

ARQUITECTURA DEL ESPACIO HABITABLE

UNA PROPUESTA DE MÉTODO DE ANÁLISIS ESPACIAL PARA LA REDEFINICIÓN DE MÍNIMOS HABITABLES EN VIVIENDA SOCIAL



Santiago Sierra Flores
 Profesores guía: Max Aguirre
 Rebeca Silva
 Facultad de Arquitectura y Urbanismo
 Universidad de Chile

AGRADECIMIENTOS:

A todas las personas que con su confianza en mí y en mi propuesta aceptaron ser parte de esta investigación.

A mi pareja quien gracias a su constante apoyo me ayudó a sobrellevar esta investigación durante cuarentena.

A mi madre quien además de su apoyo incondicional en el proceso me ayudó directamente con todo el desarrollo gráfico que estaba fuera de mis posibilidades resolver.

A mis amigos y colegas que me orientaron en todos los ámbitos interdisciplinarios de los que no tenía conocimiento alguno.

Al estudio Mezcla por aceptar ser parte de este proyecto al considerar que el proyecto presentado tiene gran potencial de desarrollo a futuro.

A mis profesores guía, quien con suma paciencia me ayudaron a desarrollar y dar forma a un tema que en un inicio solo era una maraña de teoría enrevesada, que nació de una inquietud al respecto de cómo se diseña y se habita arquitectura hoy en día.

ÍNDICE

Resumen	1
CAPÍTULO I	
Introducción	2
1.1. Motivaciones	2
1.2. Presentación del tema:	3
1.3. Formulación del proyecto de investigación:	7
1.3.1. Pregunta de investigación:	8
1.3.2. Objetivo general:	8
1.3.3. Objetivos específicos	8
1.3.4. Hipótesis:	8
1.4. Método de la investigación	8
CAPÍTULO II	
Marco teórico	10
2.0. Comprensión de los factores que influyen en el diseño de los espacios habitacionales actuales	10
2.1. Factores propios de la enseñanza de la Arquitectura: Autores más relevantes en la enseñanza de la doctrina.	10
2.1.1. Le Corbusier y “El Modulor”	11
2.1.2. Ernst Neufert y “El Arte de Proyectar en Arquitectura”	14
2.1.3. Karel Teige & Alexander Klein: Discusiones del CIAM II & el Existenzminimum	17
2.2. Factores indirectos a la causa Arquitectónica	22
2.2.1. Efectos y situación del mercado	22
2.2.2. Aspectos legales	27
2.3. Aproximaciones normativas del mundo a la calidad habitacional	29
2.4. Comprensión de las bases teóricas de las disciplinas de proyección humana	31
2.4.1. Antropometría	31
2.4.2. Ergonomía	34
2.5. Estudio de softwares y métodos aptos para la proyección humana en tres dimensiones	37
2.5.1. Estado del arte y necesidad de la disciplina	37
2.5.2. Softwares de diseño paramétrico: Emulación de humanos	39
2.5.3. Softwares de escaneo 3D	40
2.5.4. Softwares de registro de movimiento (MoCap)	41

CAPÍTULO III	
Metodología	42
3.1. Proyección 2D de casos de estudio	42
3.1.1. Registro de datos antropométricos directo e indirecto	42
3.1.2. Estudio y proyección del movimiento de las personas	48
3.1.3. Elevación de planimetrías de espacios reales	53
3.2. Proyección 3D de los casos de estudio	55
3.2.1. Escaneo y proyección de los voluntarios en 3D	57
3.2.2. Registro del movimiento de los voluntarios al usar el espacio habitable	60
3.2.3. Proyección de la burbuja de movimiento	62
CAPITULO IV	
Desarrollo de los Resultados	66
4.0. Análisis y comparación	66
4.1. Comparación y contraste de los estándares antropométricos nacionales e internaciones	67
4.2. Contraste y complemento entre los resultados de proyección en 2D y 3D	74
4.3. Consideraciones finales sobre el desarrollo de los métodos	75
CAPÍTULO V	
Propuesta final de metodología	76
5.1. Cálculo y estipulación de parámetros de umbral para diseñar espacios con habitabilidad pertinente a los estándares antropométricos de la población	75
5.1.1. Análisis del volumen del movimiento de las acciones del habitar	83
5.2. Desarrollo del método de análisis espacial basado en kine-antropometría tridimensional	83
CAPÍTULO VI	
Conclusiones	88
6.1. Reparos finales sobre el proceso y resultados	88
6.2. Conclusiones	89
Bibliografía	90
Anexo	96

RESUMEN

Esta investigación tiene como fin el desarrollo de un método para la verificación y cálculo del volumen de uso en los espacios habitacionales interiores -particularmente los de vivienda social- con tal de contrastar su uso fáctico versus los estándares establecidos.

