

ADECUACIÓN DE EDIFICACIONES INDUSTRIALES PARA CULTIVOS EN AMBIENTES CONTROLADOS

Andrea Stanko¹ Ernesto Lorenzo Romero²

¹ Departamento de Diseño, Arquitectura y Artes Plásticas. Universidad Simón Bolívar (USB). Correo: *andreastankowolf@usb.ve*

² Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Central de Venezuela (UCV). Correo: *ernestolorenzor@gmail.com*

RESUMEN

La investigación presentada aborda temas de sostenibilidad desde estrategias de agricultura urbana, evaluando la posibilidad de la reutilización de edificaciones industriales en desuso como centros de cultivos en ambientes controlados. En primer lugar, se presenta la descripción de la edificación del caso de estudio haciendo énfasis en sus características físicas y ambientales de su estado actual, como consideraciones iniciales para el diseño de la propuesta. Posteriormente, se evalúa la factibilidad constructiva de transformar los espacios para la aplicación de cultivos controlados, tomando como base los requerimientos físicos y ambientales óptimos para el crecimiento de las especies vegetales. El resultado final deja entrever las posibilidades de la reutilización de edificaciones industriales como centros de cultivos en ambientes controlados, pudiendo sugerir los criterios y requerimientos para el diseño y funcionamiento de los mismos.

Palabras clave: Edificaciones industriales, Agricultura urbana, cultivos controlados, sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

Las prácticas de agricultura urbana se han aplicado desde el siglo XIX como estrategia para sobrepasar las depresiones económicas del período industrial en países como Estados Unidos, Canadá, Australia, Alemania y el Reino Unido. Durante el siglo XX en ciudades de Estados Unidos como Nueva York y San Francisco se promovió la idea de los “*victory gardens*” o “jardines de la victoria”, incentivando a los ciudadanos a cultivar alimentos en parques públicos y edificaciones privadas, con la función de instruir y motivar a la población en las

prácticas agrícolas para así reducir gastos en transporte e importación de alimentos durante la primera y segunda guerra mundial.

Años después, la práctica de la agricultura urbana y periurbana sigue vigente desde el punto de vista de la sostenibilidad. Ante el acelerado crecimiento de las grandes ciudades, las cuales sobrepasan en gran magnitud a las zonas rurales, es necesario asumir la producción de alimentos desde los núcleos urbanos para satisfacer las demandas de consumo de los habitantes de la ciudad.

El crecimiento de las ciudades en Venezuela, y observando en particular el caso de la ciudad de Caracas, se puede definir igualmente como acelerado. El Instituto Nacional de Estadísticas según cifras del 2001 revela que el 88,8% de la población vive en ciudades, quedando un mínimo porcentaje de 11,2% en lo que denominamos zonas rurales. Estos sectores, además de sostener la mayor producción agrícola de todo el país, se han visto afectados por conflictos económicos y políticos a nivel nacional, colocando los índices de producción anual muy por debajo de las demandas de consumo de la población según estadísticas agropecuarias de FEDEAGRO en el año 2016. Pareciera inminente pensar en estrategias que permitan que otros sectores puedan asumir la producción alimentaria, para no sólo cubrir las demandas de consumo a nivel nacional, sino además garantizar estándares de salubridad en la alimentación de los habitantes. Por esta razón la tendencia a convertir a la ciudad de Caracas en un foco de producción agrícola a nivel nacional ha aumentado en los últimos años. Desde iniciativas privadas o medidas políticas, la necesidad de adquirir alimentos ha llevado al desarrollo de medidas institucionales y proyectos de agricultura urbana. Sin embargo, considerando la poca disponibilidad de espacio libre urbano es inevitable pensar que por medio de las prácticas agrícolas tradicionales es menor el área que podremos abarcar para la producción de alimentos. Además, los estándares de iluminación y ventilación natural necesarios para los cultivos se comprometen a medida que el perfil urbano crece, por los que las condiciones dadas no son las óptimas para la producción agrícola demandada.

En este sentido se considera la agricultura en ambientes controlados como posible solución para implementar prácticas agrícolas dentro de edificaciones y espacios internos, suministrando de manera natural o artificial los factores climáticos necesarios para el crecimiento de especies vegetales. A pesar del gran nivel técnico y alto consumo eléctrico requerido, la agricultura en ambientes controlados brinda grandes beneficios en cuanto a productividad y salubridad de los cultivos.

Actualmente se ha visto el ejemplo de edificaciones que se han habilitado para la producción controlada de especies vegetales en países como Estados Unidos, aprovechando el espacio disponible en la ciudad para aumentar la oferta alimenticia y gastronómica. Extrapolando las circunstancias y evaluando nuevamente la situación en la ciudad de Caracas, son muchos las edificaciones que actualmente se encuentran en desuso, principalmente comerciales e industriales que han debido cesar sus operaciones debido a conflictos económicos. En este trabajo se evaluará la factibilidad de adecuar dichas edificaciones en desuso de tipo industrial para la producción de cultivos controlados, atendiendo la necesidad alimenticia a nivel nacional y potenciando el valor constructivo que representan dichos edificios en términos de estructura, servicios e inversión inmobiliaria.

1. CULTIVOS EN AMBIENTES CONTROLADOS

Los cultivos en ambientes controlados se definen como “una avanzada e intensiva forma de agricultura donde las plantas crecen en ambientes controlados para que las prácticas de horticultura puedan ser optimizadas” (Albright; Langhans, 1996). Esto quiere decir que a través de las prácticas de agricultura en ambientes controlados se pueden desarrollar actividades agrícolas en lugares donde tradicionalmente éstas no sucederían.

Para ello la agricultura controlada se apoya en elementos de protección y sistemas de ventilación, enfriamiento, calentamiento o iluminación artificial, en función de suplir los factores productivos de las especies vegetales que no sean suministrados por medios naturales. Si el ambiente presenta condiciones de mayor adversidad mayor deberá ser el control y protección de los cultivos. Así, los métodos intensivos de agricultura van desde túneles de protección bajos y altos para cubrir únicamente las especies vegetales, estructuras de invernaderos con o sin sistemas de calefacción, cultivos controlados, hasta sistemas de soporte de vida para las especies vegetales fuera del planeta Tierra (ECLSS).¹²

A continuación, se presenta una tabla transcrita y traducida donde se enuncian los sistemas utilizados en los distintos tipos de agricultura controlada, para a manera de resumen establecer los posibles mecanismos que podrán ser incluidos en la propuesta. En ella se pretende evaluar la disponibilidad y necesidad de los mismos

¹² ECLSS: *Environmental control life support system*: Sistemas de soporte de vida y control ambiental.

en el contexto de la ciudad de Caracas, por lo cual se resaltan los de mayor pertinencia a la investigación en función del análisis previo realizado en la edificación y el alcance del trabajo. Fueron tomados de la tabla únicamente los atributos correspondientes a los sistemas y equipos implementados.

Tabla 2: Atributos de los sistemas de producción vegetal (Adaptación de Albright; Langhans, 1996)

ATRIBUTO	Túneles bajos	Túneles altos	Cultivos protegidos	invernadero	Cultivos controlados	ECLSS	
Calefacción	no	quizás	quizás	si	si	si	
Ventilación natural	quizás	si	si	si	si	no	X
Ventilación mecánica	no	quizás	quizás	si	si	si	X
Enfriamiento por evaporación	no	no	quizás	quizás	si	no	X
Enfriamiento mecánico	no	no	no	no	no	si	X
Suplemento de dióxido de carbono	no	no	quizás	quizás	si	si	
Hidroponía	no	no	quizás	quizás	probable	si	X
Riego automatizado	no	no	quizás	quizás	si	si	X
Control de raíces	no	no	quizás	quizás	si	si	
Iluminación artificial limitada			quizás	quizás	no	no	X
Iluminación artificial intensiva	no	no	no	no	si	si	X
Iluminación por foto-período	no	no	quizás	quizás	si	si	X
Uso de pesticidas	si	si	si	si	leve	no	
Manejo integrado de plagas	no	no	quizás	quizás	si	si	
Control computarizado del ambiente			quizás	quizás	si	si	
Control computarizado integral	no	no	no	no	si	si	X

Es importante considerar que el proyecto eléctrico de la intervención representa el mayor impacto económico y ambiental de las propuestas de agricultura controlada, debido al alto consumo necesario para el funcionamiento de los sistemas (Albright, 1996). Sin embargo, en investigaciones más recientes se ha comprobado que la aplicación de iluminación artificial ha demostrado optimizar el crecimiento de las

especies vegetales en un alto porcentaje de producción, lo cual podría compensar los gastos económicos del sistema con una producción vegetal de mayor valor comercial.

En general, los beneficios de los sistemas controlados de agricultura han demostrado ser muchos: optimización en la productividad de los cultivos, mayor salubridad en los alimentos, diversificación en la oferta alimenticia y reducción del efecto contaminante que tienen los pesticidas utilizados en las actividades agrícolas, los cuales son descargados directamente al terreno.

A pesar de ser una práctica que tuvo sus inicios como una manera de contrarrestar el impacto de períodos de invierno en países con estaciones cambiantes, la aplicación de las tecnologías de agricultura controlada en el país, y particularmente en la ciudad de Caracas, es beneficioso no sólo en los términos de sostenibilidad urbana y agrícola mencionados anteriormente, sino por la posibilidad que ofrece de depender en un menor porcentaje de sistemas artificiales, aprovechando en lo posible las ventajas del clima tropical.

1.1 Factores productivos de las especies vegetales

Los factores productivos de las especies vegetales, abordados desde el punto de vista de la agricultura controlada, permiten establecer los parámetros ideales para la producción en ambiente controlado.

