysaver.com/blog/first-multi-story-buildings-skysaver-rescue-backpacks/>

⁶ “¿Como Seria El Condominio Multifamiliar Ideal?,” Vértice Arquitectos, accessed October 9, 2020, <https://www.verticearquitectos.com/blog/como-seria-el-condominio-multifamiliar-ideal>.

⁷ Danielaamayaa, “Revolución Industrial: El Desarrollo De La Arquitectura En Estados Unidos,” artopinionsblog, September 9, 2016, <https://artopinionsblog.wordpress.com/2016/09/09/revolucion-industrial-el-desarrollo-de-la-arquitectura-en-estados-unidos/>.

Relevancia, trascendencia, utilidad y beneficios sociales

■ Alzas en temperatura en Puerto Rico

La temperatura de la isla ha estado incrementando a través de los años a consecuencia del calentamiento global como resultado de las acciones del ser humano y su misión de expandir sus proyectos, causando daño al ecosistema por medio de gases dañinos de la industrialización.

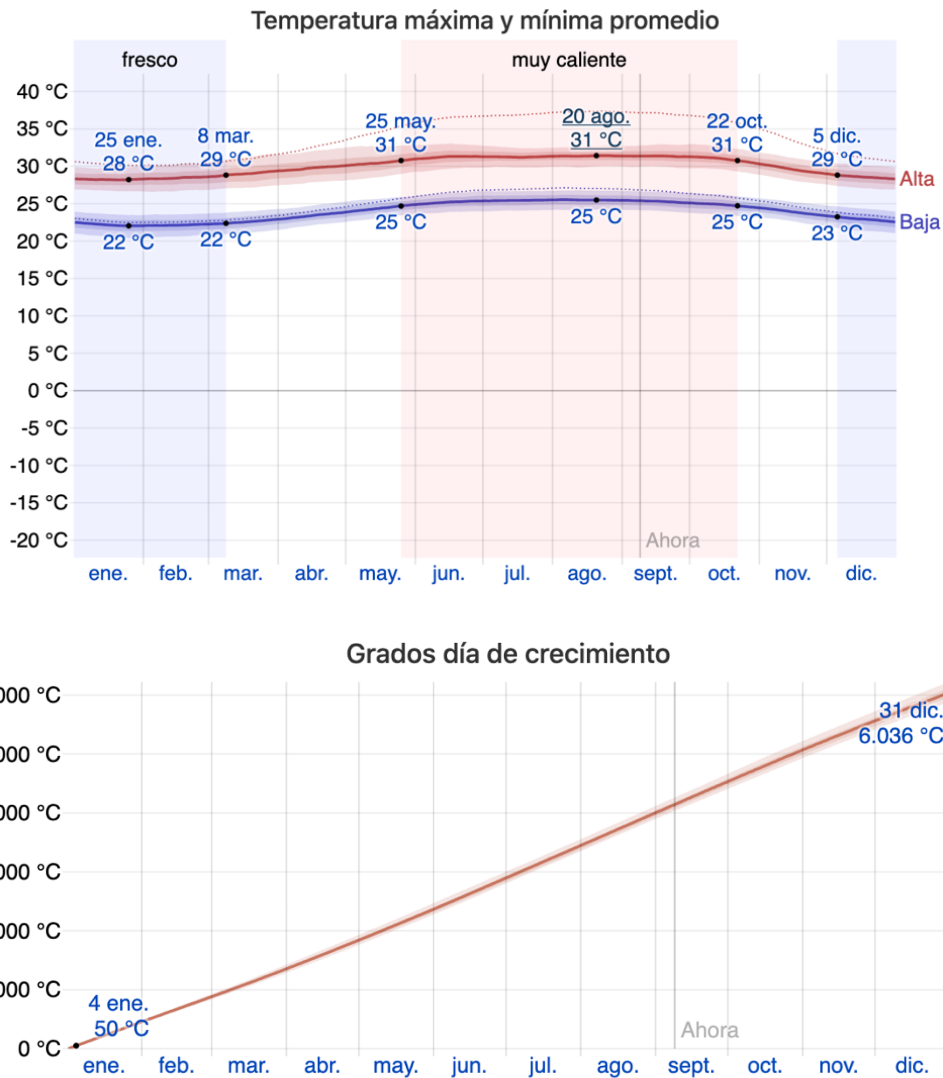


Figura 4

La temperatura más alta registrada en la isla ha sido de 35 grados Celsius, lo cual se traduce a 95 grados Fahrenheit. Comparando las tablas de temperatura de la última década, hubo un aumento

de 3 grados Celsius y se estima que seguirá aumentando⁸. El incremento de las temperaturas presenta una desventaja para los usuarios de las viviendas que no cuentan con ventilación natural ya que estos espacios se calientan bastante durante el día. Esta situación se puede evitar por medio de la aplicación de mejores sistemas de piel y la aplicación de la ventilación cruzada mencionada anteriormente. Muchas de estas viviendas cuentan con piel completamente de cristal lo cual puede ser más costo efectivo, pero sacrifica la comodidad climática natural de nuestros hogares.

■ Relevancia – Importancia de la “Piel”

Las viviendas multifamiliares cumplen un rol importante en la sociedad y estas, al igual que todo tipo de edificio, necesitan un elemento arquitectónico esencial como lo es su cobertura. Las “ventana” son aperturas en las fachadas de los edificios que permiten la entrada de iluminación natural hacia dentro de los espacios.⁹ Son necesarias para tener algún tipo de aperturas en nuestros hogares y ser los medios por los cuales tenemos una conexión con el contexto que nos rodea. Las piel proveen protección y seguridad por medio de la aplicación de ventanas operables o fijas que cierran la apertura, pero a su vez no obstruyen la entrada de iluminación solar. Existen innumerables tipos de ventanas como, por ejemplo: Miami, Guillotina, Celosías, Francesas, Fijas, entre otras; que varían en materiales como madera, metal, PVC, cristal, etc. Todo esto es relevante ya que el enfoque principal de esta investigación es la revaluación de la

⁸ Telemundo Pr, “San Juan Alcanza Récord En Temperatura Alta,” Telemundo Puerto Rico (Telemundo Puerto Rico, September 21, 2019), <https://www.telemundopr.com/noticias/puerto-rico/temperatura-alta-alcanza-nuevo-record-en-san-juan-2/47829/>.

⁹ “La Ventana y Su Historia,” Intel Aberturas, accessed October 9, 2020, <http://intelaberturas.com.ar/intelaberturas-la-ventana-y-su-historia/>.

piel y cómo esta por medio de su tipo, material y aplicación va a mejorar la calidad de vida para sus usuarios. Considerando todos estos factores, esta investigación busca la aplicación de una piel o cubierta mejor apta para las viviendas multifamiliares que permita no tan solo la entrada de iluminación natural, sino también la del flujo del viento natural a través de los espacios.

Capítulo 2 – Marco Teórico

Trasfondo Histórico

Las viviendas multifamiliares surgieron a causa a los avances tecnológicos de la revolución industrial. Primordialmente, esta nueva tipología estructural surge como respuesta a un nuevo planteamiento urbanístico girando en torno a los nuevos tipos de transportes en la época de la revolución industrial del siglo XVIII. Debido a estos transportes, las edificaciones y ciudades se expandieron en dos direcciones: A lo ancho, debido a los transportes horizontales (ferrocarril, tranvía y automóvil), mediante suburbios distanciados del centro urbano donde el terreno era más asequible y se podía vivir en contacto con la naturaleza y a lo alto, desde la invención del elevador en E.U., en bloques de pisos poco a poco más altos que favorecieron la especulación sobre el coste del suelo¹⁰. Así surgieron los edificios de múltiples niveles, mejor conocidos como “rascacielos”. De la misma manera, las viviendas se adaptaron para esta nueva tipología colocando varias familias en diversas unidades de vivienda agrupadas una encima de la otra a través de todo el edificio. Ya para el siglo XX y la revolución arquitectónica, la residencia se

¹⁰ Alejandro Martín, “10 Consejos Para Crear Casas Confortables y Más Sanas,” OVACEN (Noticias eficiencia energética y arquitectura | OVACEN, September 3, 2020), <https://ovacen.com/crear-casas-confortable-sanas/>.

transformó en el primordial foco de atención para los arquitectos vanguardistas, y a lo largo de muchos años las mejores obras construidas del movimiento moderno fueron edificios residenciales.

En Puerto Rico, edificios de este tipo empezaron a tener mas auge a fines del siglo XIX y principios del siglo XX.¹¹ Arquitectos reconocidos implementaron ideales de diseño tropical como lo fueron Henry Klumb, Osvaldo Toro y Miguel Ferrer. Formaron parte de la revolución arquitectónica de la posguerra que evocaba el espíritu del Movimiento



Figura 5

Moderno presentando un vocabulario básicamente consistente en términos de su plástica y postulados formales.¹² Dentro de estos ideales, tomaron en cuenta características particulares del lugar como lo es el clima, topografía, materiales disponibles y la economía de medios constituyen determinantes fundamentales en sus obras.¹³ Adicionalmente, estas características abrieron las puertas a una nueva relación entre la estructura principal de los edificios con su envoltura o encerramiento. Esto incluye la aplicación de mecanismos de ventilación cruzada e

¹¹ Giannoni Andrés Mignucci, “Continuidades y transformaciones en la arquitectura contemporánea en Puerto Rico” in *Arquitectura contemporánea En Puerto Rico: 1976-1992* (San Juan, P.R.: A+ Editores, 2009).

¹² Giannoni Andrés Mignucci, “Arquitectura y El Paisaje Tropical,” in *Arquitectura contemporánea En Puerto Rico: 1976-1992* (San Juan, P.R.: A+ Editores, 2009).

¹³ Giannoni Andrés Mignucci, “Arquitectura y El Paisaje Tropical,” in *Arquitectura contemporánea En Puerto Rico: 1976-1992* (San Juan, P.R.: A+ Editores, 2009).

iluminación natural, creando una continuidad entre el interior y exterior. Esta gramática incluía el uso de elementos como celosías, montantes, quiebrasoles y aleros profundos, al igual que manipulaciones de forma como la altura de techos, uso de patios interiores y estrategias de emplazamiento y orientación que facilitaban la manipulación de la luz natural y la ventilación apropiada por vía de principios como la convección o ventilación cruzada. Estos elementos permanecieron prominentes hasta a mediados de los setenta, perdiendo auge gracias a tipologías de edificios contemporáneos.

Componentes de una envoltura

Paredes

Desde sus orígenes, la civilización ha utilizado la arquitectura para simbolizar su poder y conocimiento de tecnologías de su época. Así surgen edificaciones como templos, acueductos, viviendas, entre otros que esencialmente son sostenidos o divididos por elementos arquitectónicos conocidos como “paredes”. Palabra originada en el latín “paries”, pared, alude a una estructura física alta y plana, capaz de sostener y dividir un espacio de otro.¹⁴ En el Imperio Romano no solo usaron piedras, madera y mármol, sino también materiales producidos como el "concreto romano", los ladrillos e incluso el vidrio, permitiendo que los edificios permanecieran por siglos en pie. Específicamente, las paredes evolucionaron desde piedras con juntas secas y

¹⁴ “Concepto De Pared,” Concepto de pared - Definición en DeConceptos.com, accessed November 22, 2020, <https://deconceptos.com/general/pared>.

ladrillos secados al sol, al comienzo de la civilización, a paredes más sofisticadas, construidas con un núcleo de hormigón y ladrillos cocidos.¹⁵

Hoy en día, las paredes varían de muchos materiales al igual que distintos grosores. Desde materiales como hormigón, madera, “gypsum board” y grosores desde cuatro a ocho pulgadas, entre otros. No todas las paredes tienen que ser estructurales, otras pueden servir como divisores de espacios públicos a privados o simplemente pueden proveer privacidad. Por otro lado, estos elementos no tienen que ser completamente sólidos. Hay casos en los cuales las paredes no estructurales tienen perforaciones o son hechas de materiales permeables que permiten ver hacia el otro extremo. Paredes de este tipo principalmente son decorativas pero tienen una funcionalidad práctica como divisores o marcadores de circulación dentro de un espacio. También las paredes permiten el uso de otros elementos arquitectónicos como lo son las aperturas, ventanas, cubrimientos, entre otros.

La “Ventana”

Un elemento que siempre estuvo presente desde los orígenes de la arquitectura es lo que conocemos como la “ventana”. Esta se conoce esencialmente como una apertura de un edificio o residencia la cual permite la entrada de iluminación y ventilación hacia el interior del espacio. La página electrónica “Interlaberturas” nos brinda los orígenes de este elemento. Establece: “Las primeras ventanas, no eran más que huecos en los muros o fachadas de las viviendas, sin acristalar, a fin de dejar entrar la luz y el aire en el habitáculo, que podían ser tapadas con madera o haces de paja. Aun cuando se conocía el vidrio desde la época de los fenicios, son los romanos,

¹⁵ Eduardo Souza, “¿Cómo Se Construyeron Los Muros De Los Edificios Romanos?,” Plataforma Arquitectura (Plataforma Arquitectura, March 15, 2020), <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/935421/como-se-construyeron-los-muros-de-los-edificios-romanos>.

alrededor del año 60 DC, quienes introducen la utilización de vidrieras. En un principio consistían en pequeños trozos de vidrio sujetos con tiras de plomo. Se hizo popular su uso en la construcción de iglesias. Ya a partir del siglo XVII se introduce el bastidor de madera para sujetar el vidrio. En la medida que los sistemas de producción de vidrio van evolucionando se logra, en 1840, colocar vidrio plano, de mayor dimensión y más económico. Para la década de los sesenta ya la ventana se parecía a las típicas que conocemos hoy en día con vidrios espaciosos al igual que gran variedad de grosores.

Con los avances tecnológicos actuales, este elemento arquitectónico ha cambiado de distintas formas y se ha hecho de varios materiales. Gracias a estos avances, surgieron tipos de ventanas como: las corredizas, guillotina, oscilo-paralelas, miami, fijas, con aperturas al exterior, entre otras. A través del tiempo se han utilizado otros materiales para armar estas ventanas como madera, madera con aluminio, aluminio, pvc y con o sin rotura de puente térmico. Además, estas ventanas pueden ser acompañadas por sistemas o elementos que regulan la entrada de iluminación solar. Entre estos sistemas se encuentran persianas, cortinas, contras operables, contras fijas, celosías y

otros tipos de cristales aptos para el oscurecimiento del espacio. Todo ha sido posible gracias a los avances tecnológicos

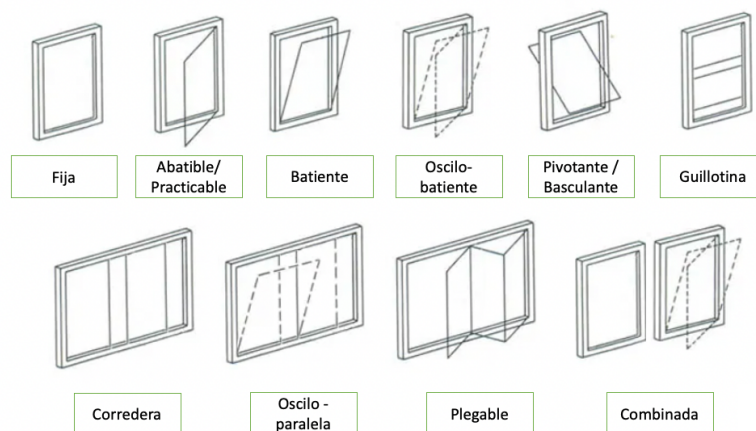


Figura 6

que siguen trayendo innovaciones, llevando este elemento esencial de la arquitectura a sus máximas expresiones y variaciones.

“Louvers”

La piel o la envoltura de un edificio son un conjunto de elementos que le dan forma y estética a cada una de sus fachadas. Además de ser un elemento atractivo y decorativo desde el exterior, la mayoría de estas cumple con un rol de sistema de regulación térmica para sus espacios interiores. Estas envolturas pueden componerse de sistemas de mamparas, aleros, cristales, quiebrasoles, entre otros que varían de un sin número de materiales como el acero, madera, ladrillo, metales, etc. Un sistema de envoltura que funciona bien en proyectos ubicados en climas tropicales son los “Louvers”. Este elemento, también conocido como un tipo de persiana, se compone de listones de vidrio, madera, metal u otro material paralelos, horizontales o verticales, diseñados para regular el flujo de aire o la penetración de la luz. Las persianas se utilizan a menudo en ventanas o puertas para permitir la entrada de aire o luz y mantener fuera la luz del sol o la humedad. Pueden ser móviles o fijos. El nombre de persiana se aplicó originalmente a una torreta o linterna con forma de cúpula colocada en los techos de los edificios europeos medievales para ventilación; la disposición de las tablas ahora llamadas persianas era un medio de cerrar las aberturas de esta torre contra el clima. Este uso original de los “louvers” sigue vigente como recubrimiento del sistema de admisión y escape de algunas unidades de ventilación y aire acondicionado.¹⁶ Este elemento se puede utilizar como cobertura para edificios residenciales como casas o viviendas multifamiliares de multipisos. Se ubican principalmente en fachadas donde la luz solar es más fuerte, así creando un juego de sombras generadas por cada elemento de la persiana. Usualmente estos están acompañados por una segunda piel de cristal cubriendo la apertura de la ventana, pero al estar sin esta obstrucción, los louvers permiten la

¹⁶ “Louver,” Encyclopædia Britannica (Encyclopædia Britannica, inc.), accessed November 25, 2020, <https://www.britannica.com/technology/louver>.

entrada del flujo de viento que refresca los espacios interiores con facilidad. De la misma manera, sirven como mecanismos de apertura en ventanas o espacios de puertas que dan hacia balcones, terrazas, vistas o patios. Existen envolturas de “louvers” estáticos o fijos pero también hay muchos tipos de mecanismos operables de persianas como paneles corredizos, plegables verticales u horizontales, en pivote, entre otros. Esta envoltura es una liviana con sistemas de operación relativamente sencilla. Los “louvers” le dan una lectura sencilla y continua a sus fachadas trayendo a su vez beneficios térmicos a sus usuarios.

Hipótesis

¿La piel de una estructura de vivienda multifamiliar podrá regular o controlar la temperatura de sus espacios? Para contestar esa pregunta, se evaluará el uso de sistemas de pieles que permitan la entrada de iluminación natural y ventilación cruzada en una vivienda, con el fin de obtener un diseño mejor acoplado para el trópico.

Objetivos:

Como resultado final, se busca la manera de diseñar un edificio de vivienda multifamiliar que integre ventilación cruzada natural y provea un mejor “estado de confort” para sus ocupantes en el pueblo de Coamo en Puerto Rico. De esta manera no habrá necesidad de un sistema de regulación de temperatura ya que el producto final de esta investigación será un proyecto con una ventilación cruzada eficiente por su forma y tratado de piel. De esta manera sus usuarios no serán tan afectados dentro de sus viviendas por las alzas en temperatura y disfrutaran de un hogar más refrescante y cómodo en todo momento. Esta envoltura será operable, que pueda satisfacer las necesidades de sus usuarios, y será resistente a los vientos de huracanes. Este edificio va a

redensificar el casco urbano del pueblo desde su interior, promoviendo mas actividad peatonal y comercial en el área.

Capítulo 3 – Metodología

Esta primera parte de la investigación se hizo de forma grupal durante el primer semestre del año académico de 2020-2021 de agosto a diciembre. El lugar estudiado o “site” es el casco urbano del pueblo de Coamo en Puerto Rico. Coamo esta ubicado en el área sur de Puerto Rico y es una zona bastante rural en comparación a otros, como San Juan por ejemplo. Este grupo trabajo en conjunto para esta parte de recolección de datos y análisis de sitio ya que mas de un compañero va a tener su proyecto de tesis en la misma zona de estudio. Cada dato investigado va a influenciar la toma de decisiones de cada proyecto tomando en cuenta cada condición del contexto circundante. Primero se estudió el contexto social del pueblo, empezando por su historia junto a su desarrollo económico tanto como poblacional. Esto incluye una estructura poblacional, pirámide de edades y tendencias de crecimiento y decrecimiento. Luego se hizo un análisis del contexto circundante del área estudiada, es decir su contexto natural y sus condiciones existentes. Aquí se estudio sus condiciones de clima, vegetación, precipitación, geografía y tipos de suelo.

Al recopilar todos estos datos del análisis de sitio, se procede a escoger entre 7 distintos posibles lotes en los cuales los proyectos van a estar situados. Cada estudiante procede a escoger un lote y hace su análisis de normas y condiciones existentes del mismo. Dentro de este análisis individual se estudio sus reglamentaciones, infraestructuras, densidad, riesgos, tipos de estructura

y los usos de edificios circundantes de cada solar individual. Toda esta metodología servirá como herramienta o receta a seguir para poder desarrollar un proyecto eficiente que complemente el contexto del casco urbano de Coamo. A continuación se estará presentando toda esta recolección de datos.