La necesidad de una forma alternativa y más contingente de cálculo espacial nace de la premisa de una dominante arquitectura de manual¹, donde la estandarización y su forma industrial de proceder ya ha permeado fuertemente en nuestra era, dado que la demanda debe solventarse de una manera rápida y a bajo costo para así llegar a la mayor cantidad de personas. Pero esto aparentemente se ha logrado gracias al progresivo sacrificio del espacio habitable para sus residentes, denuncia que es frecuente en nuestros días.

Si bien esta problemática del espacio en la vivienda social se ha planteado y tratado de resolver por autores desde hace casi más de un siglo, el conflicto sobre los rangos estipulados a las viviendas sigue siendo tema contingente.

Con ello, además, se ha constatado durante el desarrollo de esta investigación que las respuestas metodológicas preexistentes, junto con sus variantes, se han resuelto usando las mismas herramientas y métodos clásicos del medio. Por lo tanto, ante las extensas posibilidades de nuestro tiempo, es menester hacer una revisión de las herramientas ya establecidas e incorporar una nueva forma de cálculo que permita obtener una perspectiva más amplia y acertada.

Considerando entonces que hasta la actualidad la resolución metodológica de esta problemática ha sido desde la teoría -con potenciales teóricos y rangos hipotéticos- o desde el análisis bidimensional -que luego se extrapola a los tres ejes al unificar elevaciones-, se aprecian las limitaciones propias de las herramientas que comprenden y emulan la realidad desde una fracción interpretativa de la obra final. Vale decir, los rangos y criterios se han trabajado de manera representativa, mayormente en dos dimensiones, más nunca se han resuelto desde el análisis del registro tridimensional real de casos de estudios habitacionales con sus respectivos residentes.

De esta manera, el objetivo de la presente investigación es la propuesta de un método analítico tridimensional, que contemple también el registro temporal del usuario, y que logre cuantificar el volumen del espacio usado cuando se habita. Así, al tener los casos de estudio de viviendas sociales y sus habitantes, poder contrastar si es que los rangos estipulados para los espacios de las viviendas sociales son adecuados según la evidencia recopilada.

¹ Entiéndase esta como cualquier tipo de arquitectura diseñada desde bases ya planteadas, validadas y ampliamente replicadas, sean estos manuales de diseño o incluso hasta legislaciones.

INTRODUCCIÓN

1.1. Motivaciones:

Conforme iba aprendiendo más sobre el diseño de arquitectura durante los primeros años de la carrera, me vi tentado a guiarme por los manuales de diseño más clásicos y difundidos como las más validadas guías sobre las que basarse. El tener una herramienta certera en el que inspirar todo diseño era casi un sello de calidad tácito con el cual respaldar cada propuesta ante el ojo docente. Pero luego, durante el resto de la enseñanza, fui presenciando casos y ejemplos de construcciones actuales que no iban del todo acorde a estos lineamientos; ejemplos de todo tipo parecían traicionar voluntariamente aquellas enseñanzas que entregarían la calidad ideal para el habitante. Más aún, una vez que fui más consciente de los aspectos legales que rigen el espacio, al contrastar los números de lo público y lo privado se evidenció de una forma indiscutible la carencia para las personas.

Esto tuvo su punto culmine no solo para mí, sino que para toda la población cuando se expusieron los casos de los “guetos verticales” en la comuna de Estación Central a través de los canales de televisión, en abril del 2017². Sin contar el aspecto político -del que quizás la mayoría ya sea un resignado consciente de sus tratos bajo la mesa- fue la mancha para la disciplina que permitió la existencia de estos edificios lo que caló hondo en el orgullo de todos aquellos que siempre hemos pensado en la calidad como premisa máxima para los habitantes, de quienes nos “pre - ocupamos” al diseñar cada obra. El caso creció en los medios y luego de apaciguarse un poco con el tiempo, volvió a ser tema de discusión cuando en los inicios del denominado “Estallido social” (18/10/2019) se hizo una intervención en la Plaza Baquedano, donde se trazaron en el piso las planimetrías de departamentos reales de escasos metros cuadrados, evidenciando su mínima capacidad ante el gran espacio y gran cantidad de personas que acudieron a las protestas³.