En la agricultura controlada, el concepto de “agro-ecosistema” se entiende como “...un ecosistema creado y administrado por el hombre con un propósito agrícola: obtener beneficio económico a partir del cultivo de las plantas” (Méndez; Marín, 2015), por lo que deben coexistir varios elementos que actúen como una unidad. Estos elementos engloban tanto prácticas agrícolas como factores biofísicos, de los cuales se señalan: Agua, viento, temperatura, humedad relativa, cantidad de CO₂ en el aire y radiación.

Para la comprobación de la aplicación de cultivos controlados en edificaciones en desuso se partirá de la utilización de factores de viento, temperatura, humedad relativa y radiación (en este caso, potencia de iluminación), debido a que son los valores que pueden ser modificados a partir de intervenciones constructivas en el edificio. Para efectos de esta investigación, los factores ambientales óptimos para el crecimiento de plantas fueron recogidos principalmente de la bibliografía de referencia, “El libro verde: compendio de información para la producción vegetal” (Duran; Mora; Ramírez, 2010).

2. ESTUDIO FÍSICO Y AMBIENTAL DE LA EDIFICACIÓN INDUSTRIAL

2.1 Caso de estudio

El caso de estudio elegido para el desarrollo de la investigación se encuentra en la zona industrial La Trinidad, en Caracas. El edificio, ubicado en la esquina entre la calle Luis de Camoens y la calle Las Piedritas. En general, el contexto del edificio se percibe como mixto, encontrándose muy cerca de urbanizaciones como Lomas de La Trinidad y con gran actividad comercial por parte de edificaciones como el Expreso La Trinidad y el supermercado Plan Suárez.

Se trata de una edificación de dos pisos de planta irregular, con área de ubicación de 740 m² y área de construcción de 1480 m². Tiene estructura de pórticos en concreto armado, losa maciza y cubierta cerchada con laminado metálico. La fachadas norte y oeste del edificio se caracterizan por grandes ventanales de vidrio translúcido espesor 6 mm soportados sobre una estructura de aluminio. En cuanto a servicios y equipamientos, el terreno posee una calle de servicios interna que conecta con un cuarto eléctrico de 10 metros cuadrados, tanque subterráneo y cuarto de bombas. En el mismo espacio se ubican unos puestos de estacionamiento y un módulo de circulación vertical con escaleras de servicio. En el interior del edificio se encuentra la estructura auxiliar para la instalación de un ascensor tipo monta carga con una escalera perimetral que bordea el espacio a doble altura como lobby de circulación vertical.

En cuanto al perímetro, el edificio se encuentra en absoluto contacto con el contexto, sin elementos de cerramiento en gran parte del lindero. En la fachada Norte se encuentra la calle de servicios, la cual colinda directamente con un muro de contención que soporta la calle residencial vecina. La fachada Este se cierra ante el lateral del edificio adyacente con un alero metálico para la circulación de servicios, mientras que las calles Sur y Oeste ofrecen el retiro como espacio contiguo las calles principales del sector. Esto, a pesar de tratarse de una estructura inactiva y sin oferta programática, permite que la edificación se perciba como parte del entorno urbano, generando espacio público para los habitantes y personas que hacen vida comercial en el sector.

Las características físicas de la edificación se obtuvieron mediante levantamientos y herramientas de medición manual, especificando los elementos constructivos que se encuentren en evidente estado de deterioro. Se recomienda para la

comprobación del análisis realizar un diagnóstico de los elementos estructurales y constructivos, al igual que una evaluación para determinar la dotación de servicios eléctricos y sanitarios. A continuación, se presenta una isometría que, a manera de resumen gráfico, expone las características básicas de la edificación y su estado actual.



Figura 1: Situación actual del caso de estudio (elaboración propia)

2.2 Factores ambientales y físicos

Para el análisis de los factores ambientales y físicos actuales de la edificación se decidió definir 4 zonas con características distintas: dos espacios en planta baja, un espacio a doble altura, y un gran espacio en la planta superior denominados Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4. La elección de los valores de mayor relevancia para el análisis de la edificación se realizó a partir de los criterios para la optimización de la horticultura a través de la agricultura controlada.

En este sentido investigadores de la Universidad de Cornell en Estados Unidos, aseguran que en el diseño de ambientes controlados para la agricultura es

primordial el monitoreo de factores térmicos y lumínicos (Albright; Langhans, 1996). Esto debido a que en un principio la agricultura controlada se trataba de garantizar la producción de alimentos durante todos los períodos del año. Posteriormente, el control de iluminación en la agricultura se demostró altamente eficiente al aumentar en gran magnitud el porcentaje de producción. Para evitar que las especies vegetales se encuentren bajo estímulos estresantes durante la etapa productiva, la agricultura en ambientes controlados se encarga de monitorear los factores de ventilación, humedad relativa y cantidad de dióxido de carbono en el aire (Torres; López, (s.f.). Tomando esto en cuenta se decidió realizar el análisis de la situación actual de la edificación considerando los factores de iluminación (lux), temperatura (°C), ventilación (CAH) y humedad relativa (%), siendo presentados en esta etapa de la investigación los valores lumínicos y térmicos recogidos hasta el momento de la simulación digital, utilizando la data climática de La Carlota, y descartando diferencias geográficas para efectos académicos de la investigación.

Para la determinación de los factores físicos se utilizaron levantamientos planimétricos y fotográficos, al igual que herramientas de medición. A través del estudio de estrategias de cultivos controlados a nivel urbano, se definieron las características físicas que son importantes para el desarrollo de la intervención, tales como altura, área, ubicación en la edificación, acceso desde la calle, materiales y cerramientos. En la siguiente tabla se expresan los factores físicos y ambientales a evaluar de la edificación, al igual que los métodos utilizados para la obtención de datos.

Tabla 1: Resultados parciales del análisis físico y ambiental del caso de estudio (elaboración propia)

		MÉTODO				
		ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	
FÍSICAS	Área (m ²)	284	280	26	563	Levantamiento planimétrico
	Altura (m)	2,9	2,9	6,3	3,4	Levantamiento planimétrico

	Ubicación	PB	PB	PB	P1	observación
	Paredes	ninguno	bloque	vidrio	bloque	observación
	Techo	concreto	concreto	laminado metálico	laminado metálico	observación
	Piso	concreto	concreto	concreto	concreto	observación
	Acceso desde la calle	si	si	no	No	Levantamiento planimétrico
AMBIENTALES	Temperatura máx. al año (°C)	31.7	29	42.6	48.3	Simulación software digital
	Temperatura mín. al año (°C)	15.1	18.8	9.3	10.7	Simulación software digital

2.3 Diagnóstico de la edificación

Según los datos recuperados en el análisis y el levantamiento del caso de estudio podemos generalizar algunos aspectos que servirán de base para la primera evaluación del edificio como centro de cultivos controlados. La información suministrada además permite reconocer el alcance y las limitantes de la propuesta, dándole especial atención a aspectos acerca del uso y deterioro de la estructura. De igual manera, se da valor a la inversión realizada en servicios eléctricos y sanitarios. Se presenta a continuación el resumen de la situación actual en los espacios internos de la edificación como análisis previo.

Zona 1: Se trata de un espacio de servicios utilizado actualmente como estacionamiento, contiguo al cuarto eléctrico y de bombas. Con tres de sus laterales abiertos totalmente al exterior, demostró tener poca incidencia solar debido a la altura del entrepiso y el contexto urbano, según lo detectado en los análisis solares.

Zona 2: La zona 2 es el espacio principal de entrada a la edificación, posee dos puertas de acceso a la calle y comunica directamente con el lobby de circulación. Recibe incidencia solar en horas de la tarde a través de las ventanas cuadradas ubicadas en la fachada oeste del edificio. Posee características térmicas considerablemente constantes.

Zona 3: El lobby de circulación vertical es el único espacio con altura doble. Además, posee la mayor apertura de fachada con los grandes ventanales ubicados en las fachadas noroeste, recibiendo gran carga lumínica durante horas de la tarde.

Zona 4: El espacio ubicado en el piso superior de la edificación es el de mayor amplitud. A pesar de la poca apertura de fachada, posee gran incidencia solar durante horas de la mañana y tarde debido a la situación precaria en la que se encuentra la cubierta metálica. Sin embargo, el análisis se realizó considerando la cubierta en su situación original, lo cual influye en los altos valores de temperatura durante el verano.

En general las condiciones actuales de la edificación, a pesar del deterioro observado, reflejan un gran valor constructivo e inversión considerable. Se detectaron rasgos potenciales que pueden ser compatibles física, ambiental y urbanamente con una propuesta de cambio de uso, en pro de generar actividades productivas que valoricen la edificación e impacten positivamente el entorno.

3. FACTIBILIDAD Y COMPATIBILIDAD DE LA PROPUESTA

Para evaluar la factibilidad de la propuesta se partió de la comparación entre los factores ambientales de la edificación con los requerimientos de temperatura y luminosidad de los cultivos. Para ello se tomó como muestra una de las zonas indicadas en el análisis, la zona 4, a razón de determinarse como el espacio con mayor área. Estos valores se compararon con los factores productivos de especies vegetales indicados en la bibliografía de referencia, para recibir una primera aproximación de la adaptación necesaria para la intervención.

Considerando las condiciones actuales de los espacios internos, los valores de ventilación y humedad no han sido incluidos en esta parte del análisis, debido que se consideran de menor relevancia al momento de cotejar las posibilidades de adaptación de los espacios internos a los cultivos. Sin embargo, su importancia será considerada en la etapa del diseño de la propuesta.

En cuanto a las características físicas de los cultivos, según lo recogido en la bibliografía referente a las características de las plantas, podemos considerar algunos valores que pueden ser de trascendencia en el proceso de diseño de la propuesta. Por ejemplo, tanto la altura de planta como la profundidad de raíz marcarán un valor de altura libre necesaria en los espacios internos para la aplicación de cultivos.