Historia de Coamo

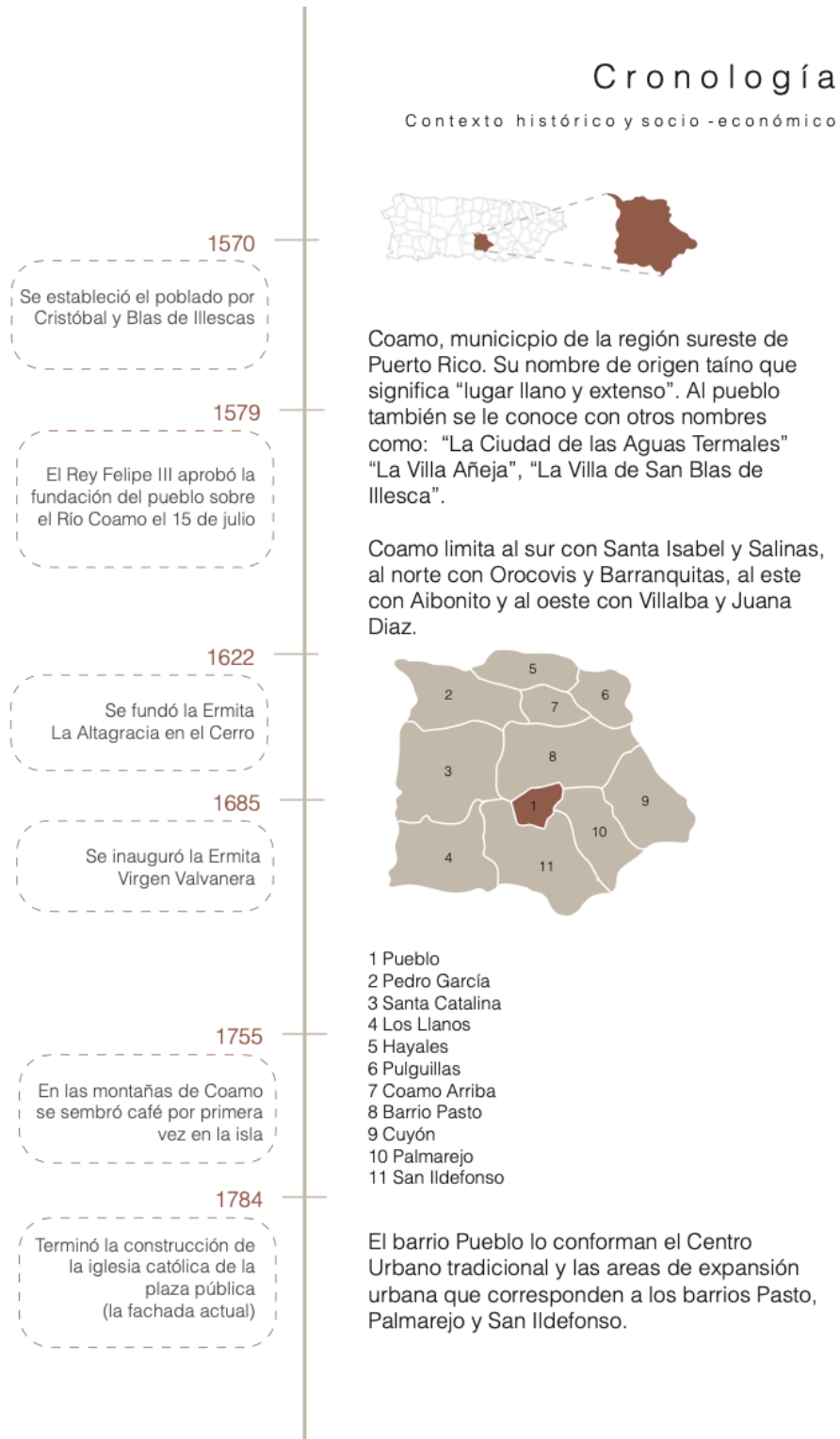
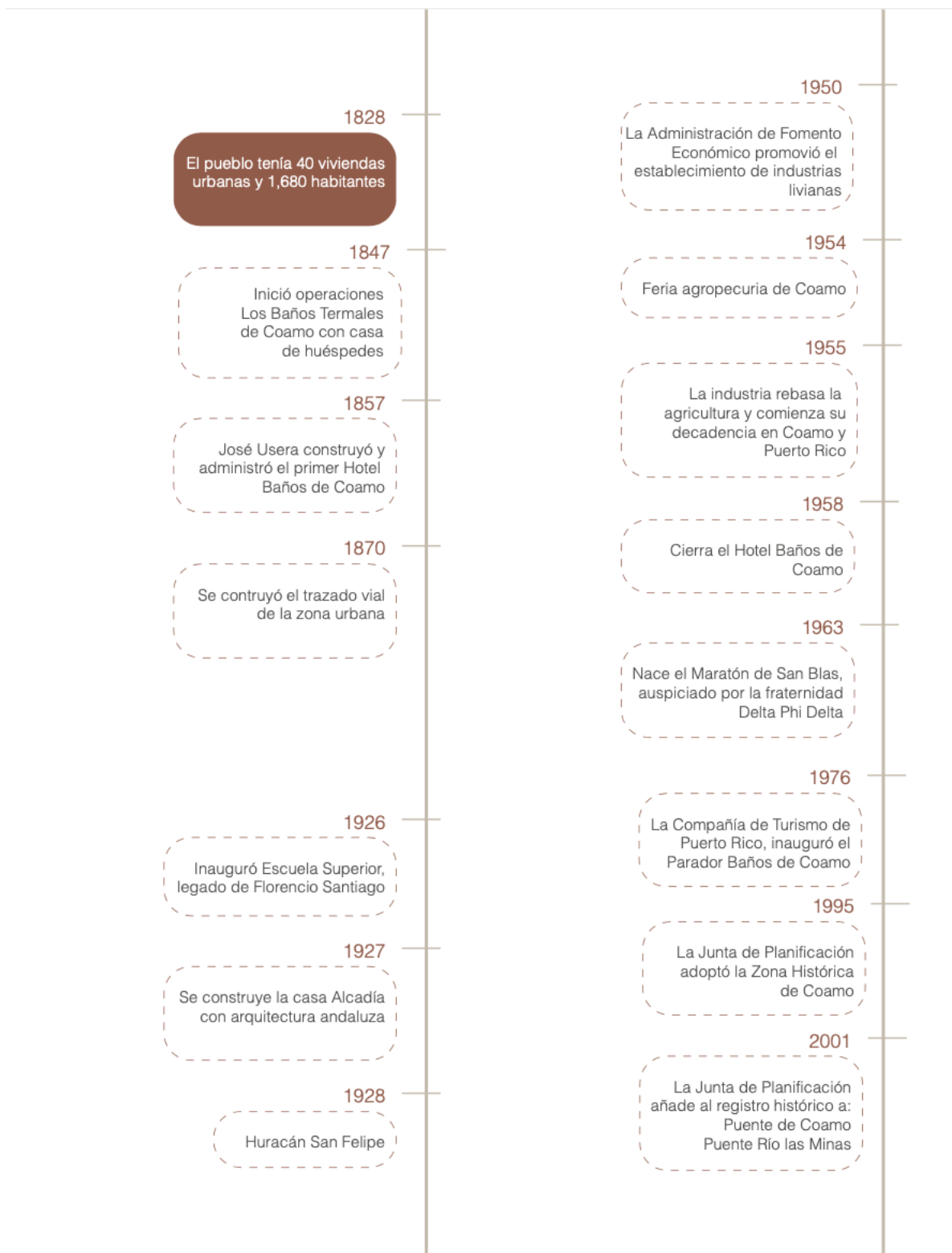


Figura 7

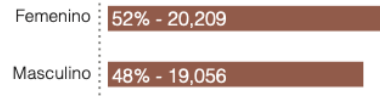


Estructura Poblacional

Población de Coamo (2018 E)



39,265



Densidad poblacional: 519.3 x m²

Censo - Datos de encuesta a la comunidad 2018

Tendencia de la población de Coamo por edad a través de los años

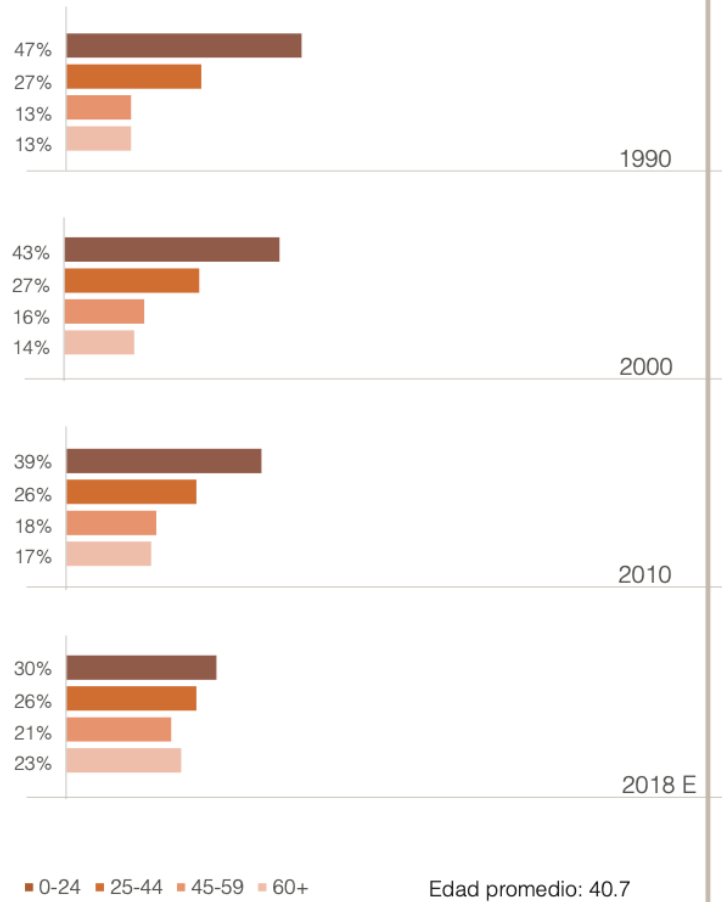
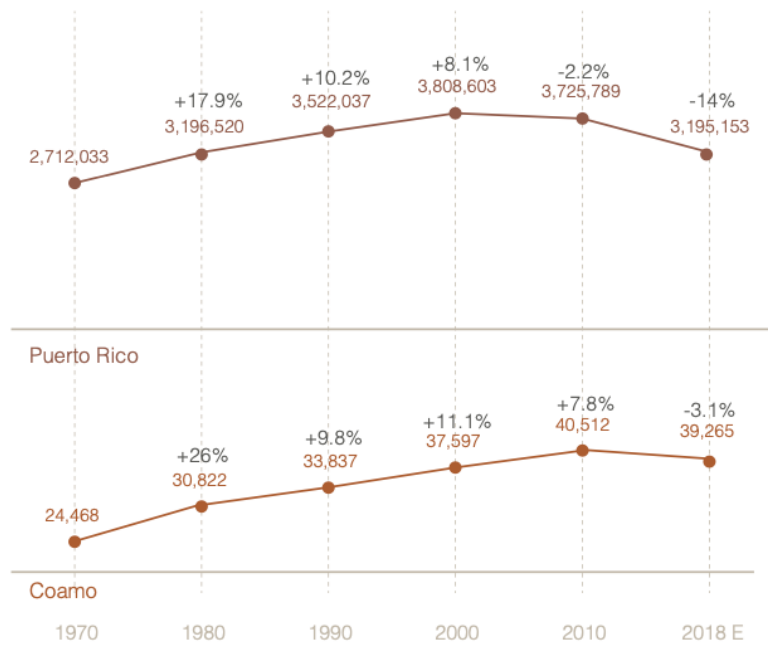


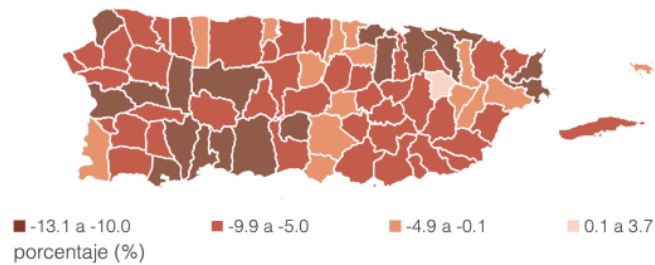
Figura 8

A través de los años



Estadísticas del 2017 posicionan a Coamo en el lugar #70 entre los municipios en orden de mayor a menor de decrecimiento poblacional (Red Data Center 2017).

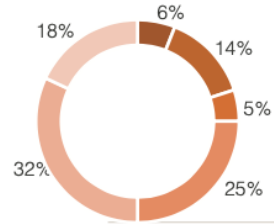
Cambio porcentual de la población entre 2010 y 2016



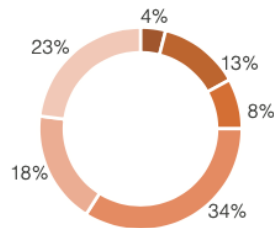
Por: Instituto de Estadísticas de Puerto Rico
 Fuente: Annual Estimates of the Resident Population: April 1, 2010 to July 1, 2016
 Source: U.S. Census Bureau, Population Division
<https://censo.estadisticas.pr/Comunicado-de-prensa/2017-03-23/123000>

Composición industrial de Coamo

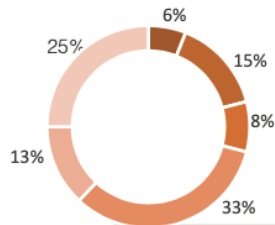
Mercado laboral en Coamo



2000



2005



2009

- agricultura, min. y electricidad
- comercio
- construcción
- servicios
- manufactura
- gobierno

Ingresos 2010

Ingreso mediano familiar
Puerto Rico: \$22,273
Coamo: \$27,400

Ingreso mediano per cápita
Puerto Rico: \$16,039
Coamo: \$12,031

Desarrollo de Viviendas

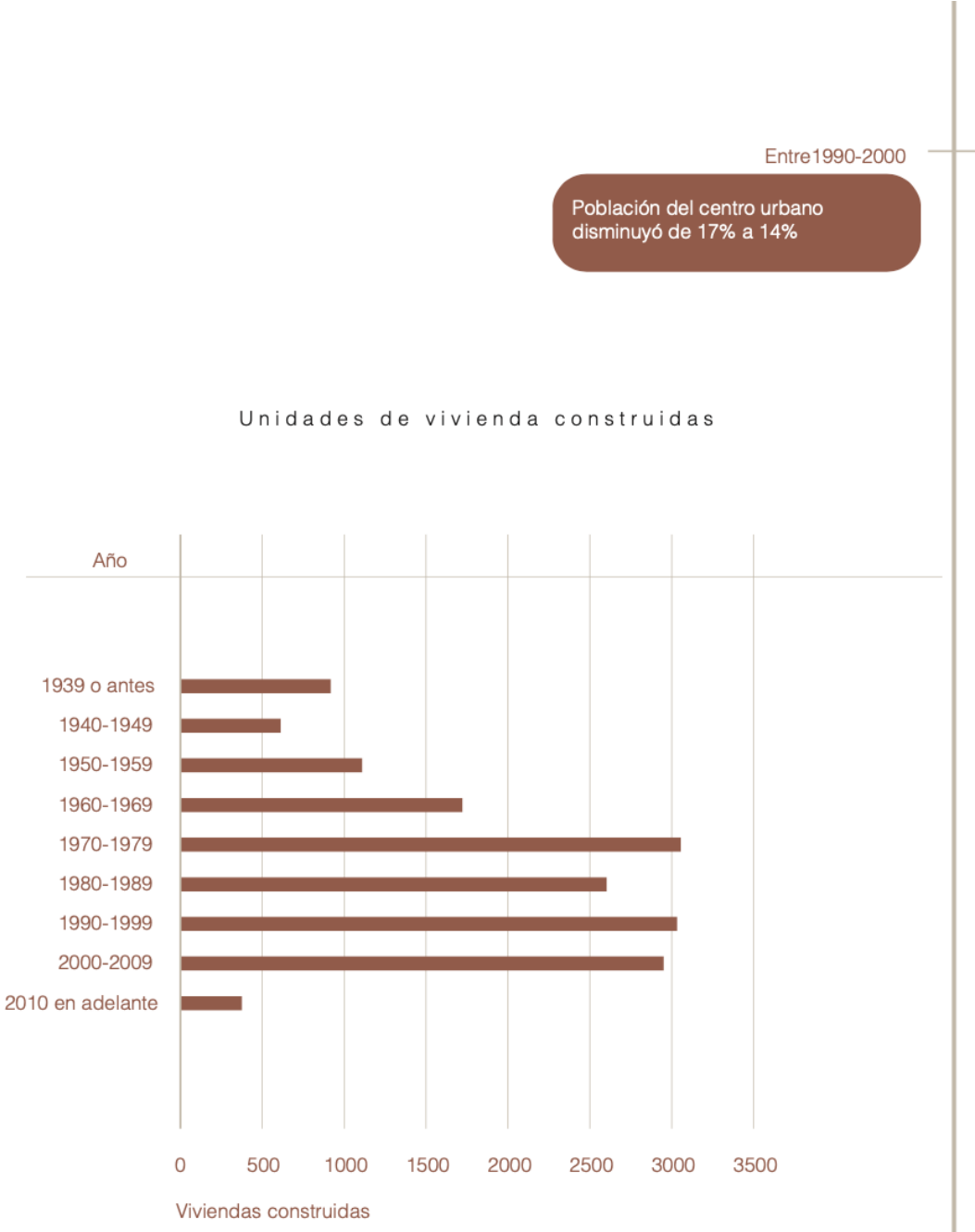
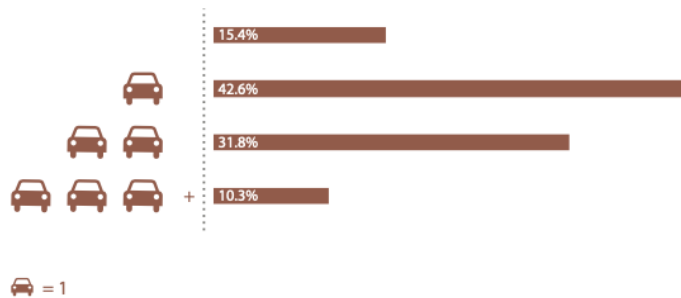


Figura 9



Vehículos por hogar



Bibliografía y referencias

Censo - Departamento de Comercio de los EE.UU. "Puerto Rico: 2010 Recuentos de Población y Unidades de Vivienda", 2012. <https://www.census.gov/prod/cen2010/cph-2-53sp.pdf>.

Censo. "Encuestas a la comunidad Coamo 2010-2018"

H. Calero Consulting Group Inc. "Plan estratégico del centro urbano de Coamo - diagnóstico y análisis de condiciones - Volumen I", 2010.

Red State Data Center. "Se reduce en 5% o más la población de sesenta y dos municipios". Censo Estadísticas, 2017. <https://censo.estadisticas.pr/Comunicado-de-prensa/2017-03-23t123000>.

Investigación de Campo

Esta investigación se centra en el casco urbano del pueblo de Coamo en Puerto Rico. Localizado en el área central del sur de la isla, Coamo es un pueblo relativamente pequeño, con una densidad poblacional de 39,265 habitantes en contraste de los 344,606 habitantes de la capital de San Juan según los datos del censo del año 2018. En términos de densidad construida, Coamo no es un municipio totalmente urbano ya que gran parte es o está rodeado de mucha vegetación y montañas. Esta vegetación ha sido afectada a través de los años a causa del surgimiento de nuevas tecnologías y la densificación urbana del pueblo. Desde la década de los noventa, la vegetación circundante ha sido mayormente la más afectada por el desarrollo de nuevos proyectos y por ende la expansión del casco urbano con el pasar del tiempo. La poca vegetación o “parchos verdes” que abundan dentro de la ciudad han permanecido hasta hoy día con la única diferencia que no son tan densos como lo fueron hace treinta años atrás. Coamo es un pueblo bastante rural rodeado de mucha vegetación y zonas montañosas que no sufren de tanta densidad urbana excluyendo los pequeños barrios o urbanizaciones en áreas como Palmarejo, Los Llanos, Pedro García, entre otros. Esto hace de Coamo un pueblo de mucha tierra fértil y áreas verdes que no han sido tocadas por el hombre en la actualidad y no corren riesgo inmediato de ser consumidos por la densidad urbana.