No obstante, ya fue la propia necesidad la que me llevó a contemplar la necesidad de una alternativa a lo actual, y con ello a tener las ganas de buscar un método alternativo:

Mi pareja me solicitó ayuda en una labor aparentemente simple, que resultó en una complejidad inusitada. Algo “tan elemental” como un boceto básico en tres dimensiones para algo “tan simple” como la compra de una nueva cama para su departamento en el centro de la capital se convirtió en todo un desafío. Los “malabares” que se hicieron para proyectar si el espacio fuese suficiente en su habitación de [1,5mx3m] no eran fáciles de resolver a profundidad en las tres dimensiones, menos sin tener una persona como referencia. Inclusive, por mucho que fuera “intuitiva” la carencia de espacio para algo más que dormir, la respuesta en dos dimensiones de los manuales de diseño no resultaba ser de mucha ayuda. Luego de una larga cotización fue la resignación la que terminó ganando, la ansiada compra de una cama de plaza y media se concretó a conciencia de que eso sería a cambio de muchas posibles incomodidades futuras. Se priorizó entonces el sueño y hoy en la habitación solo reina el uso para los designios de Morfeo.

Un buen espacio habitable no nace solamente por disponer cuatro paredes y un techo en donde quepa una persona, va mucho más allá de esto, por lo que creo firmemente que se pueden hacer uso de las mismas herramientas que ya poseemos con tal de asegurar y diseñar mejores espacios para vivir.

² Rescatado de <https://www.t13.cl/videos/nacional/video-gueto-vertical-dentro>

³ Rescatado de <https://www.biobiochile.cl/noticias/sociedad/viral/2019/10/30/dibujan-planos-en-escala-real-para-mostrar-como-son-los-departamentos-que-se-venden-en-santiago.shtml>

La meta personal es ayudar a que el mínimo no sea simplemente resolver los problemas entre lo mueble y lo inmueble, y que la calidad de una habitación sea más que la posibilidad de poner o no una cama.

1.2. Presentación del tema:

La relación entre el humano y el espacio donde vive tiene una historia más larga que los registros mismos de la humanidad. Desde antes de la consolidación como especie el ser primitivo necesitaba de un lugar donde poder vivir y por, sobre todo, poder subsistir (Harris, 2018).

Situados en nuestra era, esta relación y necesidad no ha cambiado en importancia, ya que la subsistencia y comodidad de una persona siempre depende de la calidad y facilidades que le otorgue el espacio en donde viva. Pero si actualmente ya se posee tan longeva relación, entonces ¿hasta qué punto nosotros tenemos realmente el control de las características del espacio donde vivimos? Es decir, si todos tuviésemos la oportunidad de seleccionar a libre elección todos los aspectos bajo los cuales desarrollar una vida, sin dudas no existirían ninguno de los problemas de los que somos conscientes que se pueden desarrollar bajo un techo (mala ventilación, falta de circulaciones, hacinamiento, etc).

Es ahí, en la presencia de los problemas, en las carencias y los aspectos negativos, donde todos estos se suelen atribuir a la vivienda mínima, la que tradicionalmente se asume como vivienda social (Ducci, 1997). Estos aspectos en particular son los que al final se vinculan al estigma de la pobreza económica, ligándola a la mala imagen, la mala calidad, la falta de espacio (hacinamiento) y al poco mantenimiento.

Sin embargo, estos no necesariamente son los hechos, dado que para efectos prácticos la vivienda social solo se diferencia de la privada en, primero, resolver los problemas de marginalidad habitacional, y segundo, en el caso de Chile no tener una tasación mayor a 400UF o 520UF en caso de condominios (Contraloría General de la República, 2008). Pero en la actualidad estos rangos ya no se cumplen, el costo del suelo y los materiales hace que la vivienda social hoy se construya a un costo de 1200UF o más (Montes, 2021), sumado a que la privada cada vez posee menos superficie pese a mantener o aumentar el costo promedio (Chechilnitzky, 2019), se puede ver que, progresivamente las líneas entre estas se van difuminando y las diferencias sustanciales se reducen a unicamente el tener o no la intención de llegar a quien estaba en una situación de marginalidad habitacional.

Aún es muy pronto para concluir que la vivienda como tal está en crisis, sería un alarmismo extrapolado de una situación sin dudas desfavorable, pero lo que sí se puede conceder es que, en efecto la vivienda como tal, pese a ser privada o no, está presentando problemas transversales que hace necesaria su revisión y mitigación. Por lo cual, resolver los inconvenientes de uno sería también hallar la solución para el otro, y es sin dudas un buen punto de inicio el hacerse cargo primero de la vivienda social, no solo dada su facilidad de cambio en todo el territorio al estar ligada a la ley del país, sino, además, por tener la posibilidad de eliminar el estigma que la ha acompañado tanto tiempo.

Resolver los asuntos de la vivienda es entonces la meta, faltaría entonces contemplar los medios para concretarla, y por fortuna, hoy en día ya se han desarrollado muchas herramientas de todo tipo que podrán ser de mucha utilidad.