A continuación, se presenta una herramienta para la ordenación y comparación de información, donde a manera de tabla se presentan en una primera etapa los valores de temperatura óptima de los cultivos, altura de planta y profundidad de raíz. En ellas se incluyen las características de la Zona 4 de la edificación que fueron determinadas en el análisis preliminar de los espacios internos, para de esta manera realizar una comparación visual entre la situación actual y las características necesarias del ambiente.

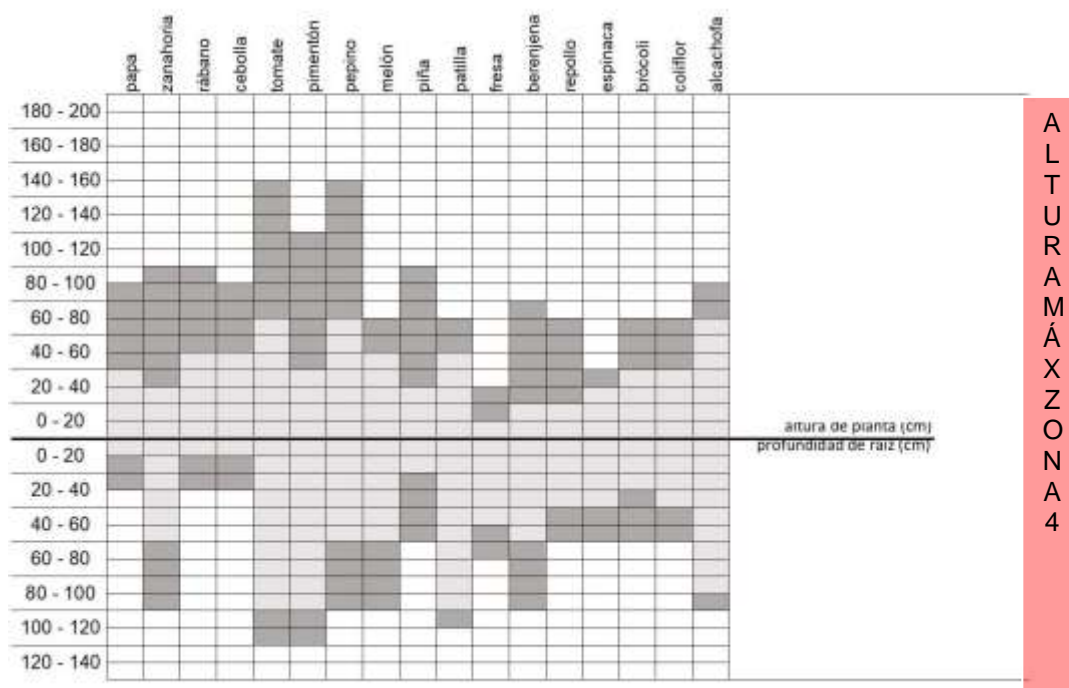
Tabla 3: Temperatura óptima de los cultivos

°C	papa	zanahoria	rábano	cebolla	tomate	pimentón	pepino	melón	piña	patilla	fresa	berenjena	repollo	espinaca	brócoli	coliflor	alcachofa
8 - 9																	
10 - 11																	
12 - 13																	
14 - 15		■		■									■				
16 - 17		■		■									■				
18 - 19		■	■	■							■		■				
20 - 21	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
22 - 23	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
24 - 25	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
26 - 27								■				■		■			
28 - 29								■									
30 - 31								■									
32 - 33								■									
34 - 35																	
36 - 37																	

TEMPERATURA PROMEDIO ZONA 4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Altura de planta y profundidad de terreno



Fuente: Elaboración propia

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Observando los resultados parciales, si bien no establecen una selección definitiva de las especies vegetales a implementar, permiten entrever la compaginación de los valores de temperatura y altura en la zona 4, comparándolos con los requerimientos físicos y térmicos de las especies vegetales seleccionadas.

En primer lugar, la zona 4 presenta condiciones térmicas que podrían ser consideradas inapropiadas para la habitabilidad del edificio, pues la temperatura interna sea inclusive 10 grados mayor que la externa en la ciudad de Caracas (de acuerdo a resultados de la simulación térmica). Por otro lado, las temperaturas óptimas de cultivos señalados en la tabla permanecen en un rango cercano a la temperatura actual de la edificación en la zona 1, inclusive compartiendo grados de temperatura con especies vegetales de la familia de las solanáceas (tomate, pimentón y pepino). Con la ayuda de esta herramienta comparativa, se podría

establecer el rango óptimo de temperatura interna en donde, sin tener que recurrir a sistemas intensivos de acondicionamiento térmico, se podría establecer un rango de temperatura interna que pueda cubrir la mayor cantidad de especies vegetales. Por otro lado, la herramienta de análisis resulta clave para el establecer limitantes del cultivo en cuanto a la espacialidad. Por ejemplo, observando la tabla 4 de altura de planta y profundidad del terreno vemos el rango máximo de altura admitido en la zona 4. Si bien todas las plantas estudiadas en el momento están dentro de los parámetros, hay que considerar que ciertas especies se encuentran en el límite de la altura máxima, por lo que se deberá tomar previsiones a la hora del cultivo de dichas especies. En este sentido, la investigación de sistemas de cultivos sin suelo (los cuales engloban las prácticas de hidroponía) es fundamental para el desarrollo de la propuesta y optimización de los cultivos, existiendo variedad de los mismos en función de las propiedades del espacio y preferencias de las especies vegetales. Considerando estos aspectos, se concluye lo siguiente:

- Las características propias de la edificación parecen ser compatibles ante una propuesta de cambio de uso, requiriendo intervenciones constructivas para adecuar, mejorar y optimizar las condiciones de habitabilidad actuales.
- Es importante considerar las temperaturas mínimas y máximas admitidas por los cultivos señalados, y establecer las mismas como rangos límites en el acondicionamiento de los espacios internos.
- Considerando el inevitable acondicionamiento de la edificación para su habitabilidad, es posible suponer que ciertas zonas podrían ser climatizadas para la inclusión de cultivos con requerimientos térmicos por debajo de los establecidos en el análisis actual. Esto en virtud de ampliar la oferta alimenticia y aumentar la productividad agrícola con especies de mayor valor comercial y menor oferta en el sector.

5. AGRADECIMIENTOS

Tanto los resultados presentados, como el desarrollo por venir de la investigación han sido posibles gracias a los equipos académicos que actualmente permanecen constantes produciendo material de gran relevancia para el desarrollo tecnológico de la profesión. Se brinda particular agradecimiento al equipo de la VII Especialización en Desarrollo Tecnológico de la Construcción del IDEC, pues tanto profesores, estudiantes y personal que hace vida en el instituto han contribuido con

el crecimiento y los resultados del trabajo. De igual forma se extienden los agradecimientos a los amigos y profesionales de la licenciatura en biología de la Universidad Simón Bolívar, quienes no sólo motivaron la investigación, sino que han brindado el acompañamiento técnico requerido en aspectos de tanta complejidad, demostrando la importancia de la integración de disciplinas en asuntos de sostenibilidad urbana.

6. REFERENCIAS

Albright, L., Langhans, R. (1996) *Controlled Environment Agriculture. Scopin study*. Extraído el 3 de marzo 2017 de <http://www.cornellcea.com/attachments/Controlled%20Environment%20Agriculture%20Scoping%20Study%20pdf%20-%20Adobe%20Acrobat%20Professional.pdf>.

Durán, A., Mora, D., Ramírez, L. (2003) *Compendio de información para la producción vegetal: el libro verde*. México DF, México. Editorial Limusa.

FEDEAGRO (S.F.) 2016: *Otro año agrícola perdido*. Extraído el 20 de octubre de 2017 de <http://www.fedeagro.org/detalle3.asp?id=2828>.

Instituto Nacional de Estadísticas (2011). *XIV Censo Nacional de Población y Vivienda. Resultados Total Nacional de la República Bolivariana de Venezuela*. Extraído el 20 de junio de 2017 de <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/nacional.pdf>.

Méndez, C., Marín, F, (2015). El concepto de agricultura protegida para el trópico latinoamericano. *Boletín del programa nacional sectorial de producción agrícola bajo ambientes protegidos, Año 9 (n° 54), 2-12*. Disponible en [http://www.mag.gov.cr/bibliotecavirtual/BoletinAP9\(54\).pdf](http://www.mag.gov.cr/bibliotecavirtual/BoletinAP9(54).pdf).

Torres, A., López, R. (s.f.). *Producción comercial de cultivos bajo invernaderos y viveros: Medición de luz diaria integrada en invernaderos*. Extraído el 3 de marzo de 2018 de <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-238-SW.pdf>.

APÉNDICE (Presentación)



Adecuación de edificaciones industriales para cultivos en ambientes controlados

Stanko, A, Lorenzo, E.

Cultivos controlados

“una avanzada e intensiva forma de agricultura donde las plantas crecen en ambientes controlados para que las prácticas de horticultura puedan ser optimizadas”

(Albright; Langhans, 1996).