Vegetacion

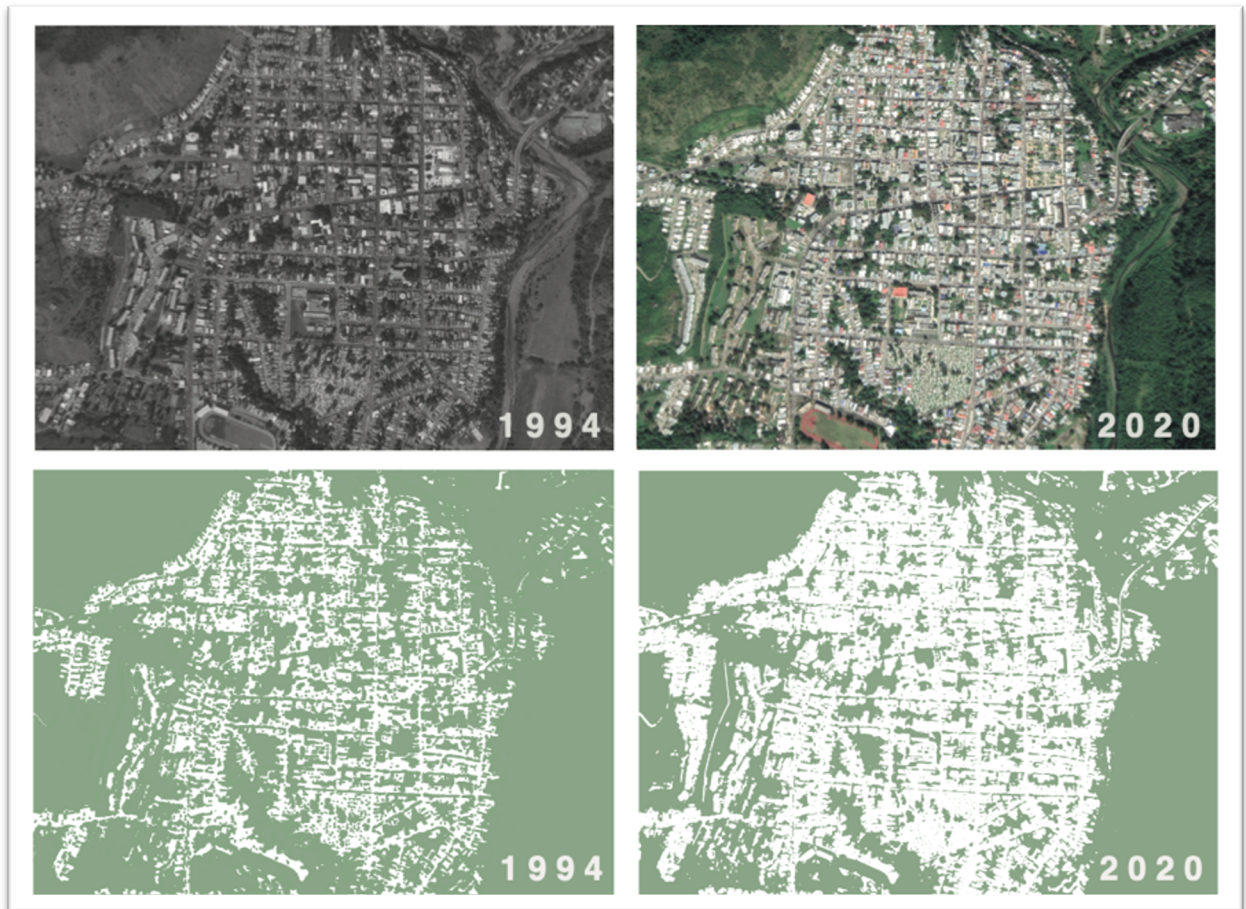


Figura 10: Comparación de la vegetación del año 1994 con la actualidad en el 2020

Según los mapas de inundabilidad de FEMA, Coamo tiene tres sectores sujetos a inundación. La causa principal de estas inundaciones son los ríos que abundan en Coamo. Estos son los ríos: Coamo, Cuyón, Del Pasto, y De la Mina¹⁷. Los sectores que estos ríos afectan son en San Idelfonso, Palmarejo y el Pueblo. El área de San Idelfonso es afectado por el Río Coamo mientras que la zona de Palmarejo y el Pueblo son afectados por el Río Cuyón que se conecta con el mismo Río Coamo. El que toma prioridad en esta investigación es el Río Cuyón que pasa por el área este del pueblo. Según los mapas de FEMA, esta zona de inundabilidad colinda pero no entra precisamente al casco urbano de Coamo, de manera que no afecta directamente a la ciudad. Tomando esto en cuenta, los niveles de precipitación es un factor muy importante a tomarse en consideración. Según la pagina web “USDA-Centro Climático del Caribe”,

anualmente se ha proyectado distintos niveles de precipitación dependiendo de la cantidad de lluvia que cae en el área. La página establece que los meses en los cuales hay más niveles de precipitación son

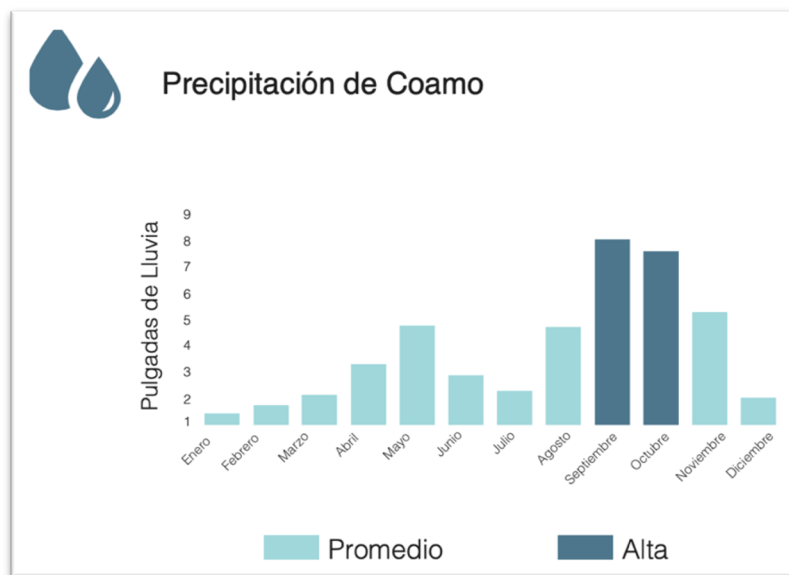


Figura 11

septiembre y octubre con un máximo de ocho pulgadas de agua¹⁸. El resto del año los niveles se

¹⁷ “Home,” Fema Puerto Rico, accessed October 27, 2020, <http://cedd.pr.gov/fema/index.php/1070-2/>.

¹⁸ USDA - Centro Climático del Caribe, accessed October 27, 2020, https://caribbeanclimatchub.org/farmtool/index.php?entry_id=984.

mantienen bastante generales con un promedio de tres a cinco pulgadas de agua. Dicha información es esencial para la consideración de sistemas de recolección de agua en cualquier desarrollo de proyectos en el pueblo de Coamo.

19



Radio Estudiado



Leyenda:


 Zonas Inundables

Figura 12

¹⁹ “Home,” Fema Puerto Rico, accessed October 27, 2020, <http://cedd.pr.gov/fema/index.php/1070-2/>.

El clima del pueblo de Coamo es relativamente seco debido a su localización en el área sur de la isla. La página de “USDA-Centro Climático del Caribe” muestra proyecciones de temperaturas promedio a través del año. La temperatura varía generalmente entre los 70 a 78 grados Fahrenheit. Mientras que la temperatura más alta registrada ha sido 86 grados durante la época de verano y la más baja de 65 grados Fahrenheit durante el invierno²⁰. Por tal razón la estadía diaria en Coamo es una relativamente calurosa para sus habitantes. También estas temperaturas más calurosas se presentan durante la hora pico de la tarde cuando el sol está en su punto más alto. Esa hora es entre las 12:00 y 1:00 de la tarde, lo cual provoca sombras proyectadas hacia el noreste desde que el sol sale del este en la mañana y se esconde en el oeste por la tarde. Las sombras son importantes tenerlas en consideración en la etapa de diseño ya que su conocimiento va a influenciar en la toma de decisiones y ciertas orientaciones del edificio a ser propuesto.

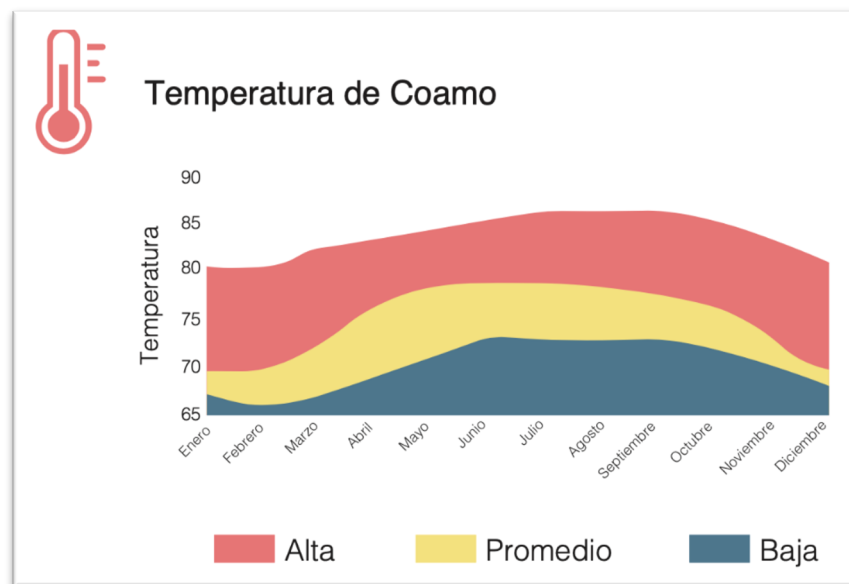
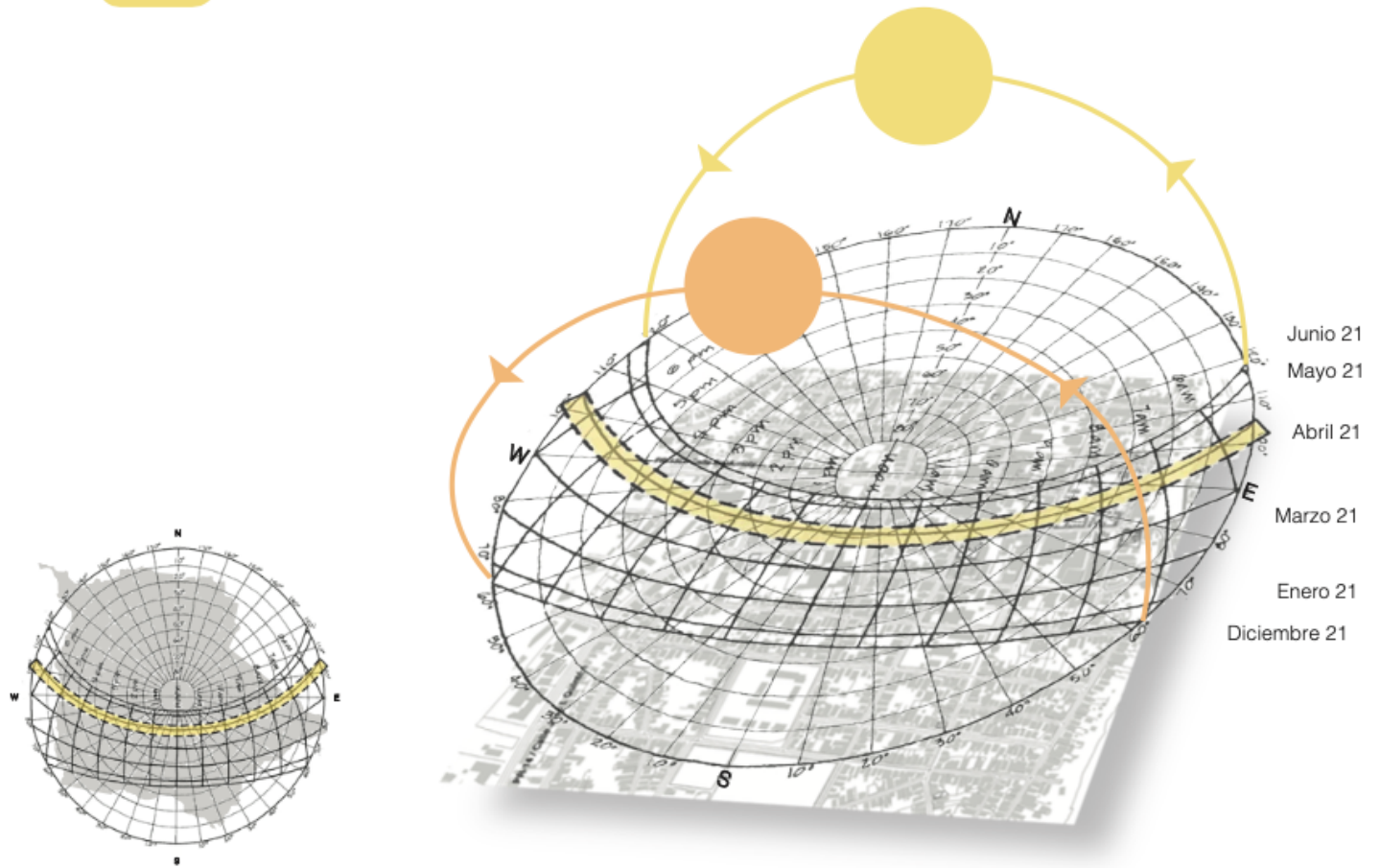


Figura 13

²⁰ USDA - Centro Climático del Caribe, accessed October 27, 2020, https://caribbeanclimatehub.org/farmtool/index.php?entry_id=984.




Iluminación Solar



Leyenda:

 Solsticio de Verano

 Solsticio de Invierno

 Trayectoria General

Figura 14

Precedentes

A continuación se estarán presentando distintos proyectos arquitectónicos con características e implementaciones de sistemas en particulares de ventilación natural al igual que sistemas de envolturas. Estos precedentes van a influenciar la toma de diseños en las próximas etapas para poder lograr obtener un diseño de un edificio que ventile naturalmente de manera eficiente. El primer precedente estudiado es “75WA Residential Building” del equipo de diseño INchan atelier. Este proyecto residencial esta ubicado en el área de Bangkok en Tailandia y cuenta con un área de 700 metros cuadrados. El edificio contiene cuatro niveles, el primero siendo el recibidor general del edificio junto a los espacios de estacionamientos. Los otros tres niveles son las unidades de vivienda con el ultimo teniendo su propia terraza privada. Cada nivel es una unidad completa que comparten y son solo accesibles por dos medios de circulación vertical: su ascensor y escaleras de emergencias. Su estructura y fachada es completamente de hormigón junto a distintas ventanas y aperturas alargadas que proveen vistas en las cuatro fachadas.



Figura 15

Lo interesante de este proyecto es la idea principal de usar los planos superpuestos (muy parecidos a la configuración de un molino de viento) para crear pequeños puntos de apertura

desde todos los lados, funcionando como entradas de ventilación, así como para tener un gran pozo abierto en el centro del plano, funcionando como una salida de ventilación. Con eso, la ventilación cruzada puede tener lugar potencialmente junto con la entrada de una buena cantidad de luz natural en los espacios interiores.²¹ De esta manera cada unidad está siendo refrescada por el movimiento circular del viento generado por estas aperturas que están enmarcadas por ventanas de pérgolas fijas de metal.

Al incorporar una tipología similar al diseño final de este proyecto, la ventilación cruzada no solo dependerá del tipo de envoltura del edificio. Este proyecto logra obtener una buena ventilación cruzada sin el uso de un tratado de piel permeable como quebrasoles o mamparas. Al contrario, su fachada es mayormente de hormigón y aun así obtiene ventilación que cicla a través de los espacios con facilidad. La escala de este proyecto es diminuto en comparación al lote escogido, por lo cual el producto final será uno posiblemente con más de una unidad por piso al igual que estará acompañado por más de un edificio residencial. Con una estrategia similar, el proyecto final tendrá aperturas que permitirán un buen flujo de viento a través de las unidades, complementado por la permeabilidad del tratado de piel.

²¹ Hana Abdel, “75WA Residential Building / INchan Atelier,” ArchDaily (ArchDaily, October 7, 2020), <https://www.archdaily.com/949061/75wa-residential-building-inchan-atelier>.

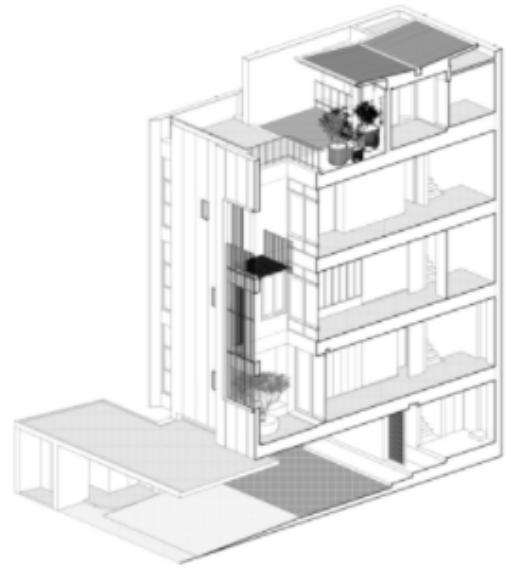
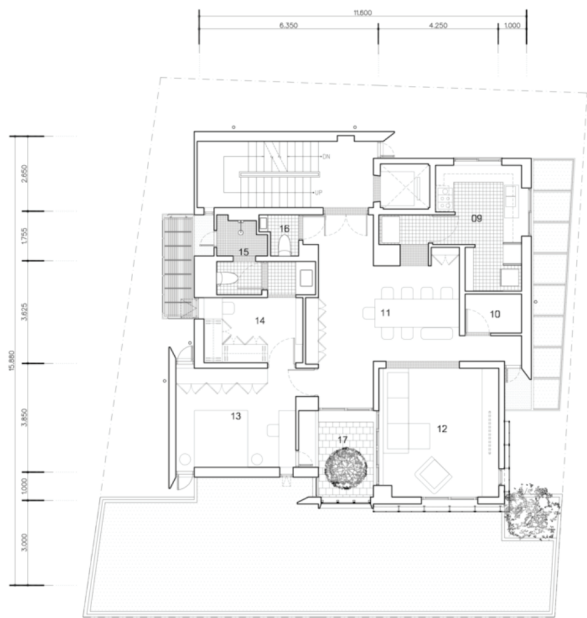


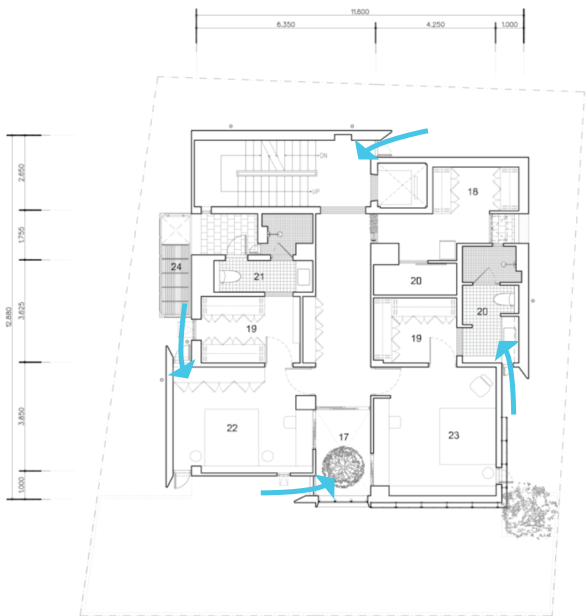
Figura 15

Hana Abdel, "75WA Residential Building / INchan Atelier," ArchDaily (ArchDaily, October 7, 2020), <https://www.archdaily.com/949061/75wa-residential-building-inchan-atelier>.



- LEGEND
- 09 KITCHEN
 - 10 STORAGE
 - 11 DINING TABLE
 - 12 COMMON ROOM
 - 13 BEDROOM 1
 - 14 WALK-IN CLOSET
 - 15 BATHROOM
 - 16 POWDER ROOM
 - 17 TERRACE / LIGHT AND VENTILATION WELL

Level 02



- LEGEND
- 18 SHARED CLOSET
 - 19 WALK-IN CLOSET
 - 20 SECURED STORAGE
 - 21 ENSUITE BATHROOM
 - 22 BEDROOM 2
 - 23 BEDROOM 3
 - 24 A/C BALCONY

Level 03



Figura 15

Hana Abdel, "75WA Residential Building / INchan Atelier," ArchDaily (ArchDaily, October 7, 2020), <https://www.archdaily.com/949061/75wa-residential-building-inchan-atelier>.