Cultivos controlados

Control de factores ambientales



ILUMINACIÓN



TEMPERATURA



HUMEDAD



VENTILACIÓN

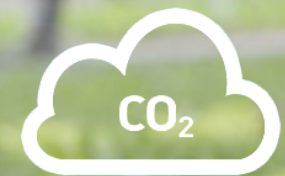
Control de la producción



CULTIVOS SIN
SUELO



RIEGO
AUTOMATIZADO



NIVELES DE
CO²

Mecanismos naturales o artificiales

Cultivos controlados

Sistemas de cultivos controlados

Intensidad de control en el cultivo

**MENOR CONTROL
DEL AMBIENTE**

“túneles
bajos”

“túneles
altos”

“cultivos
protegidos”

“invernaderos”

“CEA”
Cultivos
controlados

“ECLSS”
Cultivos con
soporte vital

**MAYOR CONTROL
DEL AMBIENTE**



Túneles bajos



*Prototipo de
invernadero lunar*

Universidad de Arizona

“La ciudad de Nueva York cultiva más comida local con nuevas granjas verticales interiores”

NEW YORK CITY GROWING MORE LOCAL FOOD WITH NEW INDOOR VERTICAL FARM



Charlotte Pointing

Associate Editor, UK | Contactable via charlotte@livekindly.co

Posted by [Charlotte Pointing](#) | Mar 9, 2018



SHARE

“Es un mejor producto para nosotros y es menos destructivo para el medio ambiente”

“... podemos darle a nuestros cultivos exactamente lo que necesitan y nada más, desde nutrientes y agua hasta luz”

New York City start-up, Bowery, is making waves in the organic food industry with their use of indoor vertical farming. After raising [\\$20 million in Series A funding](#) last summer, the company is currently in the process of building their second vertical farm in [Kearny, New Jersey](#).

The start-up intends to revolutionise farming and provide a solution to impending water scarcity. *“We’re growing post-organic produce, It’s the next evolution,”* Irving Fain, Bowery’s CEO and founder, told Fortune. He added, *“It’s a better product for us and better way of growing and less destructive to the earth, we’re using technology to grow the purest food possible.”*

“By meticulously monitoring the growing process and capturing a tremendous amount of data along the way, we’re able to remove the age-old reliance on “eyeballing,” the team at Bowery explain on their [website](#). *“We can give our crops exactly what they need and nothing more – from nutrients and water to light.”*

Bowery is more efficient than traditional farmland, Fain also told Fortune. This is due to the environmentally controlled element of the process, outdoor, conventional, farms across the world are subject to seasons and the hand of mother nature, Bowery’s new indoor vertical farms are exempt to this. The vertical farms can consistently produce the same level of good quality crops all year round. *“We see very strong demand nationally and internationally right now for high quality locally produced consistent produce,”* Fain claimed.

(Pointing, C, 2018)

Caracas... “un valle fértil y diverso”

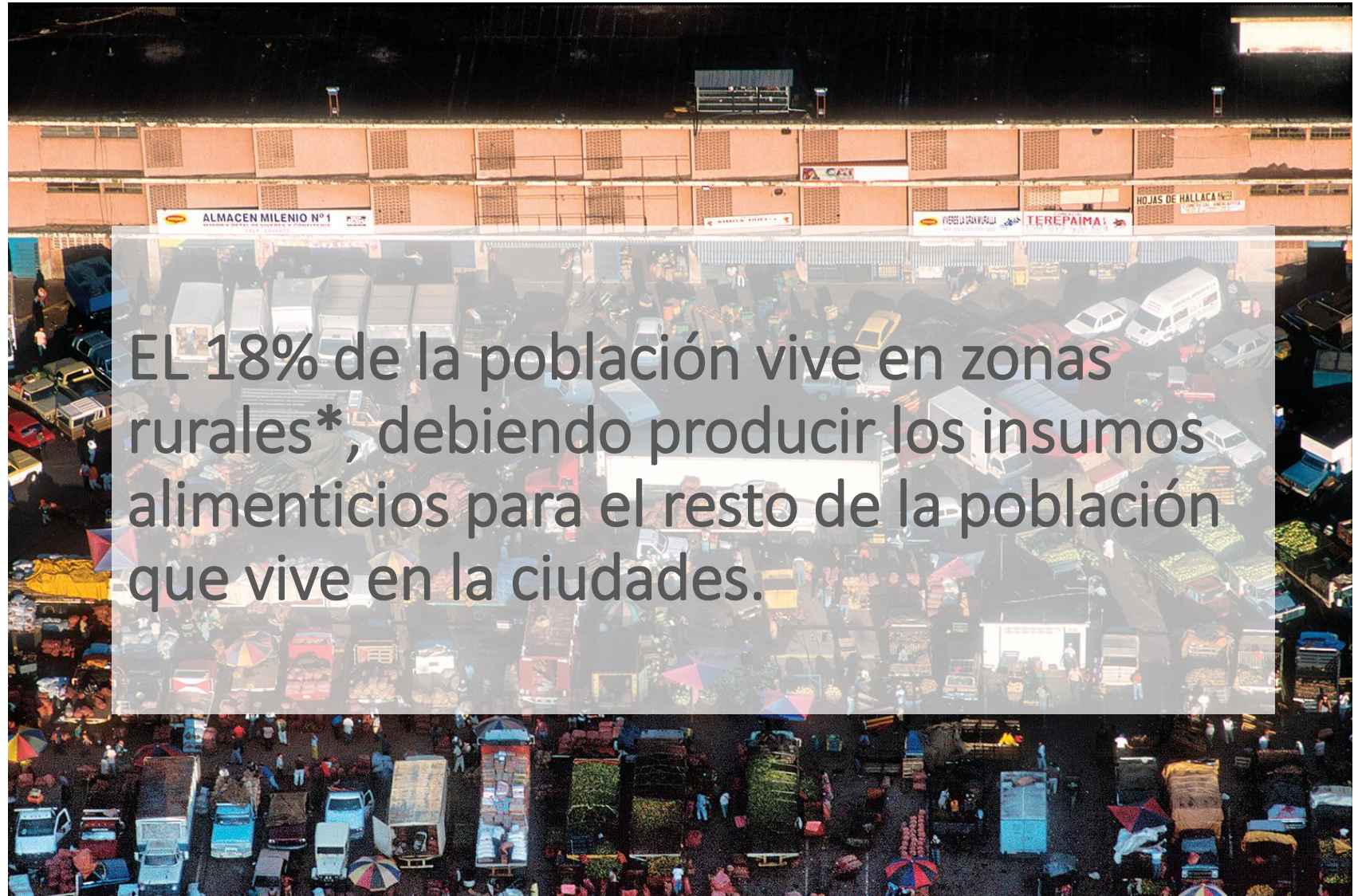


(Quintero, I, 2013)

- Una de las mayores problemáticas a nivel nacional es la alimentación de los ciudadanos



Fotografía: Ramón Lepage



EL 18% de la población vive en zonas rurales*, debiendo producir los insumos alimenticios para el resto de la población que vive en la ciudades.

Cifras del censo 2011

¿SOLUCIONES? Producción desde el núcleo urbano



*Fotografía: Fundación de la Fotografía
Urbana*

¿SOLUCIONES? Producción desde el núcleo urbano

- Agricultura tradicional en zonas verdes



¿SOLUCIONES? Producción desde el núcleo urbano

- Techos verdes



¿SOLUCIONES? Producción desde el núcleo urbano

- Cambio de uso en edificios como centros de cultivos controlados



- Cambio de uso en edificios como centros de cultivos controlados



Aplicado en

EDIFICACIONES
INDUSTRIALES

- 1) estructuras de gran tamaño y resistencia a cargas verticales.
- 2) Son edificaciones con amplia dotación en servicios eléctricos y sanitarios.
- 3) Corresponden al sector más afectado en el ámbito económico, por lo que tienden a tener paralizadas sus actividades.

EDIFICACIONES
INDUSTRIALES

Caso de estudio

Zona industrial La Trinidad

Edificio tipo galpón comercial – industrial

Convergen usos residenciales, comerciales e industriales

Alto nivel de deterioro

Calle Luis de Camoens



0

10

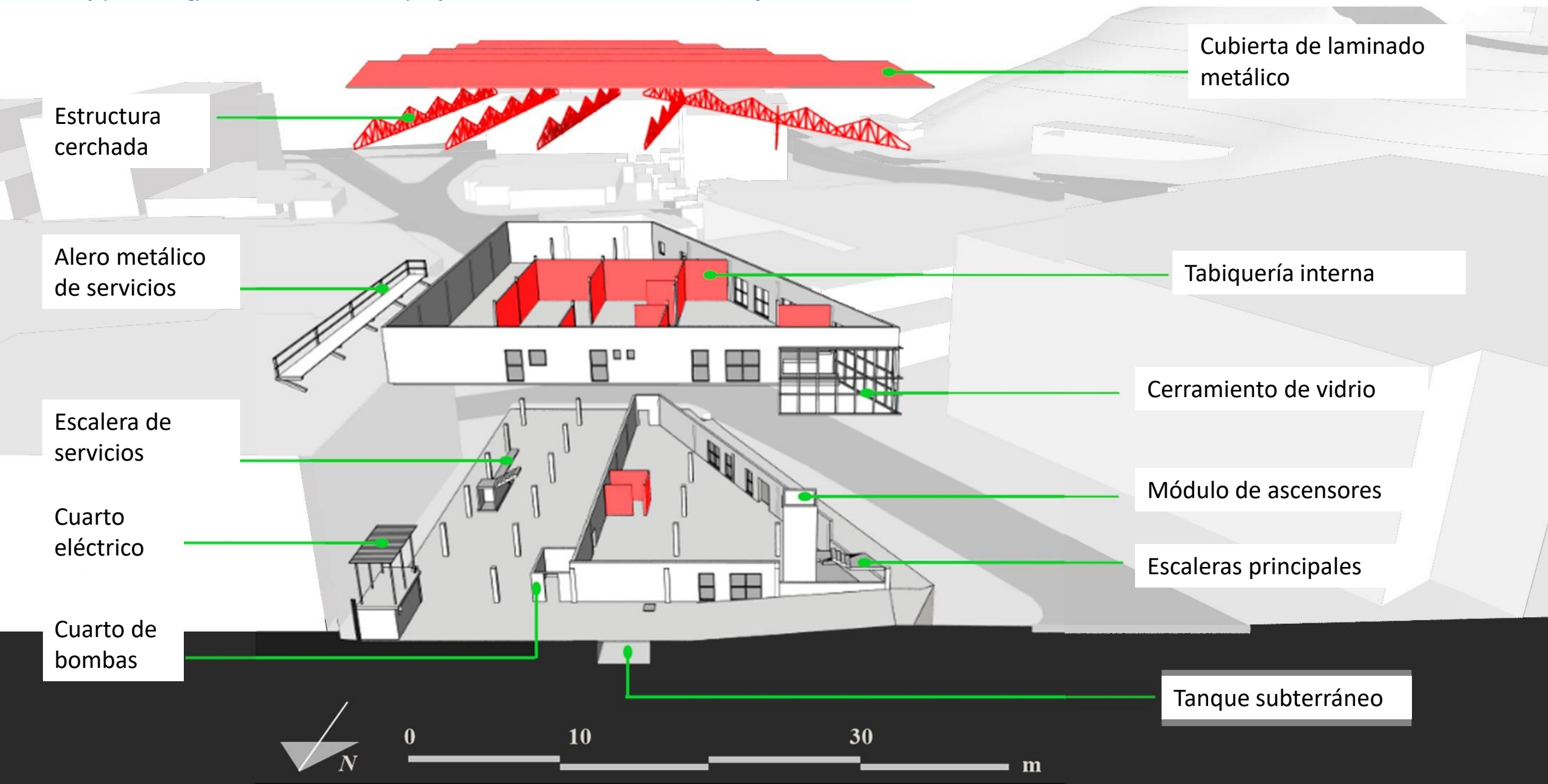
30

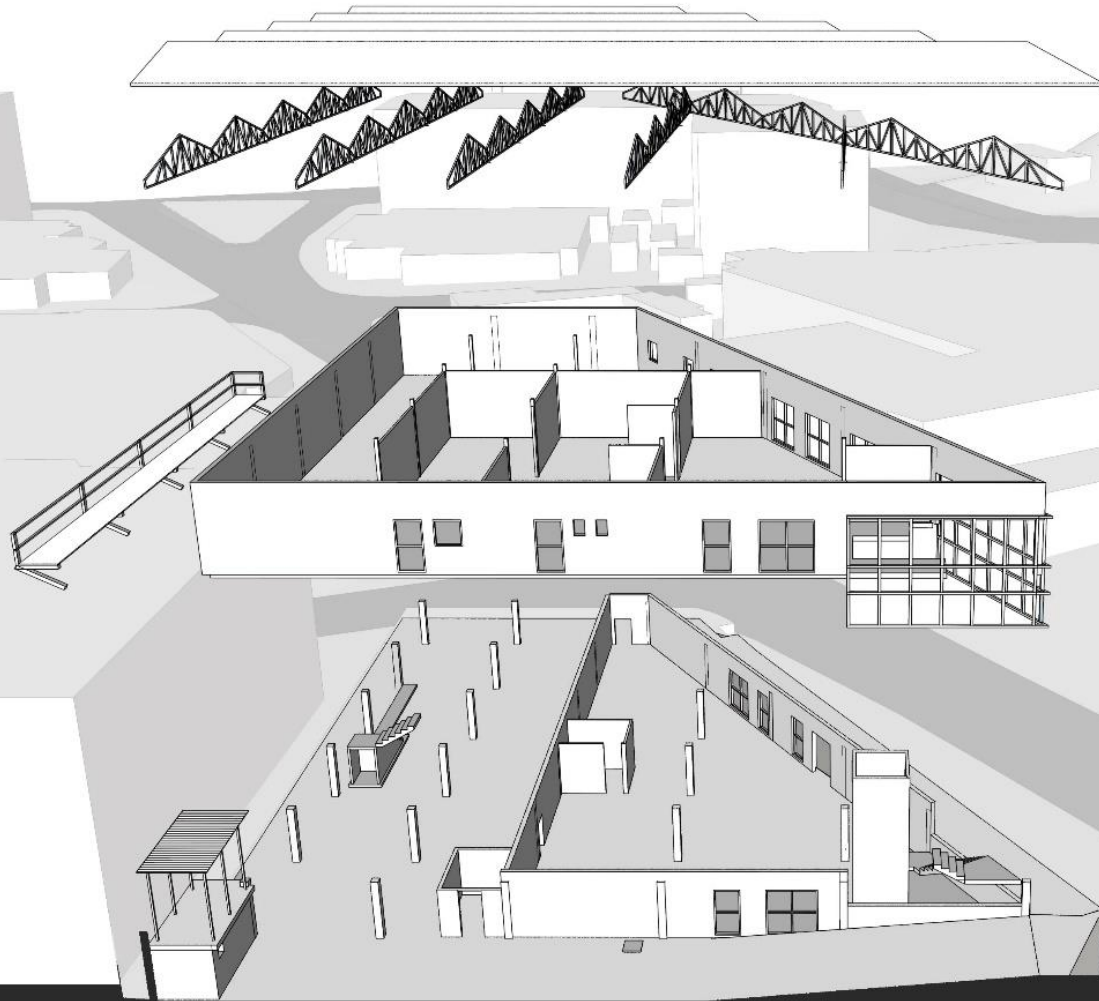
m



Caso de estudio







Análisis físico

Ubicación
Áreas
Alturas
Materiales

Análisis ambiental

Factores térmicos
Factores lumínicos



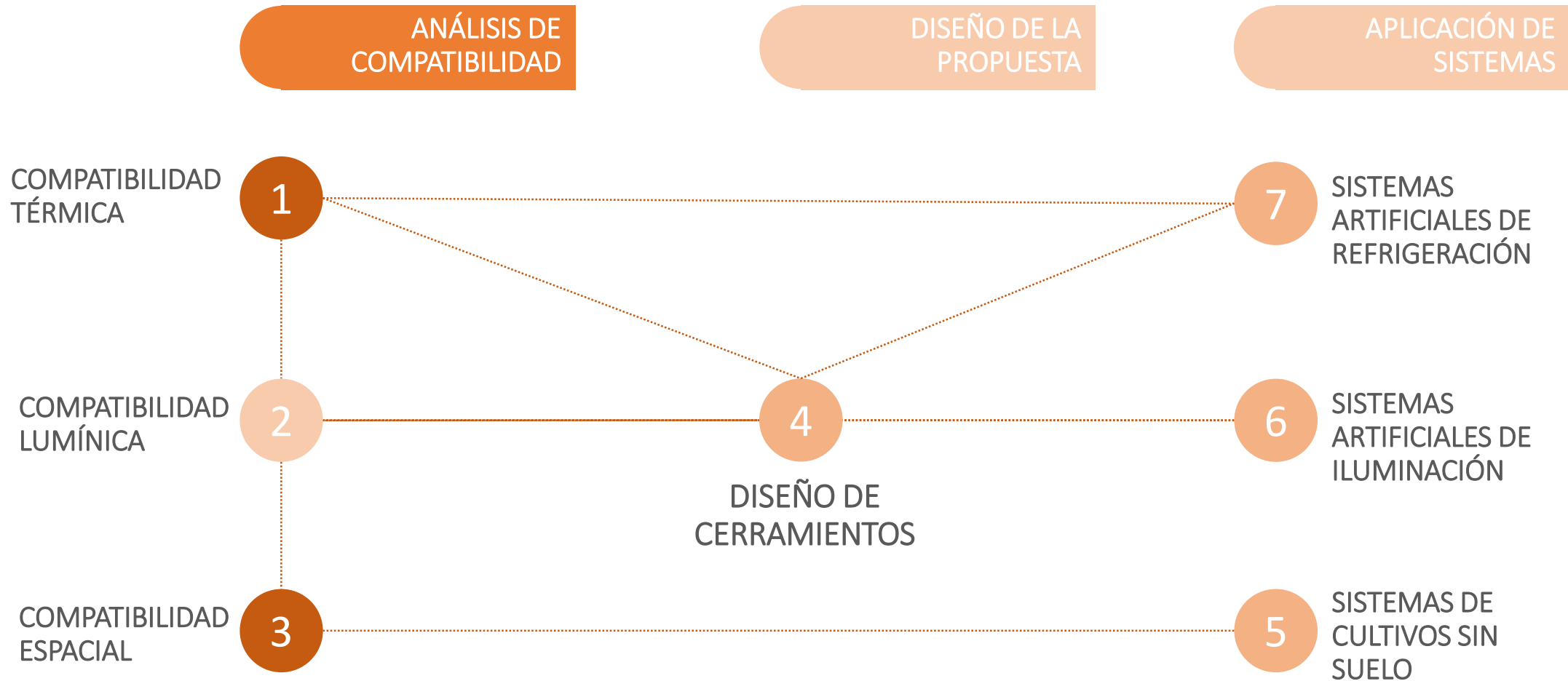
0

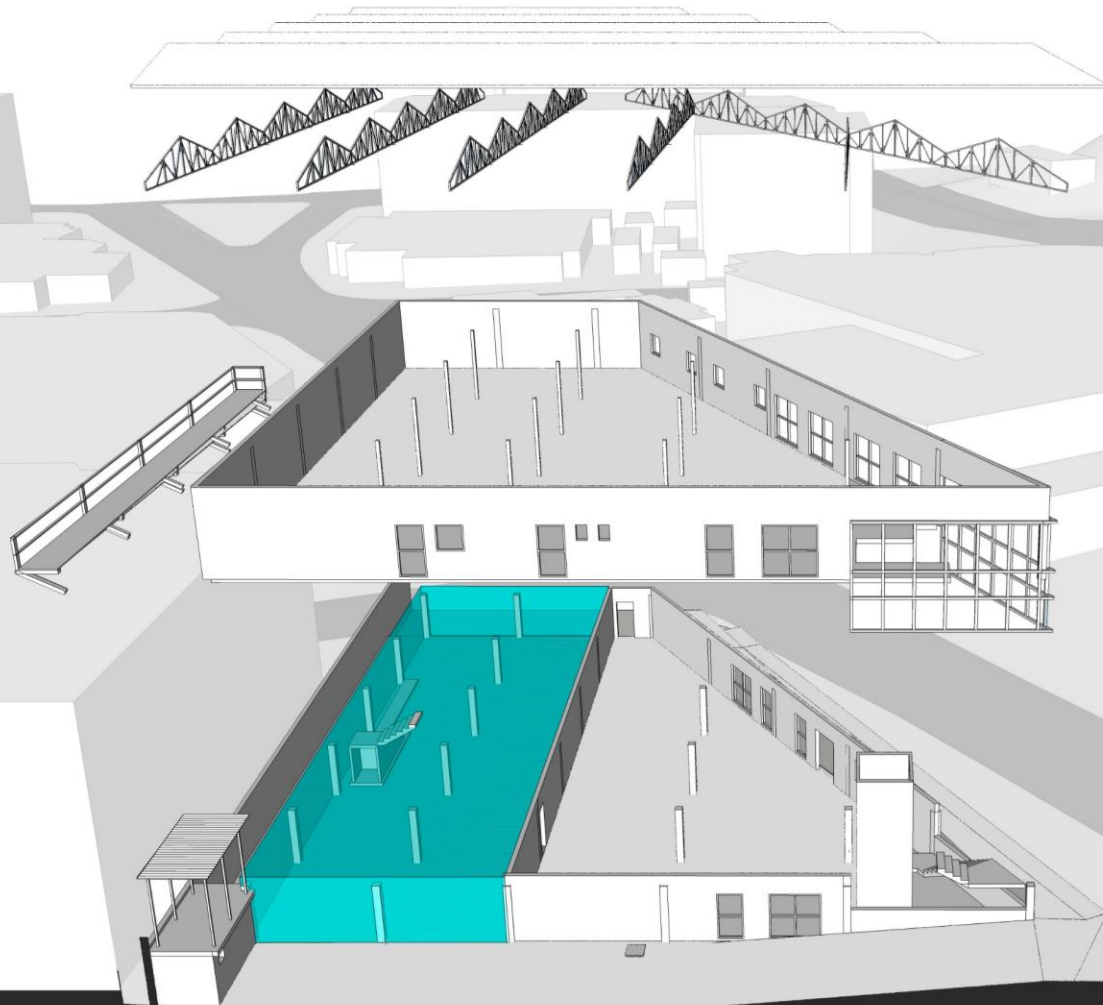
10

30

m

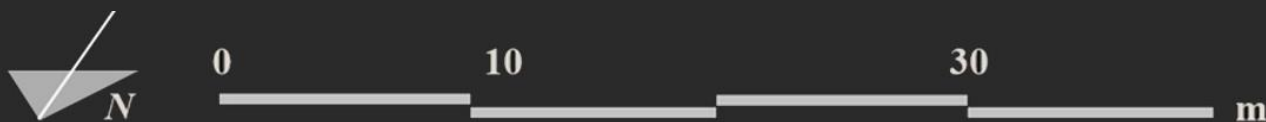
Estrategias de acondicionamiento





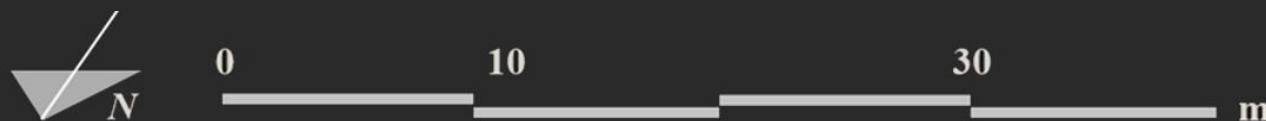
ZONA 1

FÍSICAS	Área (m ²)	284
	Altura (m)	2,9
	Ubicación	PB
	Paredes	ninguno
	Techo	concreto
	Piso	concreto
AMBIENTALES	Acceso desde la calle	si
	Temperatura máx. al año (°C)	31.7
	Temperatura mín. al año (°C)	15.1



ZONA 2

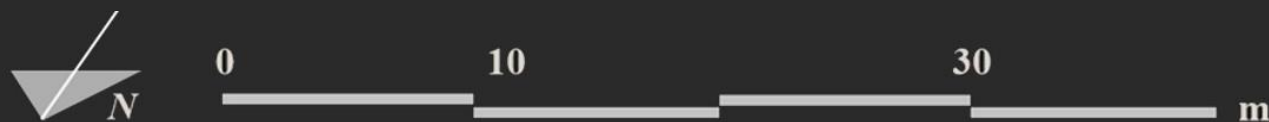
FÍSICAS	Área (m ²)	280
	Altura (m)	2,9
	Ubicación	PB
	Paredes	bloque
	Techo	concreto
	Piso	concreto
AMBIENTALES	Acceso desde la calle	si
	Temperatura máx. al año (°C)	29
	Temperatura mín. al año (°C)	18.8





ZONA 3

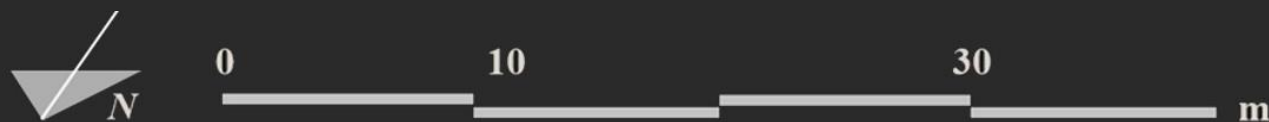
FÍSICAS	Área (m ²)	26
	Altura (m)	6,3
	Ubicación	PB
	Paredes	vidrio
	Techo	laminado metálico
	Piso	concreto
AMBIENTALES	Acceso desde la calle	no
	Temperatura máx. al año (°C)	42.6
	Temperatura mín. al año (°C)	9.3





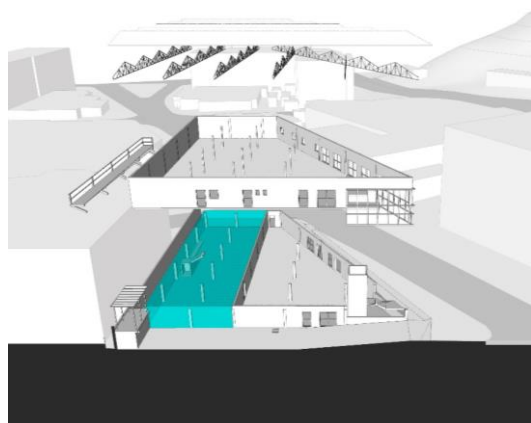
ZONA 4

FÍSICAS	Área (m ²)	563
	Altura (m)	3,4
	Ubicación	P1
	Paredes	bloque
	Techo	laminado metálico
	Piso	concreto
AMBIENTALES	Acceso desde la calle	No
	Temperatura máx. al año (°C)	48.3
	Temperatura mín. al año (°C)	10.7

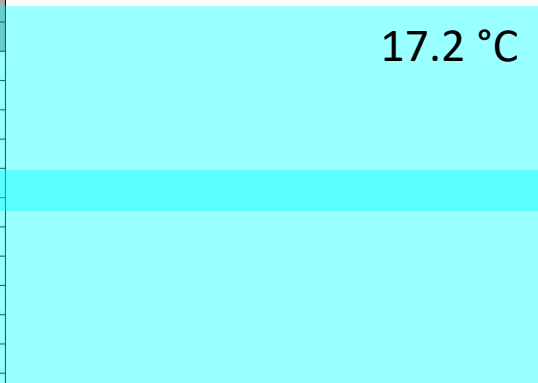