Cond. Universitario

Siguiendo la línea de una forma que permita el flujo de viento de manera eficiente a través de un edificio, el segundo precedente estudiado logra esto exactamente. El proyecto en cuestión es el “Condominio Universitario” ubicado en el pueblo de Rio Piedras en Puerto Rico. Diseñado por el Arquitecto Jesús Eduardo Amaral, este proyecto de residencia privada ha sido hogar a innumerables estudiantes de la Universidad de Puerto Rico al igual que familias en general, es decir que no es una residencia exclusiva para estudiantes. El edificio cuenta con 15 niveles en los cuales se encuentran 3 unidades de viviendas de tres habitaciones por piso, sin contar el primer nivel que solo funciona como recibidor general del edificio. Cada unidad de vivienda incluye su propio estacionamiento. Su circulación vertical se compone de dos ascensores al igual que dos escaleras de emergencias. La forma del proyecto es en forma de “Y” en planta con estos ascensores en el centro y una unidad en cada ala por piso. Su estructura se compone de muros estructurales sostenidos por unas columnas gruesas de hormigón que reposan al final de cada ala. Esto crea un recibidor sin paredes y al aire libre en el primer nivel, haciendo de este un recibidor completamente abierto a vuelta redonda. De la misma manera, el recibidor y las escaleras de emergencia de cada piso son abiertos con aperturas y vistas hacia todo el pueblo de Rio Piedras.

La característica particular de este proyecto es su forma. Al tener las unidades en cada ala. Estas tienen aperturas o ventanas en cada lateral lo cual permite el flujo de viento que circule a través de cada cuarto, sala y cocina. También tiene balcones privados en cada extremo de cada ala lo cual hace que tenga aperturas esencialmente en cada cara del edificio. Esto permite que el aire circule libremente por todas las unidades al igual que sus espacios públicos como recibidores y accesos. Adicionalmente, al ser un edificio tan alto, no tiene otros en su alrededor que obstruyan el flujo del aire por lo cual éste ventila en todo momento del día y noche.

Este es otro ejemplo de un edificio que ventila de manera eficiente por su forma. Algo que se puede extraer de este edificio para el proyecto de esta investigación sería una forma que trabaje la ventilación cruzada de tal forma. Esto lo logra abriendo todo los espacios públicos y ubicando las unidades de tal manera que ventilan por ambos laterales de cada vivienda. Cada ala aplica la ventilación cruzada en su expresión más simple, cruzar el viento de un lateral al otro, comportándose independiente de la otra. Una forma y espacios públicos similares pueden

complementar la aplicación de una envoltura o piel que permita la entrada y salida de viento de manera eficiente para sus usuarios.

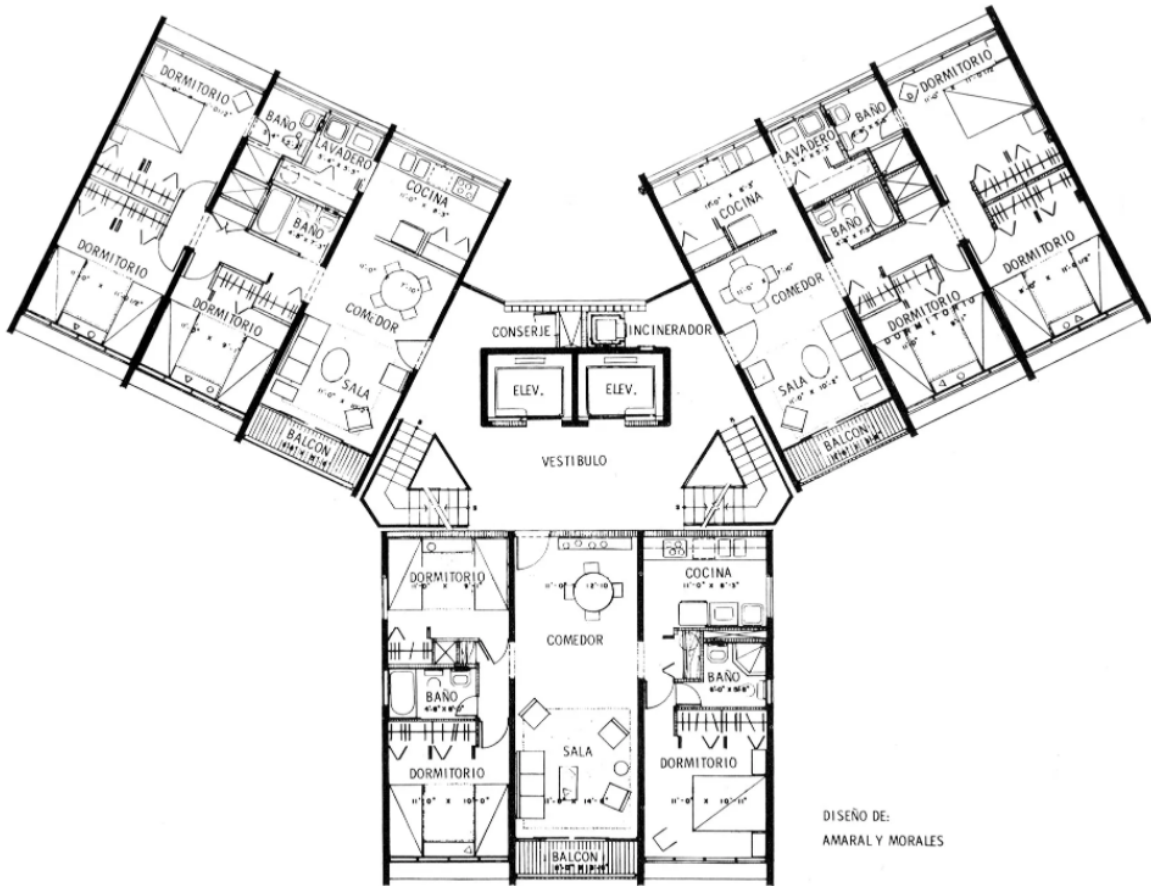


Figura 16



Residencia para 4 Amigos

Entrando ya a un análisis de precedente de un sistema de envoltura, el próximo proyecto es “Residencia para 4 Amigos” de los arquitectos Lussi+Halter Partner AG y Lola Domenech. El proyecto residencial está ubicado en la ciudad de Barcelona en España y cuenta con un área de 913 metros cuadrados. El proyecto surge cuando cuatro parejas de amigos se unen en un proyecto comunitario, construyendo una casa en Barcelona con cinco apartamentos con espacios comunes de convivencia. Los promotores del edificio, con el arquitecto Thomas Lussi como iniciador, son los propios vecinos, que decidieron construir un nuevo hábitat en Barcelona. Encontraron una propiedad estrecha de 6 m de ancho y 30 m de largo en el distrito de Poble Nou en un desarrollo típico de bloque perimetral dentro de la cuadrícula de Cerdà.²² El primer nivel incluye el recibidor general del edificio al igual que una oficina de arquitectos, haciendo de este un edificio de uso mixto, y en los niveles superiores se encuentran los distintos apartamentos que cada uno ocupa su nivel correspondiente. El proyecto propone una relectura de materiales y sistemas constructivos, incorporándolos a un nuevo lenguaje arquitectónico. La combinación de materiales como madera, cerámica y yeso le da al edificio la textura y calidez deseadas. El sistema de persianas de madera adaptables, inspirado en las tradicionales contraventanas correderas de la ciudad, permite desviar la luz del sol en las terrazas y mejorar el confort térmico de las viviendas generando un juego dinámico en las fachadas del edificio.²³ Adicionalmente, la fachada longitudinal, que contiene las escaleras de emergencia, tiene una perforación de

²² Andreas Luco, “Apartment Building for Four Friends / Lussi+Halter Partner AG + Lola Domenech,” ArchDaily (ArchDaily, December 2, 2019), <https://www.archdaily.com/929295/apartment-building-for-four-friends-lussi-plus-halter-partner-ag-plus-lola-domenech>.

²³ Andreas Luco, “Apartment Building for Four Friends / Lussi+Halter Partner AG + Lola Domenech,” ArchDaily (ArchDaily, December 2, 2019), <https://www.archdaily.com/929295/apartment-building-for-four-friends-lussi-plus-halter-partner-ag-plus-lola-domenech>.

cerámica rectangular que permite la entrada de ventilación e iluminación natural en esta área de acceso.

Lo que se puede extraer de este edificio es la similitud de su forma en comparación al lote escogido de esta investigación. Aunque no es la misma escala, ambos tienen una forma rectangular el cual una forma similar puede coger forma en el diseño final de esta investigación. La única diferencia sería la aplicación de aperturas en las fachadas longitudinales debido a que estas miran hacia el este y oeste en el solar de Coamo. En la residencia de los 4 amigos esta solo tiene las pequeñas perforaciones que cubren los espacios de las escaleras, siendo de estas las únicas aperturas de esa fachada. Claro esta que todo depende de la orientación de cada edificio y como fluyen los vientos en su localización geográfica. En el caso de este precedente, el viento fluye desde la fachada que contiene el sistema de pérgolas atravesando las unidades a lo largo hasta salir por la parte de atrás. En el solar de Coamo, los vientos alizos vienen en la dirección nor-este que es desde sus fachadas longitudinales, por lo cual atraviesa desde esa dirección a todos los edificios circundantes. Adicionalmente, se busca aplicar un sistema de envoltura similar a estas pérgolas operables que proveen buena iluminación solar sin obstruir el flujo de viento natural. Estas están hechas de un material liviano y físicamente atractivo que le da una estética única y dinámica desde el exterior. Este dinamismo creado por su sistema de operación crea distintas fachadas cada día por las distintas maneras que sus usuarios colocan los paneles dependiendo su necesidad el momento. Fachadas como esta pueden funcionar bien en un clima tropical, teniendo un uno mas practico que ser meramente decorativo, proveyendo una buena iluminación y ventilación natural para cada unidad.

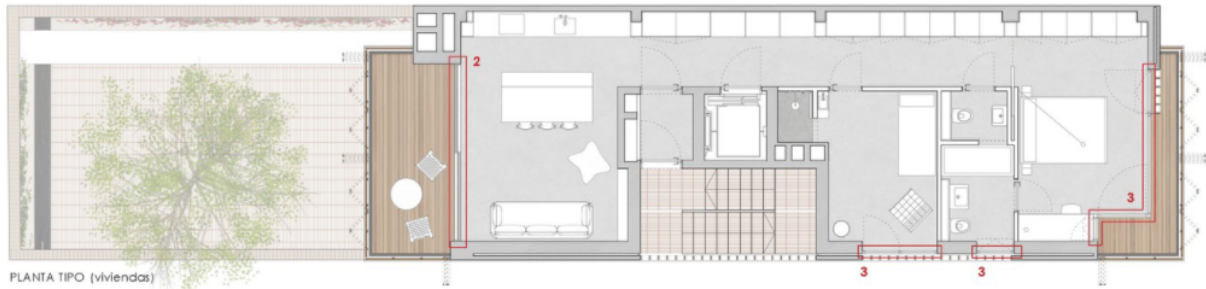
Figura 17



- 1 Vestíbulo de independencia
- 2 Corredor / Acceso
- 3 Sala de estar / cocina / comedor
- 4 Habitación doble (1)
- 5 Habitación doble (2)
- 6 Baño de cortesía
- 7 Baño principal
- 8 Ducha
- 9 Terrazas

PLANTA TIPOLOGÍA 1 A E,1/100
0 5m 10m

Andreas Luco, “Apartment Building for Four Friends / Lussi+Halter Partner AG + Lola Domenech,” ArchDaily (ArchDaily, December 2, 2019), <https://www.archdaily.com/929295/apartment-building-for-four-friends-lussi-plus-halter-partner-ag-plus-lola-domenech>.



PLANTA TIPO (viviendas)

- 2** Vivienda: Carpintería de aluminio TECHNAL corredera MODELO LUMERAL XL acabado anodizado mate RAL 8019
Vidrio Climallit laminado a dos caras. Maneta inox
- 3** Vivienda: Carpintería de aluminio TECHNAL baliente, oscilobaliente y fijo MODELO SOLEAL MINIMAL FY 55 acabado anodizado mate RAL 8019
Vidrio Climallit laminado a dos caras. Maneta inox



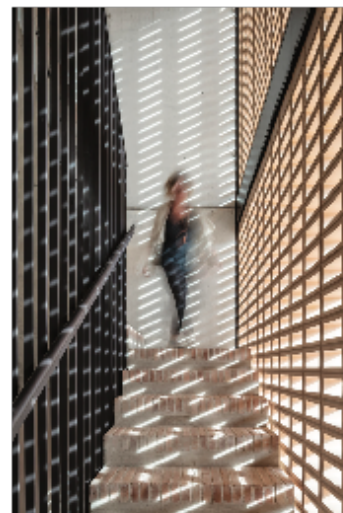
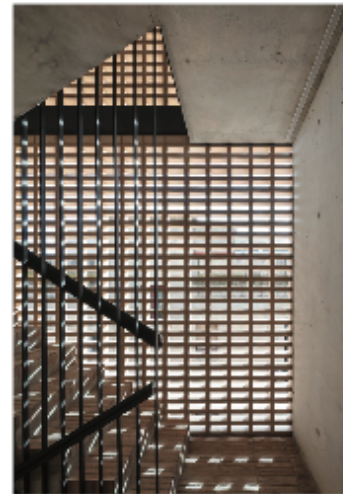
PLANTA BAJA (local y patio)

- 1** Local: Carpintería de aluminio TECHNAL MODELO GEODE MX acabado anodizado mate RAL 8019
Perfiles de 52x60mm, ruptura de puente térmico con junta continua E.P.D.M. entre estructura y perfiles tapa. Vidrio térmico con cámara K3F Superplus 70/40:8 termoendurecida cámara 14mm negro aragón / 5-5. Transmisión luminosa 70% / factor solar 40%

PLANTAS DE CARPINTERÍA E_1/100



Andreas Luco, "Apartment Building for Four Friends / Lussi+Halter Partner AG + Lola Domenech," ArchDaily (ArchDaily, December 2, 2019), <https://www.archdaily.com/929295/apartment-building-for-four-friends-lussi-plus-halter-partner-ag-plus-lola-domenech>.



Andreas Luco, "Apartment Building for Four Friends / Lussi+Halter Partner AG + Lola Domenech," ArchDaily (ArchDaily, December 2, 2019), <https://www.archdaily.com/929295/apartment-building-for-four-friends-lussi-plus-halter-partner-ag-plus-lola-domenech>.

Keeling Apartments

El próximo precedente es un residencial de estudiantes de la Universidad de California en San Diego diseñado por Kieran Timberlake. Este complejo de viviendas LEED-Platino de 160,000 pies cuadrados para 510 estudiantes, está diseñado para promover una comprensión que cambie vidas sobre temas de sustentabilidad. Los estudiantes residentes están inmersos en un entorno de vida y aprendizaje de un año centrado en la responsabilidad ambiental. Cada apartamento para seis personas está configurado para beneficiarse de la ventilación natural, con iluminación natural y vistas al paisaje enmarcadas. El diseño facilita el uso activo de los espacios exteriores, fomentando la interacción de los estudiantes a través de la circulación que fomenta los encuentros casuales y los espacios adecuados para la actividad individual y grupal. El exterior de hormigón blanco vincula visualmente el edificio con la arquitectura del campus existente, proporciona comodidad a través de la masa térmica y aumenta el reflejo de la luz natural. El duro sol de la tarde se bloquea mediante paneles de hormigón prefabricado o mediante el uso innovador de una rejilla industrial de fibra de vidrio. Además, las aguas pluviales se administran en el sitio a través de las cuencas del patio, un techo con vegetación y el arroyo natural.²⁴

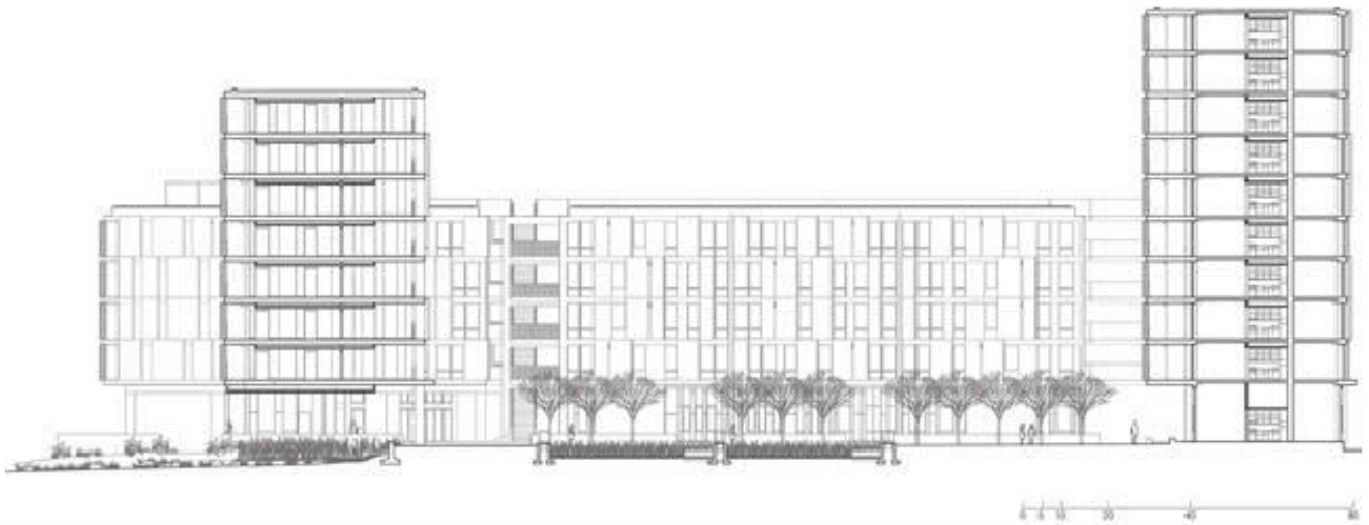
La envoltura de esta vivienda esta ubicada en los espacios de los pasillos utilizados para acceder a cada unidad. Esta envoltura ha provado ser costo eficiente ya que les ha ahorrado energía y dinero en sistemas de regulación térmica. El juego de sombras generado por este sistema de quiebrasoles ha ayudado a regular el calor del sol que afecta esa fachada en especifico

²⁴ architectmagazine.com, accessed November 29, 2020, <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/charles-david-keeling-apartments>.

durante el día. Adicionalmente, este edificio tiene un techo verde que provee espacios de vegetación dentro de la ciudad junto a sistemas de recolección de agua. Estas estrategias de diseño pueden ser aplicadas en el producto final de esta investigación ya que ambas son costo efectivas y saludables para el medio ambiente. Con el techo verde se promueve la inclusión de mas vegetación dentro del casco urbano de Coamo y la el sistema de envoltura ayuda en el ahorro de costo de energía eléctrica necesaria para la regulación de temperatura de cada unidad. De la misma manera un sistema de recolección de agua seria beneficioso para proveer una fuente de agua alterna para su uso en el hogar (luego de filtrarla). Esta práctica natural y tradicional reduce nuestra dependencia del agua de acueducto y mejora la calidad de los sistemas naturales que utilizan esta agua, ya que provee una fuente pura de agua local y gratuita. Plenitud muestra múltiples métodos para recolectar agua de lluvia que cae sobre superficies duras, como el techo de nuestro salón de clases, así como la recolección que se realiza mediante el movimiento de tierras.²⁵

²⁵ “Recolección De Agua De Lluvia,” Plenitud PR, accessed November 25, 2020, <https://www.plenitudpr.org/recoleccion-de-agua-de-lluvia>.