1 ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD TÉRMICA

ZONA 1



°C	papa	zanahoria	rábano	cebolla	tomate	pimentón	pepino	melón	piña	patilla	fresa	berenjena	repollo	espinaca	brócoli	coliflor	alcachofa
8 - 9																	
10 - 11																	
12 - 13																	
14 - 15		█		█									█	█		█	
16 - 17		█		█									█	█		█	
18 - 19	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
20 - 21	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
22 - 23	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
24 - 25	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
26 - 27	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
28 - 29	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
30 - 31	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
32 - 33									█								
34 - 35																	
36 - 37																	



1 ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD TÉRMICA

ZONA 2



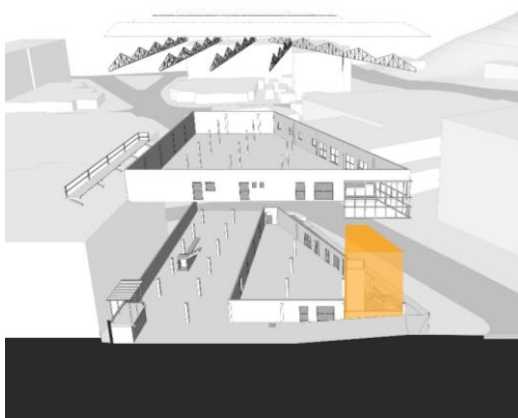
°C	papa	zanahoria	rábano	cebolla	tomate	pimentón	pepino	melón	piña	patilla	fresa	berenjena	repollo	espinaca	brócoli	coliflor	alcachofa
8 - 9																	
10 - 11																	
12 - 13																	
14 - 15		█		█									█	█			█
16 - 17		█		█									█	█	█		█
18 - 19		█	█	█							█		█	█	█	█	█
20 - 21	█	█		█	█		█			█	█		█	█			
22 - 23	█	█	█	█	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
24 - 25	█	█	█	█	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
26 - 27	█	█	█	█	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
28 - 29	█	█	█	█	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
30 - 31	█	█	█	█	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
32 - 33									█								
34 - 35																	
36 - 37																	

20.8 °C

31.3 °C

1 ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD TÉRMICA

ZONA 3



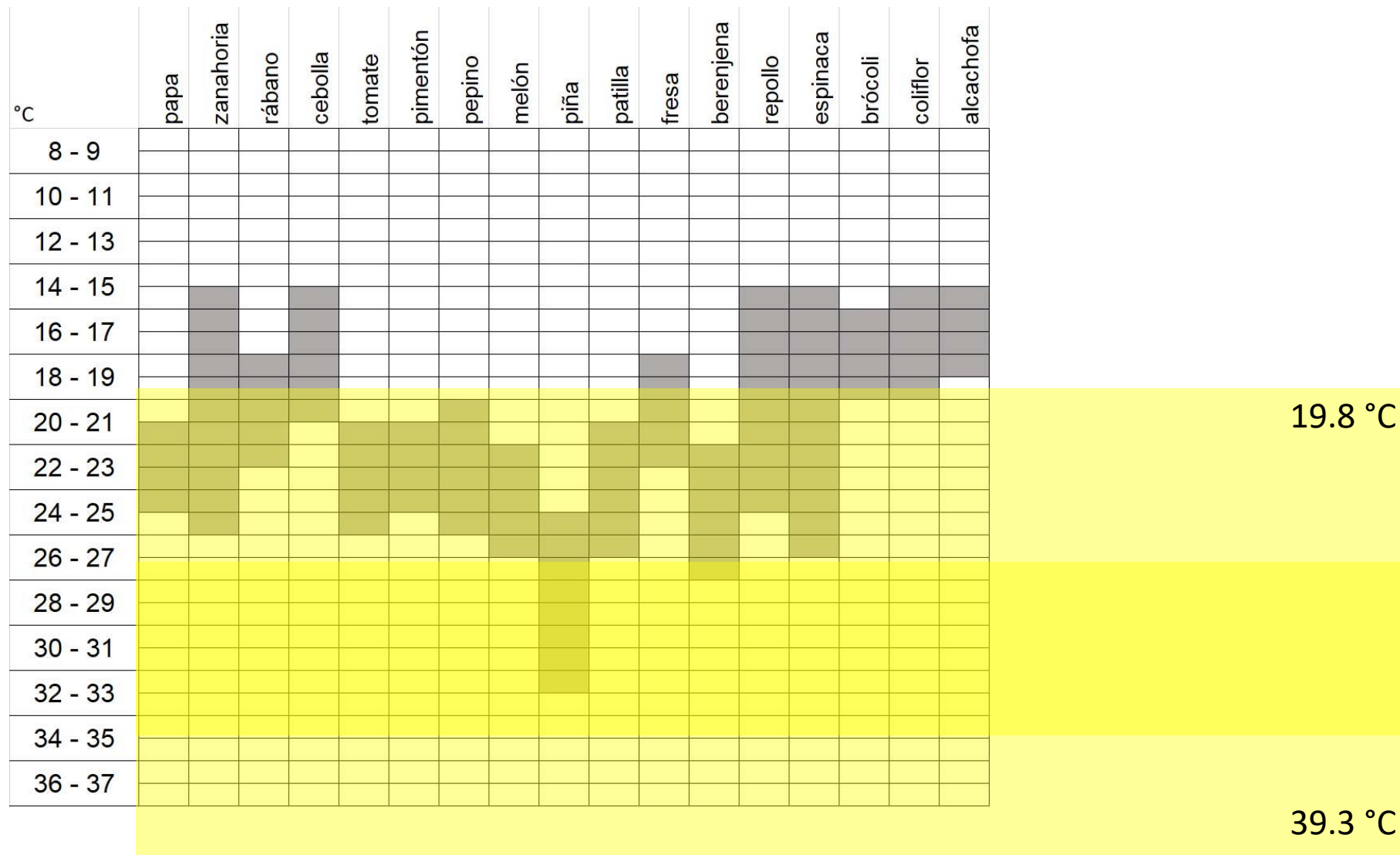
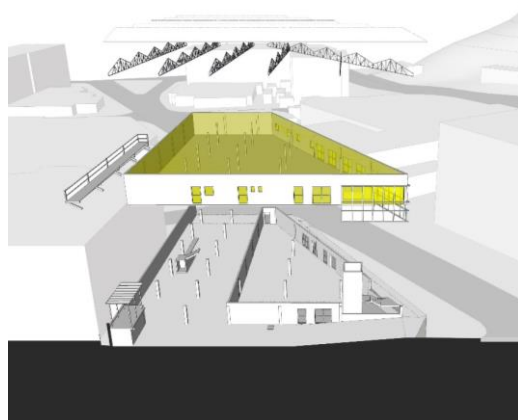
°C	papa	zanahoria	rábano	cebolla	tomate	pimentón	pepino	melón	piña	patilla	fresa	berenjena	repollo	espinaca	brócoli	coliflor	alcachofa
8 - 9																	
10 - 11																	
12 - 13																	
14 - 15																	
16 - 17																	
18 - 19																	
20 - 21																	
22 - 23																	
24 - 25																	
26 - 27																	
28 - 29																	
30 - 31																	
32 - 33																	
34 - 35																	
36 - 37																	

15.1 °C

42.6 °C

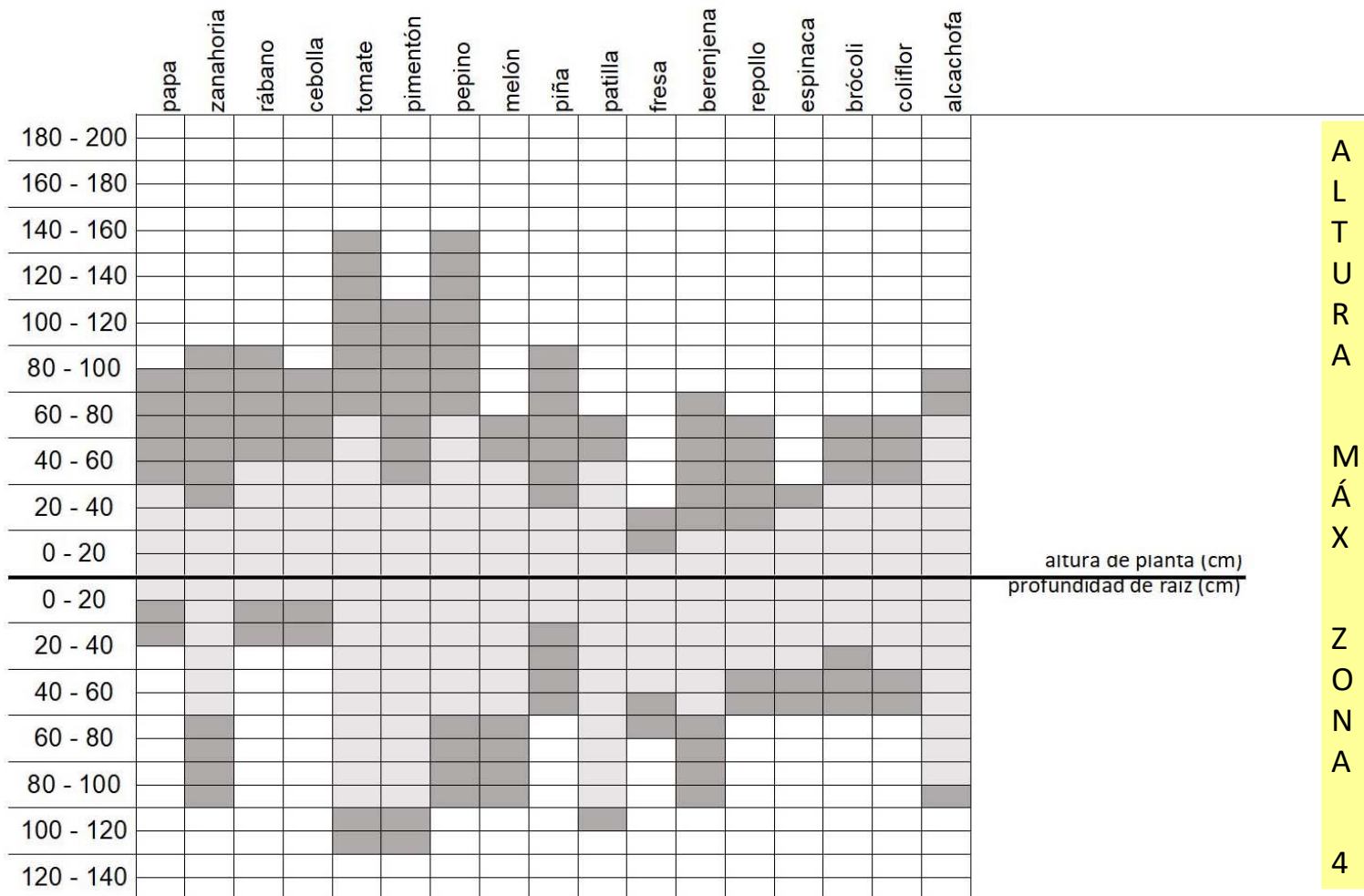
1 ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD TÉRMICA