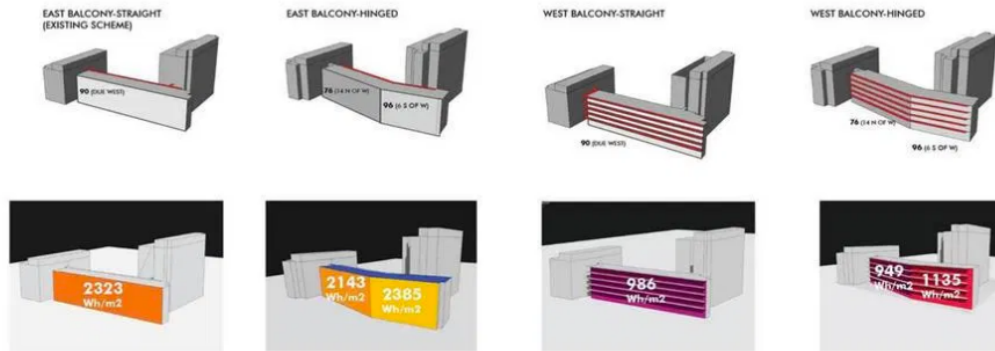
Figura 18



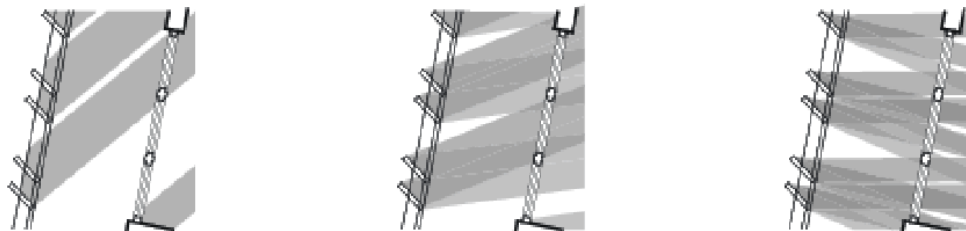
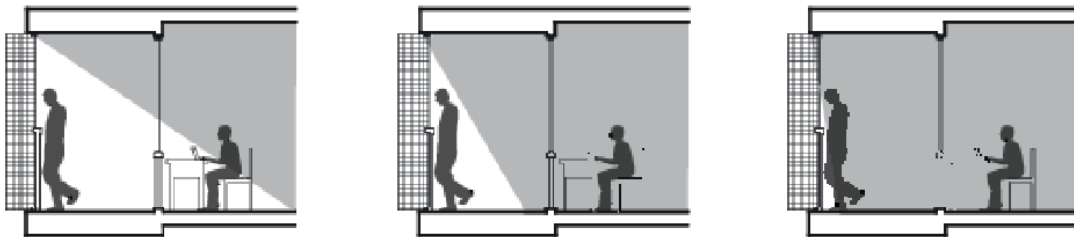
architectmagazine.com, accessed November 29, 2020, <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/charles-david-keeling-apartments>.



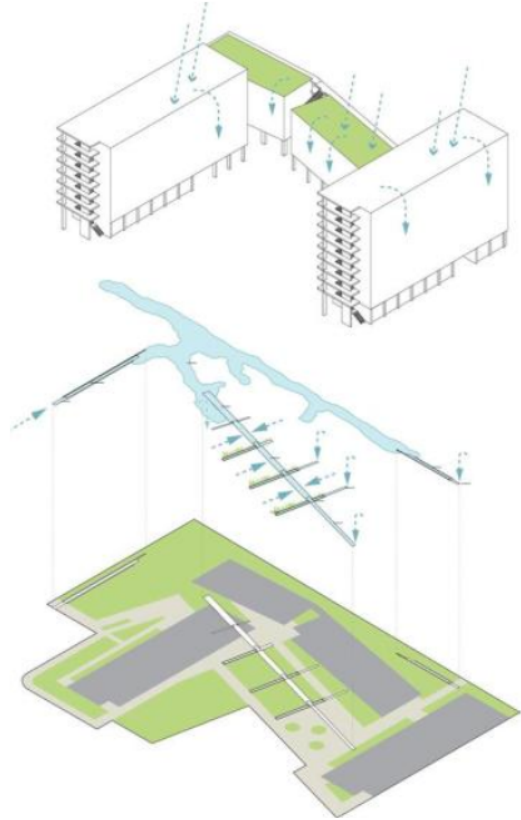
FIBERGLASS SCREEN DETAIL ON WEST BALCONY



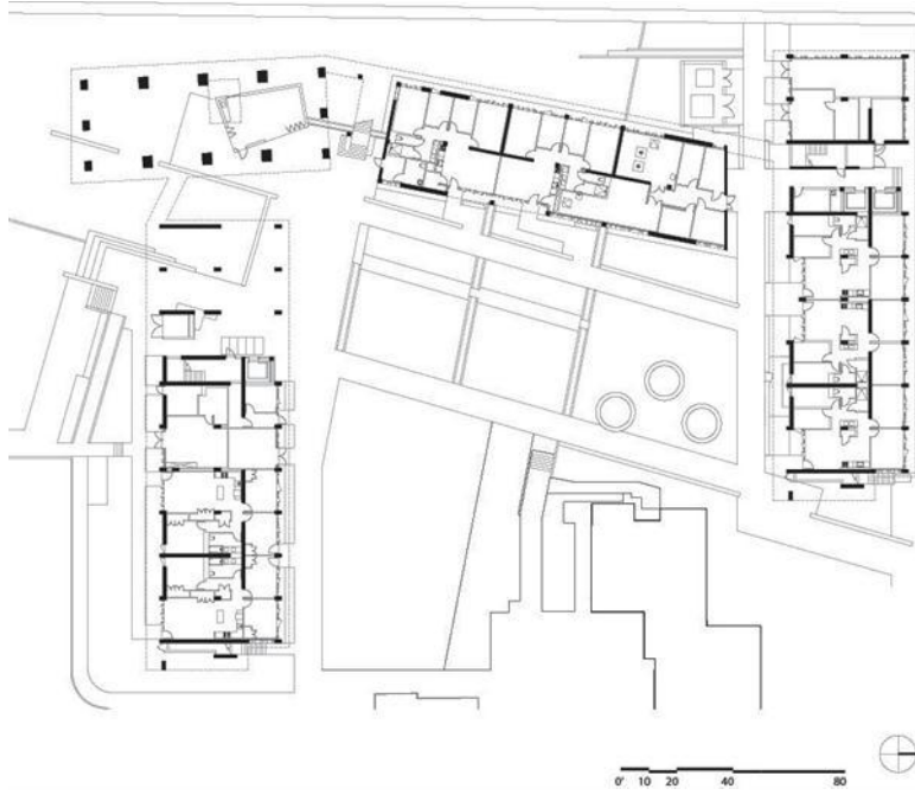
COMPARISON OF ENERGY SAVINGS WITH SHADING ON EAST AND WEST



architectmagazine.com, accessed November 29, 2020, <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/charles-david-keeling-apartments>.



architectmagazine.com, accessed November 29, 2020, <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/charles-david-keeling-apartments>.



architectmagazine.com, accessed November 29, 2020, <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/charles-david-keeling-apartments>.

Freebooter Housing

El último proyecto estudiado se encuentra en Amsterdam en el país de Holanda. Diseñado por la firma GG-Loop, el proyecto se titula “Freebooter Housing” y cuenta con un área de 257 metros cuadrados. Igual que el primer proyecto presentado, este edificio de vivienda multifamiliar se compone de 4 niveles de los cuales los últimos tres son unidades independientes por piso y el primer nivel es el recibidor general del edificio. Estas unidades están envueltas por un quebrasol de “louvers” estáticos con aperturas en espacios de terrazas y vistas importantes. El diseño marítimo de esta envoltura fue la fuente principal de la estética de Freebooter y también fue una fuente de inspiración técnica. La construcción del desarrollo fue completamente prefabricada hasta el último detalle, con madera de cedro rojo occidental, pino y acero como materiales clave utilizados en cada apartamento, referencias a los materiales utilizados en la construcción naval.²⁶ Adicionalmente, el patrón de esta envoltura y sus distintas aperturas surgió por un estudio del movimiento del sol durante todo el año para crear la forma paramétrica y el posicionamiento de las persianas del edificio, permitiendo que la luz solar óptima inunde el apartamento y al mismo tiempo mantenga la necesaria privacidad de los habitantes.²⁷

Una envoltura única que responda a la trayectoria del sol de su localización en particular es una buena estrategia que podría funcionar bien en el pueblo de Coamo. En Puerto Rico la trayectoria del sol pasa de este a oeste desde el sur lo cual podría generar un patrón similar a Freebooter. De esta manera el sistema de “louvers” no tendría que ser operable al estar ubicados

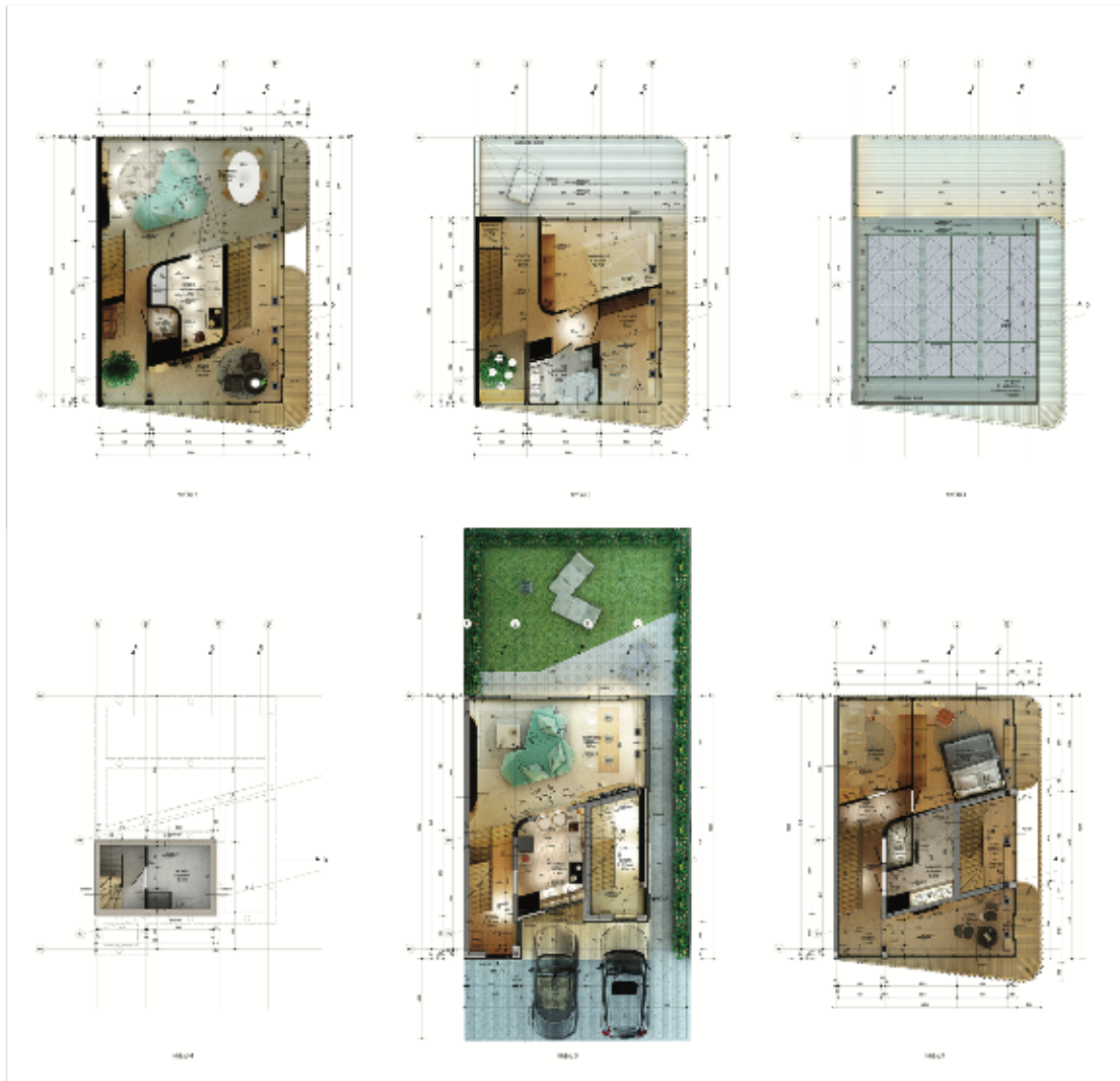
²⁶ Paula Pintos, “Freebooter Housing / GG-Loop,” ArchDaily (ArchDaily, April 25, 2019), <https://www.archdaily.com/915782/freebooter-housing-gg-loop>.

²⁷ Paula Pintos, “Freebooter Housing / GG-Loop,” ArchDaily (ArchDaily, April 25, 2019), <https://www.archdaily.com/915782/freebooter-housing-gg-loop>.

de manera estratégica que provea las sombras deseadas en espacios específicos durante el día, sin tener que uno como usuario tener que operar el mismo en momento de necesidad. Aunque Amsterdam no tiene un clima tropical, el uso del material de madera si funcionaria buen en Puerto rico ya que es un material liviano y fresco que puede brincar una estética elegante de fachada al igual que una función mas practica y eficiente de manera permeable. La escala de este proyecto es sumamente pequeño en comparación del solar de Coamo, pero al tener varios edificios con una escala similar y con más unidades por nivel, se puede tratar de sacar macantidad de viviendas con una tipología parecida a esta.



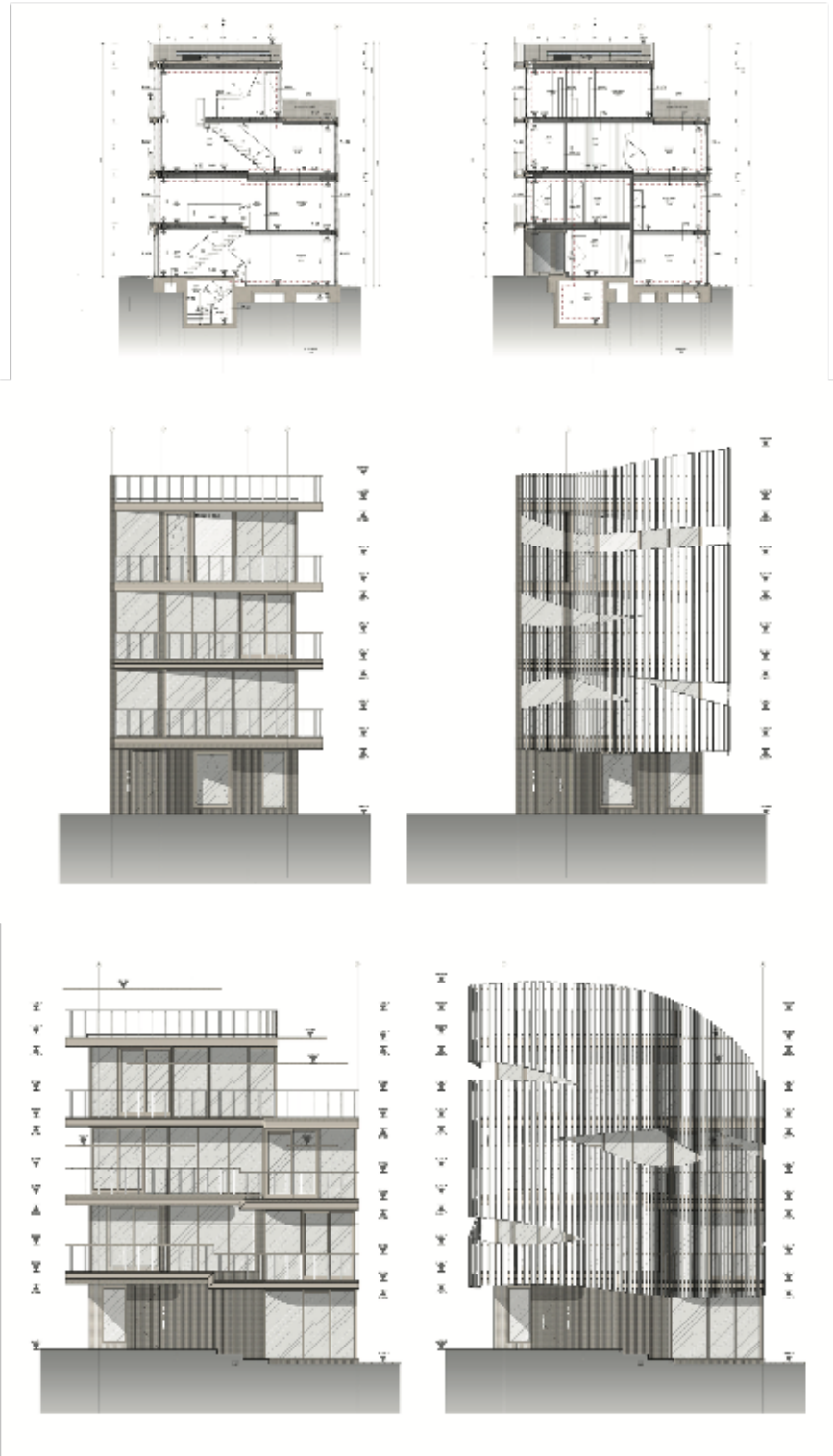
Figura 19



Paula Pintos, "Freebooter Housing / GG-Loop," ArchDaily (ArchDaily, April 25, 2019), <https://www.archdaily.com/915782/freebooter-housing-gg-loop>.



Paula Pintos, "Freebooter Housing / GG-Loop," ArchDaily (ArchDaily, April 25, 2019), <https://www.archdaily.com/915782/freebooter-housing-gg-loop>.



Paula Pintos, "Freebooter Housing / GG-Loop," ArchDaily (ArchDaily, April 25, 2019), <https://www.archdaily.com/915782/freebooter-housing-gg-loop>.

Capítulo 4 – Resultados

Selección de Solar

Para esta investigación se hizo una comparación de tres solares dentro del casco urbano de Coamo para determinar dónde precisamente el proyecto se llevará a cabo. El primer solar

tomado en consideración es el solar donde actualmente se encuentra el “Centro Terapéutico Oasis” en la calle José L. Quintón. Este solar cuenta con un área de 3,620 metros cuadrados y se caracteriza por estar justo antes de entrar más a profundidad al casco urbano de Coamo. La calle Quintón



Figura 20

es una de las calles principales del pueblo por la cual uno siempre pasa para entrar o salir del pueblo. Este solar sufre de que no tiene mucha actividad peatonal. Esto se debe a que el comercio circundante no es uno tan activo como los que abundan dentro del pueblo, por lo cual no camina mucha gente por esta área. Como es mencionado anteriormente, cumple más una función de umbral o de acceso vehicular hacia el casco urbano. Adicionalmente, el comercio del área no se complementa entre sí.

El segundo solar se encuentra al lado este de la Plaza de Recreo de Coamo. Actualmente el solar está ocupado por una casa residencial junto a su patio posterior. Este solar, con un área de 1,312 metros cuadrados, tiene la peculiaridad de que su terreno está en una inclinación bastante elevada. Esta pendiente puede ser beneficiosa ya



Figura 21

que se podría construir bajo ese espacio, aprovechado el uso del terreno en el diseño. Otra peculiaridad es que está ubicado justo al lado de la plaza y tiene acceso fácil a esta. Por otro lado, esta condición hace que el comercio circundante esté localizado aparte de la plaza y por ende más apartado del solar, provocando que la actividad peatonal no sea tan abundante como en el resto del pueblo.

El ultimo solar estudiado es el escogido como solar a desarrollar. Hoy día es un lote que contiene la Iglesia Bautista sin paredes de Coamo y el resto del solar es un estacionamiento de dicho establecimiento. Con un área de 3,334 metros cuadrados, este solar tiene una forma rectangular quebrada con proporciones adecuadas para uno o varios edificios de vivienda



Figura 22

multifamiliar. Este solar se destaca por su doble accesibilidad por dos calles principales, la calle Baldorioty por el norte y la José L. Quintón por el sur. La clasificación del solar es C-I o “Comercio Intenso” por lo cual está rodeado de muchos negocios y comercios que hacen del área una muy activa y viva por sus ocupantes. También se clasifica como área de zona histórica, por lo que entra en juego más reglamentaciones a seguir. En conclusión, se escogió este solar por la alta actividad peatonal y comercial que pueden ser beneficiados por la presencia de una vivienda multifamiliar que traerá mas vida y clientes potenciales al área. Adicionalmente, la ventaja de la doble accesibilidad proveerá un flujo de acceso más cómodo y eficiente a la hora de diseñar en las próximas etapas.

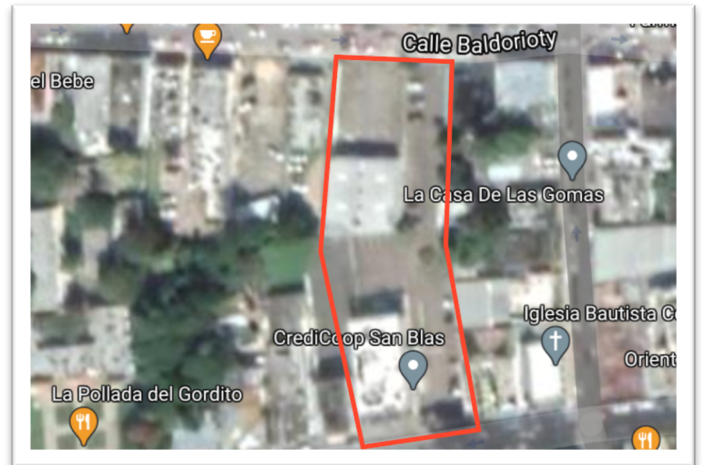
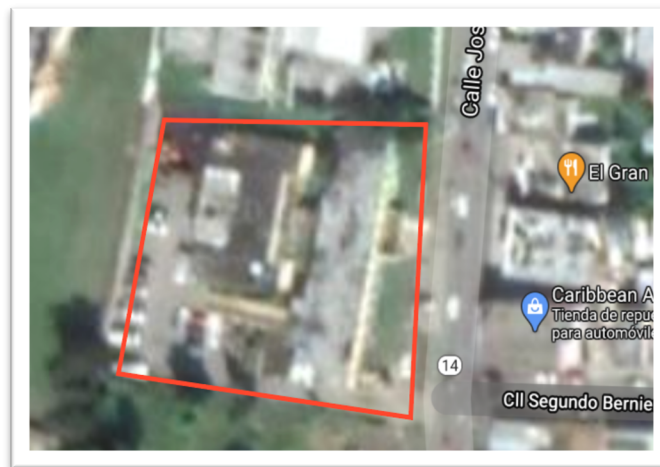


Figura 23

Ubicación del Solar Escogido


 Casco Urbano de Coamo - Puerto Rico



Figura 24

Esta investigación tiene la intención de reevaluar las pieles y su aplicación en las viviendas multifamiliares de Puerto Rico; en este caso se trata del pueblo de Coamo precisamente. Con este tratado de piel se busca la manera de permitir el flujo libre del viento a través de los espacios y las unidades, brindando a su vez protección del sol y privacidad. Esta piel y la aplicación de ventilación cruzada será la base en la cual este proyecto proveerá una comodidad más agradable y fresca para sus residentes. También se escogió la vivienda multifamiliar como programa principal de la propuesta debido a que en esta área no hay residencias privadas de múltiples niveles. La mayoría de las residencias son de uno a dos niveles máximos y están ubicadas generalmente alrededor de los extremos del pueblo, alejados del área de comercio intenso.

El solar seleccionado está rodeado de mucho comercio privado, lo cual puede ser beneficioso para los nuevos ocupantes al igual que aumentará el negocio del área. Este solar cuenta con 3,334 metros cuadrados (35,886 pies cuadrados)

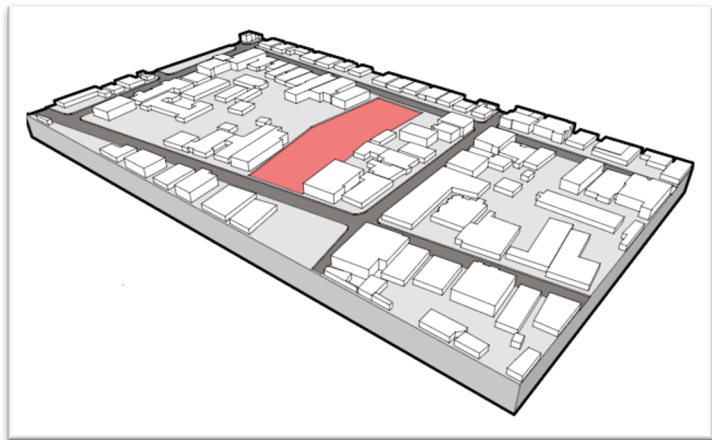


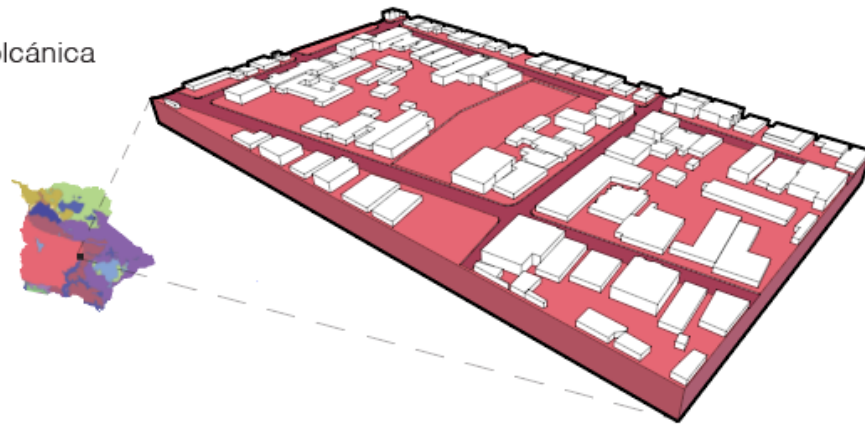
Figura 25

del cual solo se permite utilizar su 75% según el Reglamento de Conjunto. Esto nos da un total de 2,500 metros cuadrados de área máxima de ocupación y el área bruta máxima es el 450% del solar que resulta ser 15,003 metros cuadrados. Adicionalmente, el reglamento establece que por cada 60 metros cuadrados se permite una Unidad de Vivienda Básica por lo cual se calcula que se puede tener un máximo de 56 UVB dentro de este solar. La intención es tener la mayor cantidad de unidades para ocupar mas del área por medio de uno o múltiples edificios de vivienda. La altura permitida por el reglamento es de 18 metros cuadrados (60 pies) la cual

mantendrá una relación con las alturas del resto de su contexto circundante. El proyecto busca maximizar todos estos datos para lograr obtener un proyecto bien desarrollado que se comunique con su contexto manteniendo su propósito principal que es lograr obtener un mejor estado de confort para sus residentes a través de la revaluación de la envoltura.

Suelo

● Piedra Volcánica



Calificación

● Lote
● Comercio Intenso (Zona Historica)

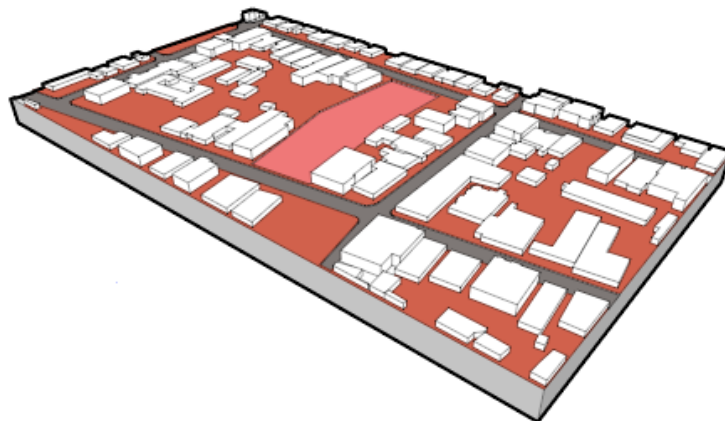
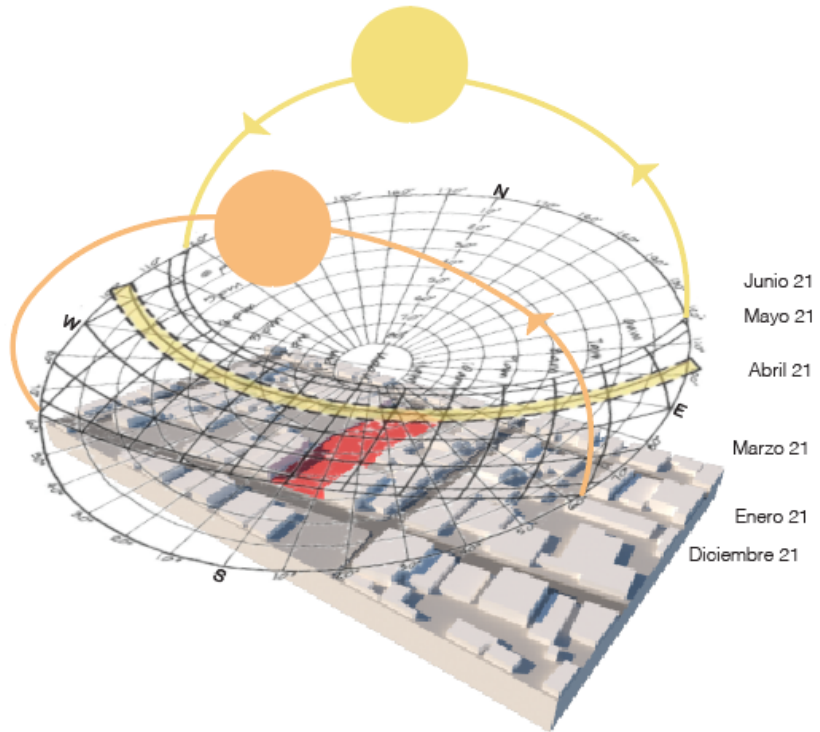


Figura 26

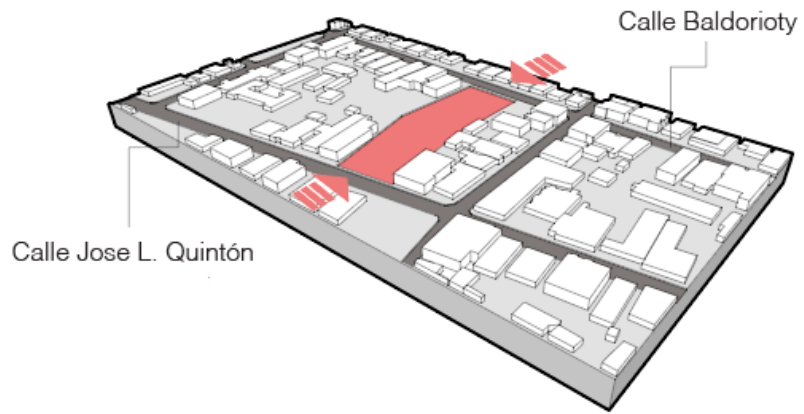
S o m b r a s

- Lote
- Solsticio de Invierno
- Solsticio de Verano
- Trayectoria General



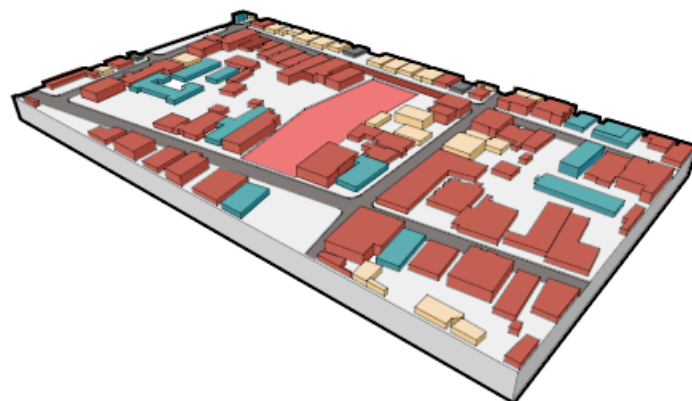
A c c e s o s

- Lote



U s o s

- Dotacional
- Baldio/Desuso
- Comercio
- Residencial



Programa de Diseño Propuesto

Se escogió el programa principal de vivienda debido a la necesidad de densificación del centro urbano de Coamo. Desde el año 2010 en adelante no se ha visto una producción de viviendas mayor de 500 viviendas y la mayoría han sido casas situadas en las áreas circundantes del casco urbano de Coamo. Una vivienda privada y multifamiliar de múltiples niveles es beneficioso para densificar este casco urbano. Este proyecto busca aprovechar todas sus normativas al máximo para el beneficio de sus usuarios al igual que al del contexto que lo rodea. Debido a al tamaño del solar, se propone más de un edificio dentro del mismo para lograr conseguir una mayor cantidad de unidades de vivienda posible para densificar mas el área. Esta decisión de debe a que la altura máxima del solar es 18 metros, por lo cual no permitiría tener la mayor cantidad de unidades en un solo edificio. Al tener mas de un edificio, se puede distribuir una mayor cantidad de unidades entre ellos, cada uno llegando a la altura máxima permitida. También se buscar maximizar la cantidad e unidades debido a que al tener mayor densidad, menos es el costo por unidad. De esta manera se estaría utilizando todo lo que el Reglamento de Conjunto permite usar en el solar para sacarle un mayor provecho al proyecto.

En términos de programa, la idea inicial del proyecto es tener un programa de uso mixto para no ser exclusivamente residencial. Es decir, en su primer nivel propone tener algún tipo de uso comercial aparte de tener los recibidores o “lobbies” de cada edificio. Del segundo nivel en adelante estarían los niveles de vivienda donde los pisos van a variar entre dos tipos de módulos. Estos van a variar entre módulos de dos habitaciones y tres habitaciones. La selección de estos módulos se debe a que actualmente en Coamo hay más familias con edades entre 24 a 44 años por lo cual requieren unidades con más de una habitación. Estos módulos de tres habitaciones

estarán ubicados en los últimos niveles de arriba ya que serian los mas costosos al igual que tendrían las mejores vistas por su condición de altura. Estos módulos tendrán aproximadamente de 900 a 1,000 pies cuadrados las de dos habitaciones y las de tres 1,200 pies cuadrados . En estos últimos niveles también tienen la oportunidad de tener terrazas exclusivamente de los residentes que podrán disfrutar de las distintas vistas que ofrece el pueblo de Coamo.

Adicionalmente, al momento de considerar el incluir estacionamientos para este proyecto, se plantea dos opciones para el mismo. Considerando que el Reglamento de Conjunto del año 2019 permite un máximo de 56 unidades de viviendas en este solar, utilizando el calculo tradicional de estacionamientos de 1.75 estacionamientos por unidades de 2 habitaciones y 2 estacionamientos por cada una de 3 habitaciones, se tendría un promedio de 92 estacionamientos por 56 unidades de 2 cuartos y 36 unidades de 3 cuartos aproximadamente. Esta opción tiene el beneficio que provee a las unidades con más de un estacionamiento para las familias que tienen más de un vehículo y necesitan un espacio seguro para estos. La segunda opción es otorgarle un solo estacionamiento por unidad por lo cual se tendría un aproximado de 50 estacionamientos por la misma cantidad de unidades. Esta opción seria beneficiosa en condiciones en las cuales el espacio para estacionamientos es limitado y se requeriría una menor cantidad sin dejar ninguna unidad sin estacionamiento propio.

Conclusión

Luego de recopilar la información del solar y tomar en cuenta las distintas estrategias aplicadas en los precedentes, se determinó que el resultado final de esta investigación será un proyecto más técnico. Es decir, aparte de diseñar un edificio de vivienda multifamiliar de varios niveles, el enfoque principal será determinar y diseñar un sistema de envoltura que sea permeable y logre obtener un mejor estado de confort para sus usuarios. Se logrará esto diseñando unas estructuras nuevas en el solar que traerán una nueva tipología al pueblo de Coamo. Estos edificios tendrán un sistema de piel de celosía operable que sea estéticamente agradable pero que sea resistente a los vientos de huracanes. Ser resistente a huracanes es esencial en Puerto Rico luego de los efectos de los huracanes Irma y María en el 2017.

Debido a esta preocupación, se estará realizando pruebas de resistencia de vientos en el simulador de túnel de viento al igual que pruebas en la tropiesfera y heliodón en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Puerto Rico en Rio Piedras. De esta manera, se comprobará que el sistema de piel seleccionado puede proveer una buena ventilación natural al igual que podrá generar sombras adecuadas para una buena regulación de temperaturas durante los periodos del día. Adicionalmente, como algunos precedentes han demostrado, la forma del edificio juega un papel muy importante en la manera que permite la entrada de los vientos. En la etapa de diseño, se implementará una forma estructural que complementa al sistema de envoltura. De esta manera, la ventilación puede fluir de forma eficiente a través de la piel al igual que por las distintas aperturas y espacios que generará esta tipología de edificio.

Etapa de Diseño

Recapitulación

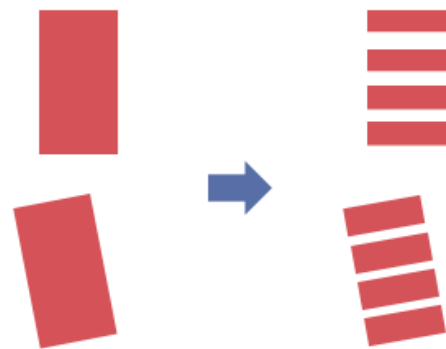
En este capítulo se estará describiendo en detalle la propuesta final de este proyecto y como este opta por mejorar la calidad de vida para sus usuarios. A modo de recapitulación, este proyecto tiene como objetivo diseñar un edificio de vivienda multifamiliar que integre la ventilación cruzada por medio de un sistema de piel. Esta piel es una que permitirá la entrada de iluminación y ventilación natural mas generara una serie de sombras que ayuden a regular la temperatura dentro de las unidades y hagan de estas unas mas frescas en términos de temperatura. Se escogió el programa principal de vivienda multifamiliar de múltiples niveles debido a la falta de este programa en el centro urbano de Coamo. Se encuentra una presencia de viviendas privadas en el casco urbano pero ninguna tiene una escala similar a esta propuesta y la mayoría son casas de uno o dos niveles que se encuentran en los límites del mismo pueblo.

El proyecto se ubica en el casco urbano de Coamo, específicamente entre las calles principales: la José L. Quintón y la Baldorioty. El solar se encuentra relativamente en el centro del casco urbano y tiene la peculiaridad de tener doble accesibilidad por estas respectivas calles. Actualmente el solar se divide y cuenta con dos edificaciones, una es la “Iglesia Bautista sin Paredes” hacia la Baldorioty y la “Cooperativa San Blas” en la Quintón. Adicionalmente, es importante recalcar que la fachada de la Quintón tiene la presencia de un muro histórico de fachada de lo que en una vez fue el “Garaje de autos Bernier”. Esta fachada, al ser protegida por su clasificación de zona histórica, se mantiene y se incorpora al diseño de esta propuesta que mas adelante se abunda en ella. El resto del solar se compone de los espacios de estacionamiento de

estos respectivos programas. Para efectos de este proyecto, estas edificaciones se demuelen para maximizar y obtener la mayor capacidad de ocupación posible conforme al programa de diseño propuesto de una vivienda multifamiliar de varios niveles de altura.

Concepto y Programa de Diseño

Como se menciono anteriormente, el solar se puede acceder por ambas vías principales que lo enmarcan. Debido a esta peculiaridad, el proyecto aprovecha esta doble accesibilidad por medio de dividir el proyecto en dos edificios que enmarcan estos puntos de acceso. Cada edificio se sitúa en el lateral izquierdo de ambas fachadas norte y sur



Segmentar Volumen *Figura 27*

de manera en que están paralelos a las fachadas este y oeste respectivamente. Inicialmente se contemplo la idea de hacer un volumen completo que cubriera la mayoría del solar en términos de ocupación, pero para aprovechar este doble acceso, se opto mejor en dividir el proyecto en dos volúmenes idénticos, pero invertidos, que marcan estos puntos de acceso. De esta manera se segmenta el solar entre dos masas de edificio con un paseo lineal en forma de serpentina entre medio. Esta serpentina se compone por un paseo lineal, en forma de “boulevard”, accesible por los residentes de cada edificio que los lleva hacia los recibidores de circulación vertical o los lleva a un espacio recreativo de área verde entre ambos edificios de vivienda. En este se encuentran áreas de estar, espacio techado recreativo y distintas áreas de juegos para niños. Todo esto se complementa por la presencia de varios arboles que brindan sombra y protección solar haciendo de este un tipo de “pulmón verde” entre ambos edificios. Conceptualmente, cada

volumen o masa se segmenta en cuatro torres principales de manera en que en esta condición las proporciones del proyecto se ve mas a la par en relación a las proporciones de su contexto visto desde una vista aérea.

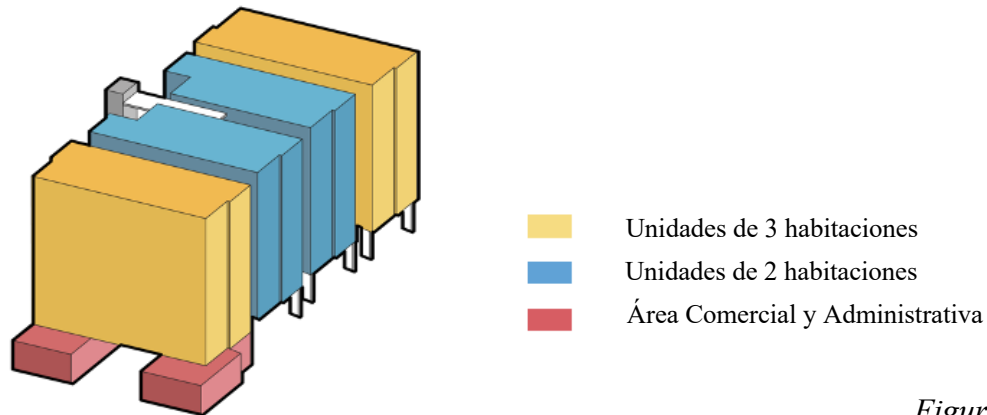


Figura 28

Esencialmente cada edificio cuenta con varios programas. En el primer nivel a nivel tierra, se encuentra un espacio de nivel comercial y uno administrativo de su edificio correspondiente y entre estos se encuentra el acceso vehicular que da paso al espacio de estacionamiento que se encuentra escondido y techado por el resto de las viviendas. Estos espacios comerciales son rentables para comercios pequeños debido a la presencia abundante de establecimientos comerciales en el área; de esta manera se provee comercios complementarios a los existentes, proveyendo mas oportunidad de empleo y actividad peatonal al casco urbano de Coamo. En los espacios administrativos se encuentra un recibidor general con espacio para guardia de seguridad al igual que distintas oficinas administrativas, área de correo para los residentes, cuartos de servicios y en la parte posterior se encuentran los distintos cuartos de sistemas principales de bombas de agua y generador eléctrico. Del segundo al sexto nivel se encuentran las distintas unidades de viviendas en cada torre. El proyecto cuenta con cuatro torres de viviendas por edificio teniendo en total ocho torres entre los dos. En cada edificio, las torres de los laterales son compuestas por módulos de tres habitaciones mientras que las dos del centro tienen unidades de

dos habitaciones. De esta manera los módulos de tres habitaciones tienen vista hacia la calle y las vistas del norte y sur con oportunidades de áreas de balcones en los techos de los comercios y espacios administrativos.