ZONA 4





3 ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD ESPACIAL



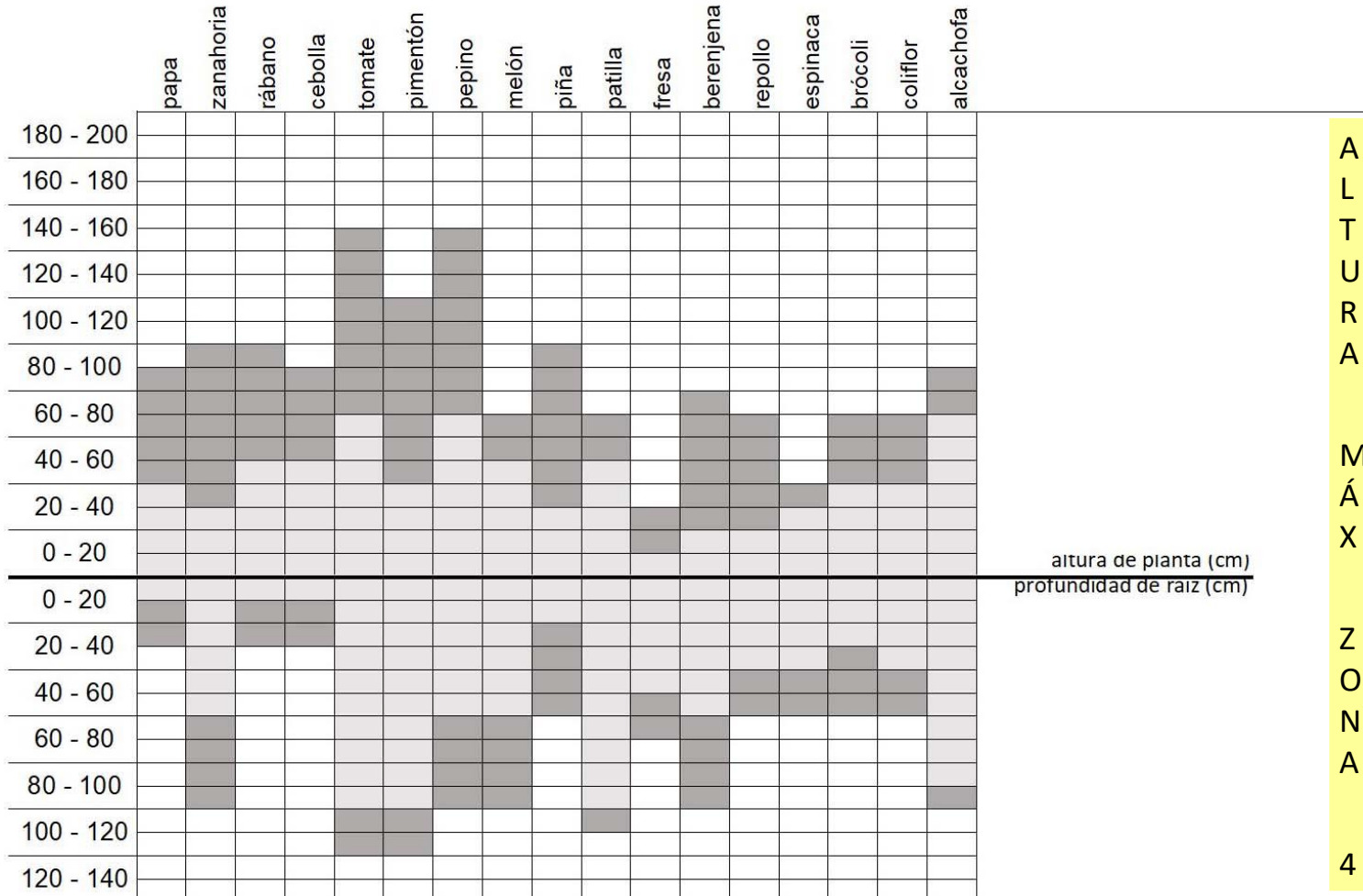
A
L
T
U
R
A

M
Á
X

Z
O
N
A

4

3 ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD ESPACIAL



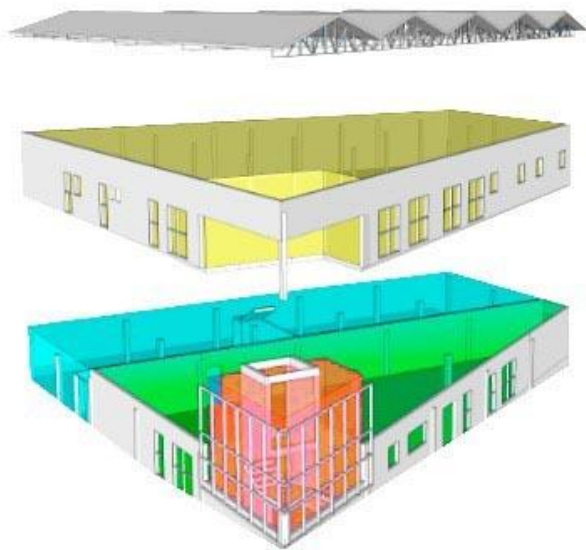
Especies de mayor altura



Especies de menor altura

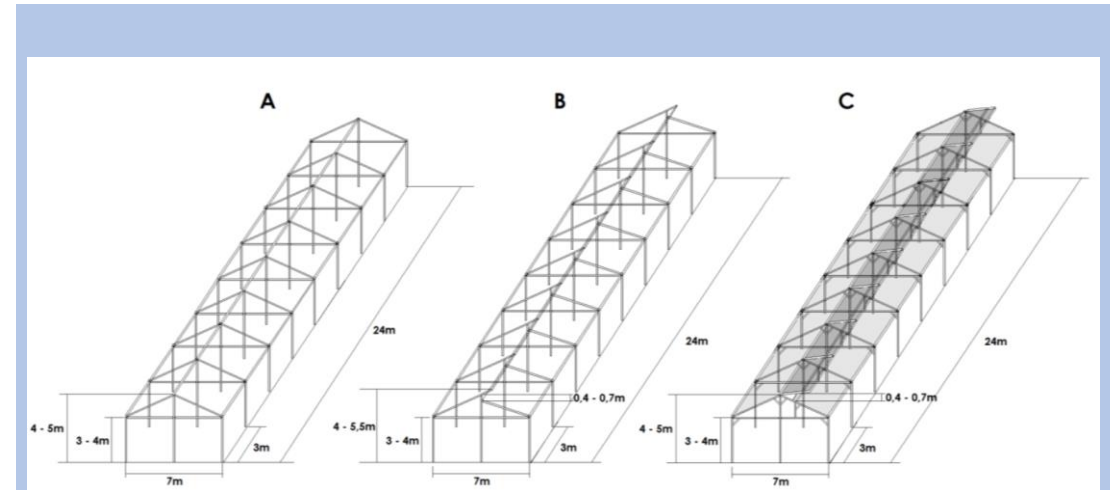
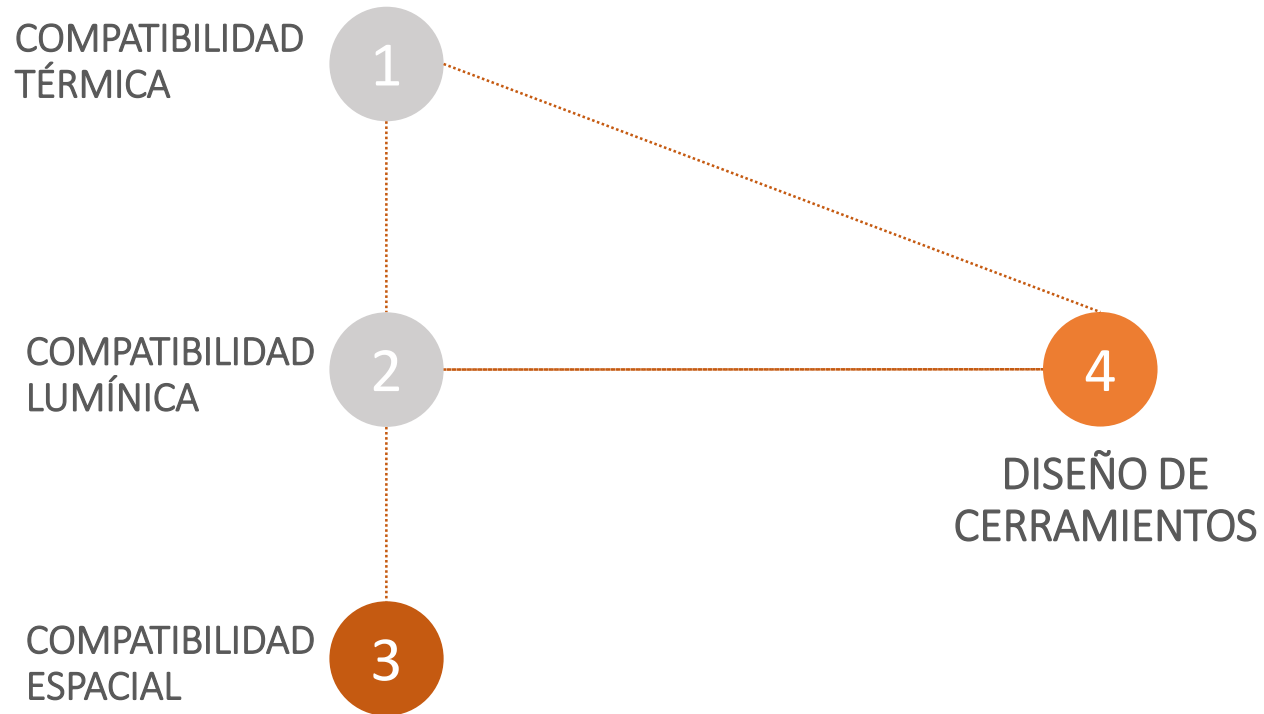


Resultados parciales



ZONA	Compatibilidad térmica del espacio actual	Posibilidad transformación de cerramientos	Inclusión de sistemas artificiales de acondicionamiento térmico
Zona 1	Compatible	si	no
Zona 2	Parcialmente	No	Parcialmente
Zona 3	no	Si	Parcialmente
Zona 4	no	Si	No

Próximos avances



Invernaderos en regiones tropicales y sub tropicales
(De Pedro, F; Bouzo, C, 2015)



Gracias por su atención

Andrea Stanko
Universidad Simón Bolívar
andreastankowolf@usb.ve

Ernesto Lorenzo
Universidad Central de Venezuela
ernestolorenzor@gmail.com