Site plan - *Figura 29*



Figura 30



Figura 31



Planta - Primer Nivel

Figura 32



Planta – Segundo – Sexto Nivel

Figura 33

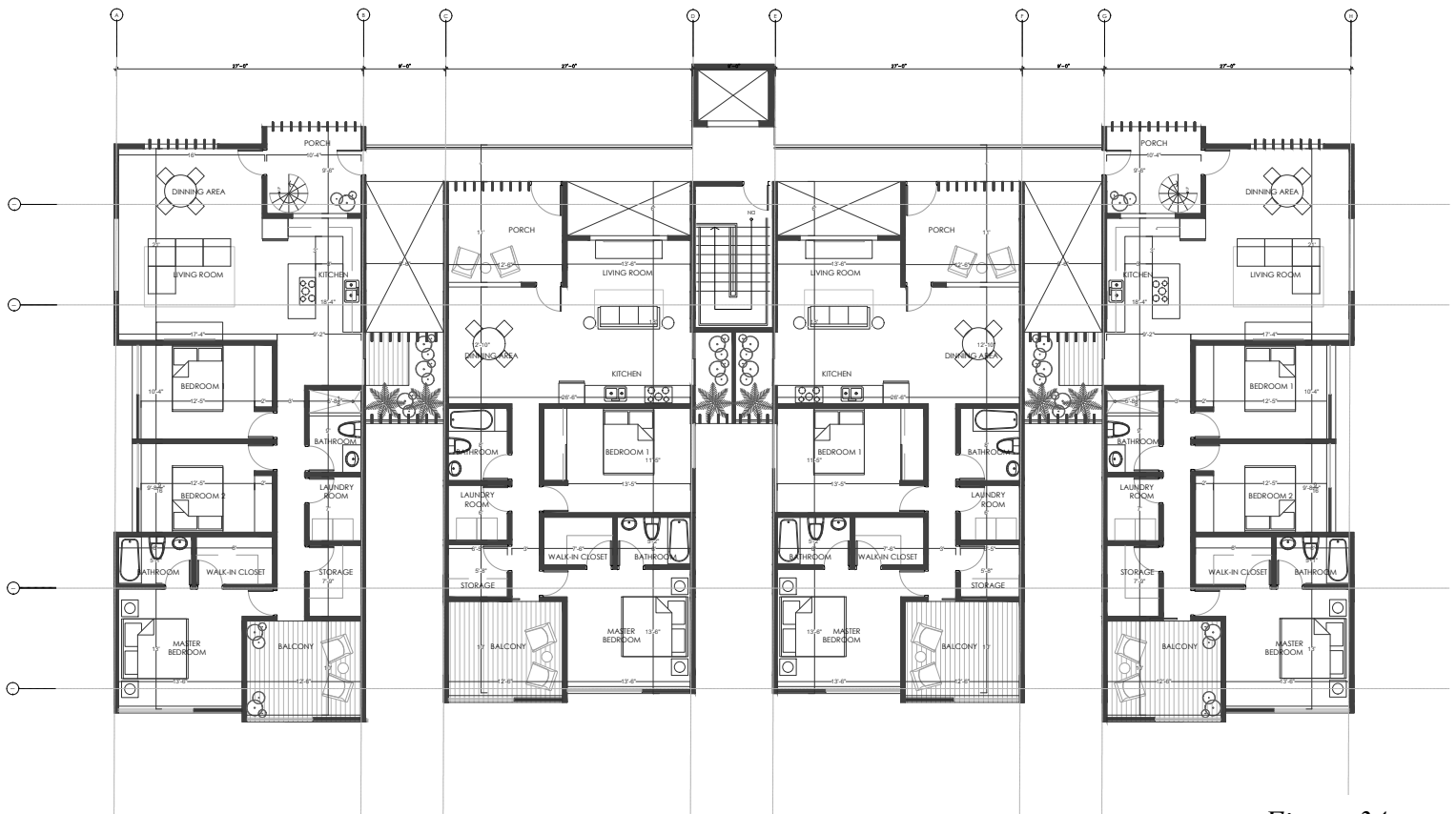


Figura 34

Ambos módulos de vivienda fueron diseñados bajo las influencias de estrategias vistas en los precedentes presentados anteriormente. En estos casos de estudios se llegó a la conclusión que apartamentos cuya volumetría no tuviese obstrucción circundante tiene mejores oportunidades para poder ventilar con aperturas en cada cara de sus fachadas. Debido a esto, las torres de cada edificio están separadas a 3 metros (9 pies) cada una para así tener aperturas en cada una de sus fachadas para el beneficio de las unidades. Cada piso de cada torre rectangular se compone por un apartamento de vivienda completo, resultando en 4 apartamentos por piso. Por consiguiente se tiene 8 apartamentos por piso entre los dos edificios.

Los módulos fueron diseñados manteniendo en mente el objetivo principal de esta propuesta que es integrar una ventilación cruzada optima para no depender de sistemas de regulación térmica. Una vez se sale del elevador y se recorre por el pasillo general al aire libre, el recorrido de las unidades se compone primordialmente en llegar a un “front porch” o recibidor privado que lleva a la entrada principal de las unidades. Una vez adentro, se entra inmediatamente a las áreas publicas del apartamento. Se entra a un espacio abierto que se compone por el área de comedor, la sala y la cocina. En el área posterior y privada de cada apartamento se encuentran las distintas habitaciones, cada una ubicada en los laterales de las fachadas de manera en que cada una cuenta con vista hasta el exterior. Siguiendo la línea de la integración de ventilación cruzada, se implementa un pasillo general entre las habitaciones y los distintos cuartos de servicio como lo son los baños, cuartos de lavandería y closets. Al ser rectangulares los apartamentos, este pasillo cruza desde el área publica de la unidad hasta el área privada de los cuartos culminando en lo que seria el área del balcón. Se ubican aperturas o ventanas en las áreas del recibidor o “front porch” alineadas con la apertura del balcón de manera en que el flujo del aire cruza literalmente a través de todo el apartamento. Estas aperturas serian enmarcadas por el sistema de piel permeable del cual se estará hablando mas a fondo mas adelante. El balcón será accesible por un “pocket door” permeable similar al sistema de piel de manera en que aunque este cerrada, el flujo del aire pueda entrar y salir con facilidad por el apartamento sin interrupción alguna. Es importante recalcar que los edificios están orientados de manera en que las fachadas cortas de cada torre reciben los vientos provenientes del noreste. Haciendo del comportamiento de estos pasillos uno similar a un “túnel de viento”. Adicionalmente, al ser idénticos los edificios, el gesto de invertir los edificios no crea ningún problema para el flujo del aire ya que las aperturas de ambos extremos del pasillo quedan orientados de la misma manera en ambos casos.

Forma Envolvente: La Piel

El enfoque principal de esta investigación es seleccionar un sistema de piel que provea un flujo de viento óptimo para la convivencia en estas unidades sin tener que depender de sistemas de regulación de temperatura. Esta piel tiene que cumplir con los requisitos de: permitir la entrada de vientos, permitir la entrada de iluminación solar, generar sombras y ofrecer protección a sus usuarios. Por estas razones se optó por utilizar un sistema de piel compuesto de “louvers”. Este sistema es uno hecho de aluminio que simula ser madera de manera en que es un material relativamente liviano, requiere poco mantenimiento y cumple proveyendo todos los requisitos mencionados anteriormente. El sistema se divide en dos partes: el sistema de las fachadas este y el sistema de las fachadas oeste. Las fachadas se tantean ya que ambos edificios están invertidos, resultando en los edificios mostrando ambas fachadas distintas en los lados este y oeste. Esto es así debido a que el túnel de viento que se crea en las unidades funciona de manera eficiente no importa en la manera en que se oriente los edificios en términos de orientación de este y oeste para capturar los vientos alisios provenientes de noreste. En estas dos fachadas se encuentran dos sistemas de louvers distintos. La fachada donde se encuentran los pasillos generales y el “core” de circulación vertical tiene un sistema de louvers estáticos que cubren los espacios de recibidores privados de cada apartamento a igual que partes de los espacios públicos de estos como la sala y área de comedor. Este sistema es uno estático, es decir que no se mueve en ninguna manera. Son así ya que estos espacios son mayormente públicos y no se requiere tanta privacidad en contraste con las habitaciones que se consideran espacios más personales y privados. La piel de estos espacios públicos limitan un poco de visibilidad por medio de muchos elementos verticales repetitivos que cubren las distintas aperturas. Así proveen privacidad a las unidades y permiten la entrada de ventilación e iluminación natural de manera

continua. De igual forma estos elementos verticales generan sombras hacia los interiores de estos espacios, regulando las temperaturas calurosas de la condición tropical de la isla, haciendo de estos espacios unos mas frescos por estas sombras y el componente del túnel de viento generado de un extremo del apartamento hacia el otro y viceversa.



Elevación Oeste



Elevación Este

Figura 35

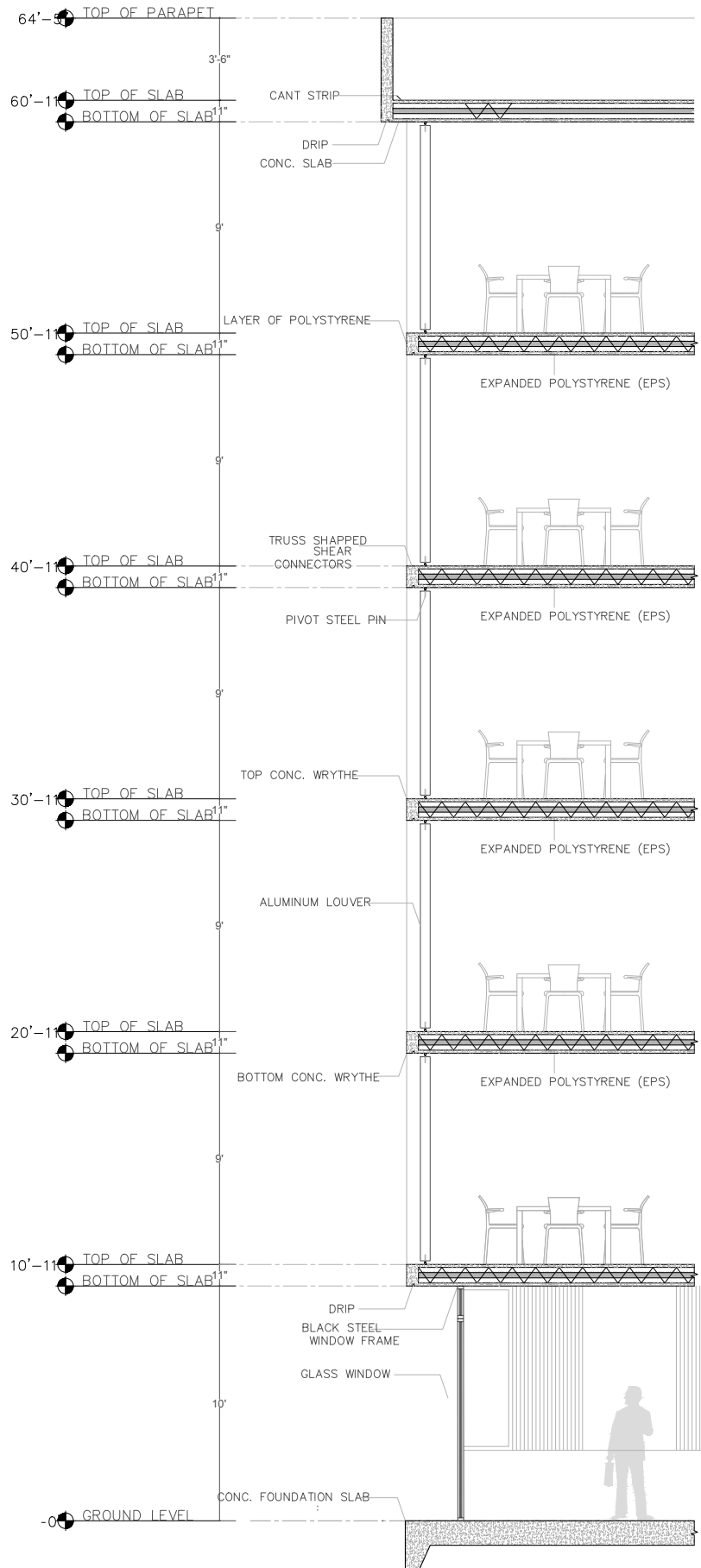
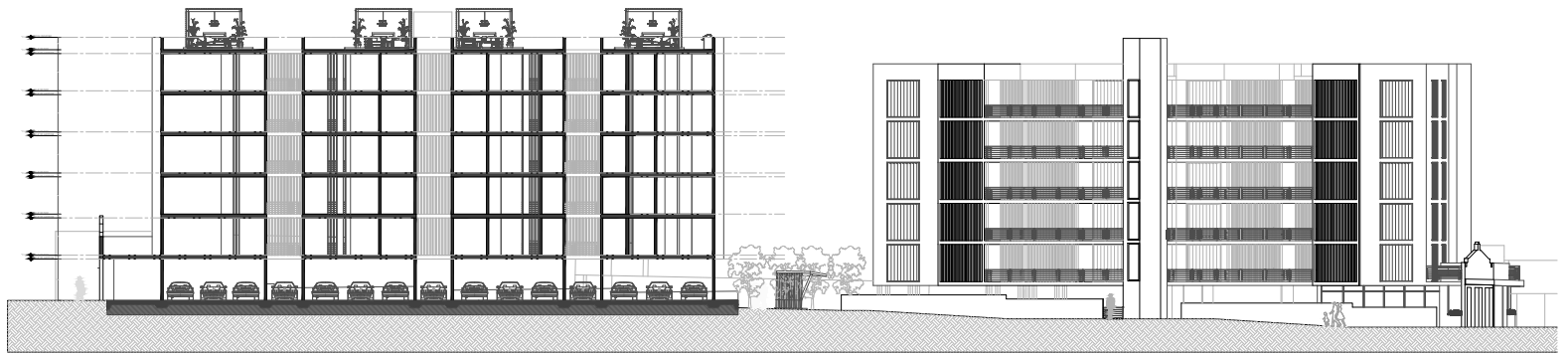
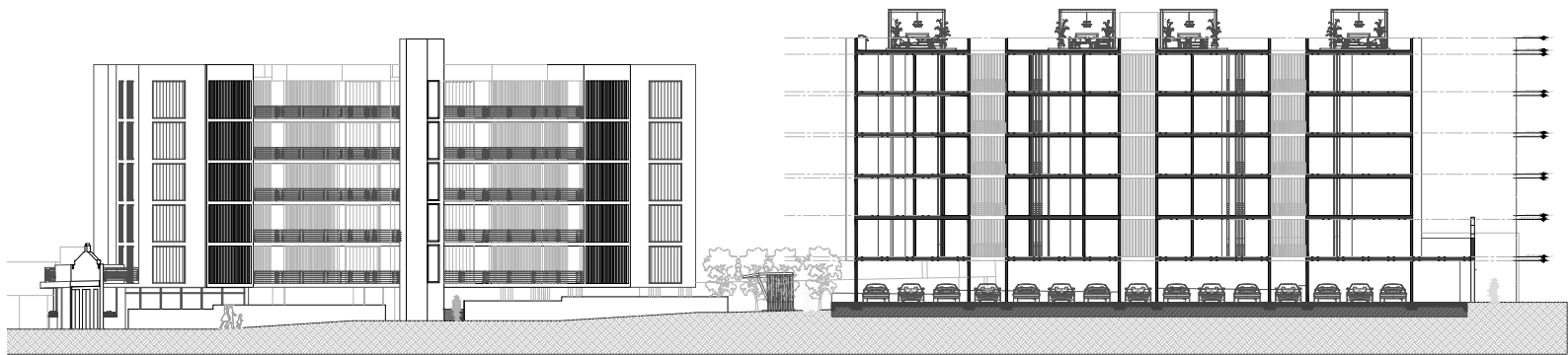


Figura 36



Sección Longitudinal A-A



Sección Longitudinal A-B

Figura 37



Figura 38



Figura 39

Por otro lado, la piel aplicada en las fachadas con aperturas de las habitaciones y balcones de cada apartamento es una más dinámica. Mientras la fachada discutida anteriormente es una completamente estática, la de las habitaciones cuenta con un sistema de piel completamente operable. Manteniendo el mismo tipo de material de aluminio simulando madera, este sistema se compone por unos paneles corredizos que contienen louvers integrados a ellos. En otras palabras, son unos paneles de celosías verticales similar a la piel estática en términos visuales. La peculiaridad de estos paneles es que cuentan con una segunda función de operación. Además de ser unos paneles que se deslizan a través de unos carriles integrados en la losa de piso del techo, los louvers en sí de cada panel son operables igualmente. Estos cuentan con un mecanismo que permite controlar el ángulo en el cual las aspas de cada elemento vertical están orientados. El mecanismo se compone por una varilla que en cierto punto se conecta a cada louver de manera en que uno puede abrir o cerrarlos por medio de un mango que conecta directamente a la varilla. De esta manera el sistema de piel de esta fachada cuenta con una doble función operable.

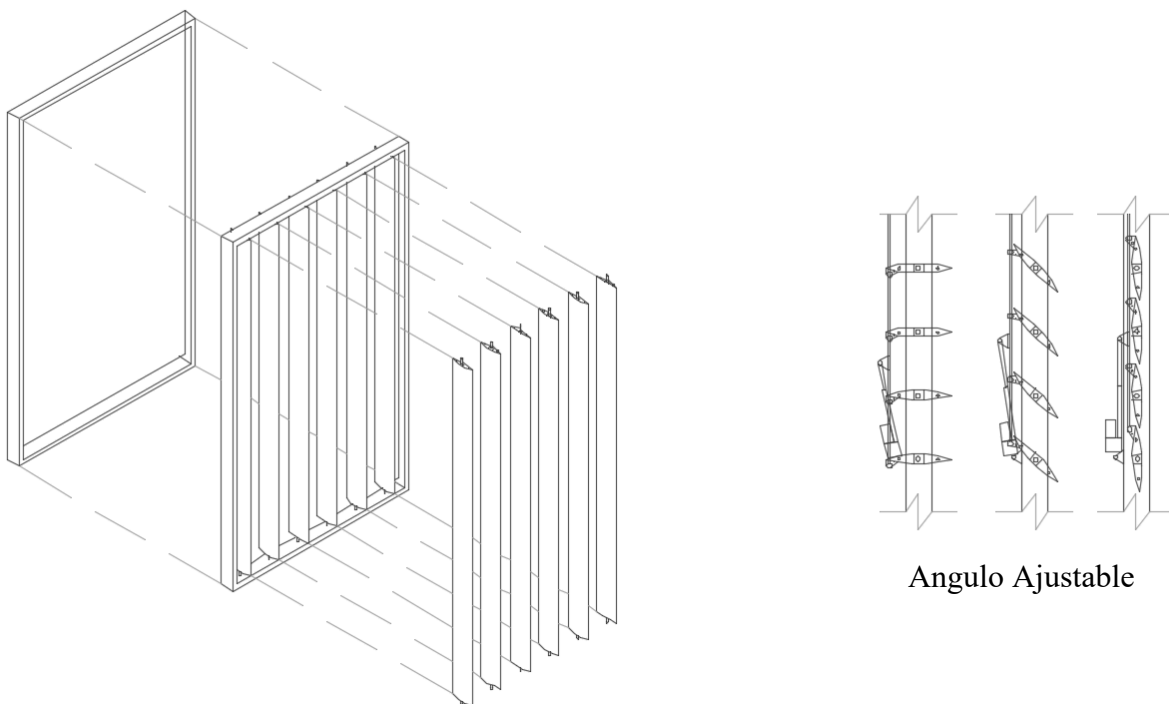
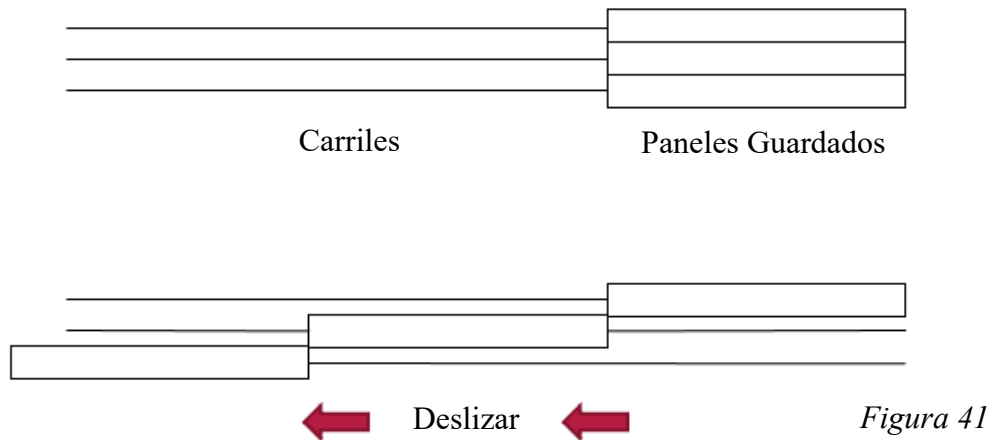


Figura 40



Mientras los paneles pueden deslizarse y ubicarse de diversas maneras por medio de sus carriles, los louvers pueden cambiar su orientación trayendo muchos beneficios para los espacios de habitaciones. Si el usuario desea tener una vista mas clara del paisaje de Coamo puede simplemente deslizar todos los paneles hacia uno de los laterales y así no tener nada obstruyendo su vista. Mientras que otra persona podría tener todos los paneles distribuidos por los carriles de manera en que se tapa toda la apertura para proveer protección solar. Estos son solo unos ejemplos ya que las distintas combinaciones son muchas. La peculiaridad de los louvers operables brinda la opción de tener las aspas completamente abiertas para la entrada de iluminación y ventilación natural, medio-abiertas si se desea un poco de privacidad o el usuario puede cerrar las aspas completamente si es lo que desea al momento. Este sistema de piel hace de esta fachada una única y completamente dinámica. Cada usuario va a acomodar los paneles y louvers como le beneficie al momento. Creando una fachada distinta cada día ya que cada persona tiene gustos y necesidades distintas al momento de usar los paneles de celosías. Esto crea una dualidad entre las fachadas por medio del contraste creado entre una estática y una operable. Un lado se compone por una fachada estática e inmóvil mientras la otra es una

completamente dinámica con innumerables combinaciones y patrones en términos visuales. Además de ser estéticamente placentero ver una fachada sutil y moderna, esta tiene un propósito práctico que es cumplir con los requisitos necesarios para tener unos apartamentos más frescos. Los vientos entran por esta fachada dinámica y se distribuye a través de las unidades por medio del pasillo con función de túnel de vientos hasta salir por la fachada estática y viceversa en el otro edificio invertido. Este tratado de piel permite la entrada de ventilación e iluminación natural ofreciendo a su vez protección y seguridad para sus usuarios. Es importante destacar que estos paneles están acompañados por unas verandas de cables de metal tensado para prevenir que nadie se caiga de estos espacios. También esta piel viene con materiales reforzados que ayudan a proteger contra vientos más fuertes como de huracanes ya que al cerrar las aspas de cada panel se crea un tipo de tormentera que ofrece protección de los vientos más violentos.

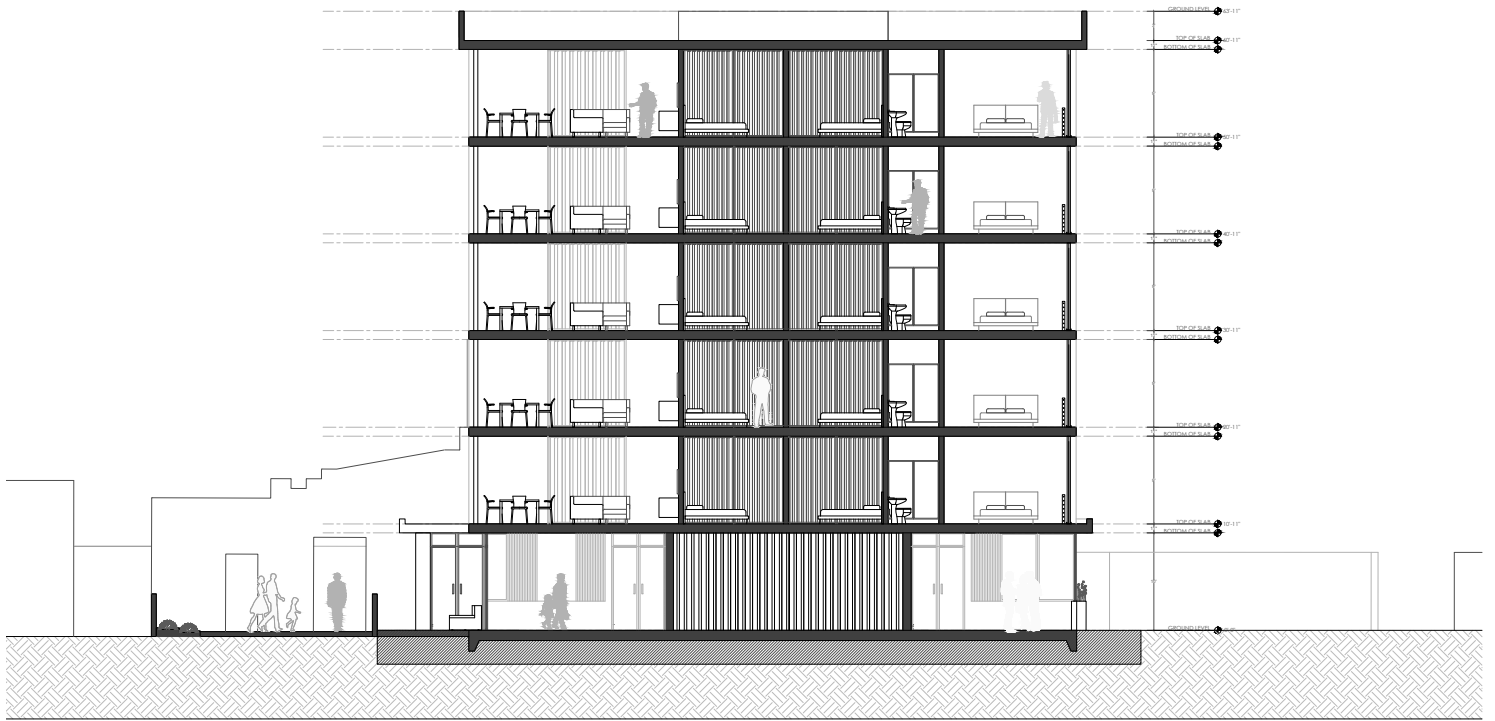
En su conjunto este tratado de piel puede ser la solución al problema de vivir en condiciones y temperaturas altas en nuestros hogares. Las fachadas cubiertas en cristal, como lo son la mayoría de las viviendas multifamiliares en la isla, retienen el calor y lo emiten hacia el interior de los apartamentos haciendo de estos muy incómodos. Esto da una sensación de estar como en un “horno” durante los momentos del día. En contraste, la aplicación de un tratado de piel como el de este proyecto mantiene los apartamentos frescos en todo momento y cumple con una función más práctica y eficiente. Claro está que esta efectividad se da con la asistencia del pasillo central de cada apartamento pero si ambos extremos de cada apartamento tuviese un tratado de piel sólido, como cristal por ejemplo, estos apartamentos no funcionarían en términos de ventilación cruzada. El logro de esta efectividad se logra por la combinación de todas estas estrategias pero sin el componente impermeable del tratado de piel de celosías, los apartamentos no pudiesen ventilar de manera tan eficiente. Es importante mencionar que además de lidiar con

el calentamiento de cada fachada, se aplica una estrategia que ayuda a regular el calentamiento que recibe las losas de piso al igual que el techo. Las losas están hechas de Poliestireno Expandido (EPS). La losa está compuesta por bovedillas de poliestireno expandido con perfiles de acero galvanizado que al insertarlos dentro de las bovedillas forman un molde para losas y una estructura para techos, aumentando considerablemente la aislación térmica y acústica para los entresijos²⁸. Esto permite tener losas de piso de hasta 11 pulgadas de grosor que son enmarcadas en una capa de hormigo que sería lo que se ve en las fachadas. Con este material se aplica una protección de aislación térmica en cada piso incluyendo el techo general de cada edificio. De esta manera se combate el calentamiento de las alzas de temperatura por medio de la aplicación del tratado de piel al igual que las características de este sistema de cobertura.



Figura 42

²⁸ “Revista EMB Construcción - Losa De Poliestireno Expandido De Exacta Para Aislación Térmica y Acústica,” Revista EMB Construcción - Losa de poliestireno expandido de Exacta para aislación térmica y acústica, accessed May 28, 2021, <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=1133&tip=7&xit=losa-de-poliestireno-expandido-de-exacta-para-aislacion-termica-y-acustica>.



1 SOUTH ELEVATION
AS-2.0
SCALE: 1/8" = 1'-0"

Figura 43

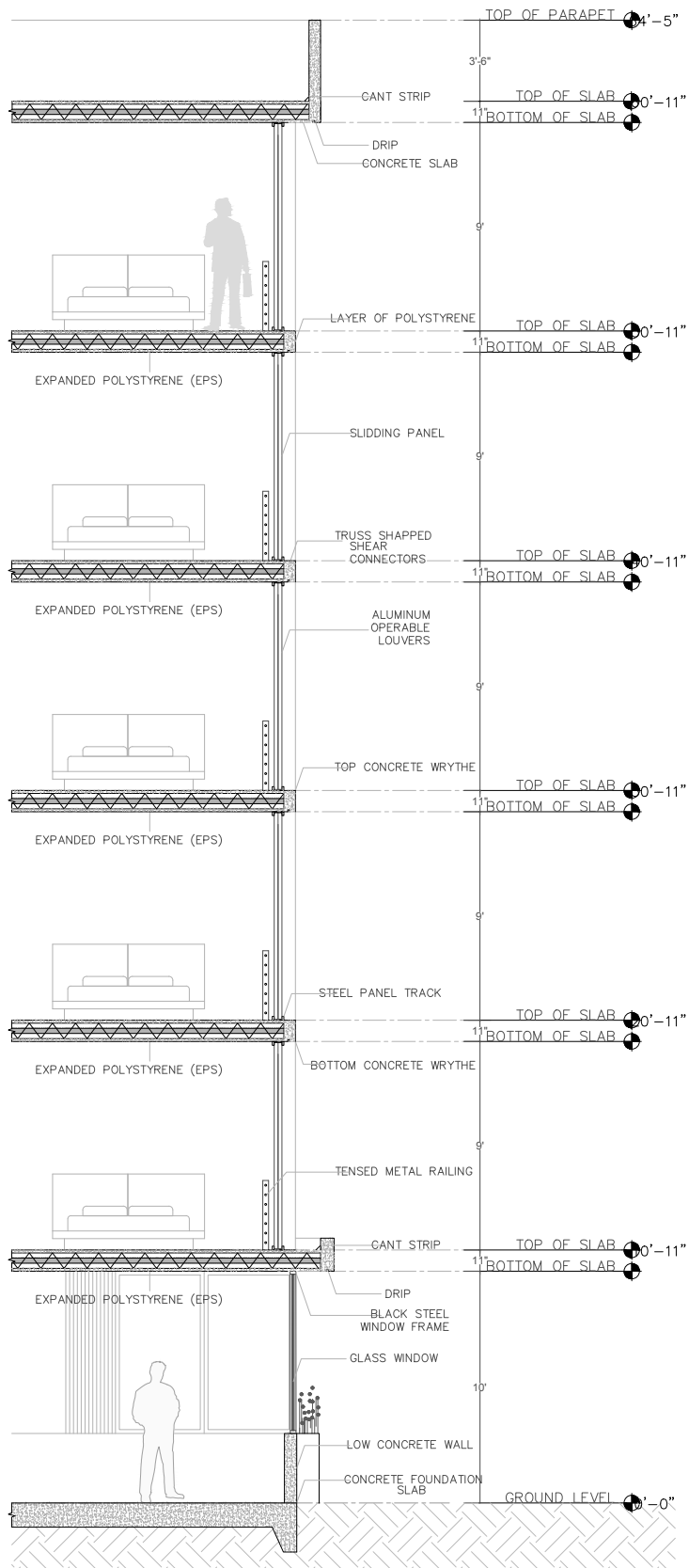


Figura 44



Elevación Sur



Elevación Norte

Figura 45

Conclusión

En conclusión, este proyecto puede ser el primer paso a empezar a incorporar una arquitectura mas apta para lidiar con el clima tropical de la isla. Muchos sino casi todos los proyectos de vivienda multifamiliares de la isla son diseños ideales para otros países con condiciones de clima muy distintos a Puerto Rico. Cae sobre nosotros, la nueva generación de arquitectos a ser, en conocer el contexto de nuestras obras y saber cuales estrategias implementar para poder obtener un proyecto que sea apto para su localización y que funcione de manera eficientemente. Un proyecto como este se estima en tener un costo de \$6,290,689 del cual se calcula en base a su estructura, estacionamiento, sistemas de servicio, sistemas de fachadas, entre otros. Es importante recalcar que este estimado no toma en cuenta el uso de sistemas de regulación térmica ya que esta propuesta opta por no depender de ellos. Con esto en mente, es nuestra responsabilidad como arquitectos buscar la mejor comodidad para nuestros clientes para que se sientan a gusto de vivir en nuestros proyectos ya que tratados de pieles como estos están comprobados que funcionan si son aplicados de la manera correcta. Este sistema de piel propuesto, y esta investigación en si, puede abrir las puertas para muchos proyectos que busquen aprovechar los recursos gratuitos que ofrece vivir en una isla tropical y como aplicarlos para el beneficio de nuestros proyectos envés de crear problemas por una mala selección de estrategias. Coamo y el resto de la isla requiere de edificios de vivienda que empiecen a implementar sistemas similares a este para el beneficio de nosotros sus residentes. La arquitectura “biotropical” es real y necesaria principalmente en el Caribe, no se puede olvidar de nuestra localización geográfica y solo espero que esta investigación sirva como un paso a seguir para seguir promoviendo la arquitectura tropical para obtener mas proyectos cuales apliquen el uso de

materiales correspondientes, que generen sombras, apliquen ventilación cruzada y sobretodo que creen espacios que hagan sentir la mejor comodidad posible dentro de un clima tropical.

COST ESTIMATE					
ITEM	QUANTITY	UNIT	UNITARY PRICE	AMMOUNT	
EARTH MOVEMENT	3,334	SQM	\$200.00	\$666,800.00	
STRUCTURES	17,290	SQFT	\$50.00	\$864,500.00	
FINISHINGS/ FAÇADE	17,290	SQFT	\$60.00	\$1,037,400.00	
MECH/ A/C	0	SQFT	\$11.50	\$0.00	
PLUMBING	17,290	SQFT	\$8.50	\$146,965.00	
ELECTRICAL	17,290	SQFT	\$16.50	\$285,285.00	
LANDSCAPING	10,622	SQFT	\$9.50	\$100,909.00	
PARKING	13,254	SQFT	\$90.00	\$1,192,860.00	
SUBTOTAL				\$4,294,719.00	
GENERAL CONDITIONS	1	LS	\$365,051.12	\$365,051.12	
SUBTOTAL + G.C.				\$4,659,770.12	
SOFT COST (35%)				\$1,630,919.54	
TOTAL DEVELOPMENT COST				\$6,290,689.66	

Figura 46



Figura 47



Figura 48

■ Bibliografía y Referencias

- “WeatherSpark.com.” Clima promedio en San Juan, Puerto Rico, durante todo el año - Weather Spark. Accessed September 11, 2020.
<https://es.weatherspark.com/y/27814/Clima-promedio-en-San-Juan-Puerto-Rico-durante-todo-el-año>
- Pereira, Matheus. “Ventilación Cruzada, Efecto Chimenea y Otros Conceptos De Ventilación Natural.” Plataforma Arquitectura. Plataforma Arquitectura, October 31, 2019.
<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/889075/ventilacion-cruzada-efecto-chimenea-y-otros-conceptos-de-ventilacion-natural>
- MDO, Por. “Ventanas, Una Necesidad Para Tu Hogar.” Madridiario, December 5, 2017. <https://www.madriario.es/451176/ventanas-una-necesidad-para-tu-hogar>
- “¿Como Seria El Condominio Multifamiliar Ideal?” Vértice Arquitectos. Accessed September 11, 2020.
<https://www.verticearquitectos.com/blog/como-seria-el-condominiomultifamiliar-ideal>
- Abitare. “CASAS ACOGEDORAS: ¿Cómo Hacer Que Una Casa Sea Confortable?” Abitare Decoración. Publisher Name Abitare Decoración Publisher Logo, March 5, 2020.
<https://www.abitaredecoracionblog.com/casas-acogedoras/>
- Martín, Alejandro. “10 Consejos Para Crear Casas Confortables y Más Sanas.” OVACEN. Noticias eficiencia energética y arquitectura | OVACEN, September 3, 2020. <https://ovacen.com/crear-casas-confortable-sanas/>
- Confidencial Digital. “¿A Qué Llamamos Hogar?” Confidencial Digital. Confidencial Digital, May 30, 2018.
<https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/tendencias/hogar/20180530134621089670.html>.

- “La Ventana y Su Historia.” Intel Aberturas. Accessed October 9, 2020. <http://intelaberturas.com.ar/intelaberturas-la-ventana-y-su-historia/>.

- Pr, Telemundo. “San Juan Alcanza Récord En Temperatura Alta.” Telemundo Puerto Rico. Telemundo Puerto Rico, September 21, 2019. <https://www.telemundopr.com/noticias/puerto-rico/temperatura-alta-alcanza-nuevo-record-en-san-juan-2/47829/>

- “¿Como Seria El Condominio Multifamiliar Ideal?” Vértice Arquitectos. Accessed October 9, 2020. <https://www.verticearquitectos.com/blog/como-seria-el-condominio-multifamiliar-ideal>

- Danielaamayaa. “Revolución Industrial: El Desarrollo De La Arquitectura En Estados Unidos.” artopinionsblog, September 9, 2016. <https://artopinionsblog.wordpress.com/2016/09/09/revolucion-industrial-el-desarrollo-de-la-arquitectura-en-estados-unidos/>

- Abdel, Hana. “75WA Residential Building / INchan Atelier.” ArchDaily. ArchDaily, October 7, 2020. <https://www.archdaily.com/949061/75wa-residential-building-inchan-atelier>

- architectmagazine.com. Accessed November 29, 2020. <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/charles-david-keeling-apartments>.

- “Concepto De Pared.” Concepto de pared - Definición en DeConceptos.com. Accessed November 25, 2020. <https://deconceptos.com/general/pared>

- Giannoni Andrés Mignucci. “Arquitectura y El Paisaje Tropical.” In *Arquitectura contemporánea En Puerto Rico: 1976-1992*. San Juan, P.R.: A+ Editores, 2009.

- “Louver.” Encyclopædia Britannica. Encyclopædia Britannica, inc. Accessed November 25, 2020. <https://www.britannica.com/technology/louver>

- Luco, Andreas. “Apartment Building for Four Friends / Lussi+Halter Partner AG + Lola Domenech.” ArchDaily. ArchDaily, December 2, 2019. <https://www.archdaily.com/929295/apartment-building-for-four-friends-lussi-plus-halter-partner-ag-plus-lola-domenech>

- Pintos, Paula. “Freebooter Housing / GG-Loop.” ArchDaily. ArchDaily, April 25, 2019. <https://www.archdaily.com/915782/freebooter-housing-gg-loop>

- “Recolección De Agua De Lluvia.” Plenitud PR. Accessed November 29, 2020. <https://www.plenitudpr.org/recoleccion-de-agua-de-lluvia>

- Souza, Eduardo. “¿Cómo Se Construyeron Los Muros De Los Edificios Romanos?” Plataforma Arquitectura. Plataforma Arquitectura, March 15, 2020. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/935421/como-se-construyeron-los-muros-de-los-edificios-romanos>

- Revista EMB Construccin - Losa de poliestireno expandido de Exacta para aislacin trmica y acstica. Accessed May 28, 2021. <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=1133&tip=7&xit=losa-de-poliestireno-expandido-de-exacta-para-aislacion-termica-y-acustica>