Las herramientas han sido las que nos han ayudado a forjar nuestra modernidad, ya tan

diversas y de todo tipo son estas las que nos han permitido comprender el mundo y con ello modificarlo a nuestra conveniencia. Desde los aspectos de la teoría y el método, hasta los avances que han dado paso a la tecnología, somos capaces de ver y consolidar el mundo de una forma como nunca antes fue posible. Con esto en mente, ¿Cómo se puede usar estas herramientas modernas para que todos puedan tener asegurado un espacio suficiente y de calidad?

Esta respuesta, como todo en la praxis, es más profunda de lo que aparenta.

En primera instancia, habría que saber por qué vivir de cierta manera no sería ideal y, en cambio, de que otra forma sí lo sería. Tal como se trabaja en las ciencias, comprender la naturaleza de “lo no deseado” es necesario entonces para poder llegar a “lo deseado”, tal como hay que analizar bien a una enfermedad para llegar finalmente a su cura⁴. En esta línea, se puede señalar con certeza de que, si el motivo de una obra habitacional es que una persona viva en ella, lo “no deseado” es aquello que “no permita el que se le habite”, por consiguiente, la razón y fin de toda obra habitacional sin dudas es que “se habite” y, por lo tanto, su espacio debe sí o sí propiciar esto. Con ello ya se comprende que la esencia, la facultad intrínseca de una obra habitacional sería tener, poseer, la facultad o cualidad de que efectivamente sea habitado, lo que se denominará entonces como “habitabilidad” (concepto clave que será motivo de mayor profundización más adelante).

Sentado esto como base, se aprecia el cómo propiciar que una persona viva en un espacio es la piedra angular de toda obra habitacional. Inclusive, más aún, se podría llegar a extrapolar esto a cualquier tipo de obra sin tener que ser esta particularmente de vivienda. Este punto en específico es abordado ampliamente por el filósofo Martin Heidegger, quien en su conferencia y ensayo “Construir, Habitar, Pensar” (2001) desarrolla los diferentes matices e implicancias de esto, resolviendo que: Si bien, el construir tiene al habitar como meta (...), el construir ya es, en sí mismo, habitar.

Según este criterio se puede establecer que arquitectura será entonces el método por el cual la vida humana haya un soporte a través de la construcción; las personas como la causa y no como una consecuencia. Diseñar con el humano en mente es el fin.

Pero para lograrlo hace falta sortear una de las primeras diferencias significativas entre la persona y la obra de la que hará uso: Las escalas entre una persona y su residencia.

Se puede partir por un caso similar que se halla en la vestimenta, la cual comparte con la vivienda el hecho de estar construida para facilitar la vida de las personas, no obstante, difieren en que la prenda está confeccionada a escala humana, al mismo tamaño exacto que la persona que la usará. Caso contrario, una vivienda debe considerar el contener no solo al cuerpo del/los humano/s, sino que además a sus acciones que este ejecuta para/al vivir, su cualidad de contenedor de vida estará necesariamente ligada al hecho de propiciar el movimiento, y con ello, por tanto, las diferentes acciones del habitante. La prenda sigue a la acción, a la vida, las viviendas en cambio, las contienen.

Hace falta tener un mediador que permita el diálogo entre el usuario con sus actos y el espacio útil de esta construcción. Para este campo de acción es donde se hace presente la ciencia interdisciplinaria de la *ergonomía*⁵ (IEA, 2021), dedicada a encontrar la mejor forma en que una persona se pueda desenvolver al realizar cualquier acción que necesite, con el único fin de perpetuar su bienestar.

⁴ Se hace un paralelo entre lo que sería un “problema de investigación” y lo descrito en la analogía como lo “no deseado”, haciendo referencia al método científico clásico o de ensayo y error: A partir de un problema se genera una hipótesis y con ello el experimento que la refute o valide.

⁵ Según la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA): La ergonomía es el conjunto de conocimientos científicos destinados a mejorar el trabajo, y sus sistemas, productos y ambientes para que se adapten a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de la persona.

Con un mediador como la *ergonomía* que genere el diálogo entre ambos (persona y obra) es más fácil tener una respuesta acertada y consciente a la hora de diseñar. Solo hace falta, para hacer uso a profundidad de esta ciencia, un paso previo, y este es conocer al usuario.

Comprender todo aspecto posible del cuerpo del usuario y cómo lo utiliza debe ser el primer paso, y para ello la ergonomía se vale de la rama de la antropología que se encarga del estudio de las medidas del cuerpo: la antropometría (Geraldo, 2015). Teniendo ya entonces conocimiento de la persona y de cómo obrar para esta con mayor certeza, ¿se podrá asegurar la calidad para cada persona?

El problema se presenta cuando se trata de asegurar con calidad los múltiples aspectos del espacio, por mucho que se comprenda cómo se deben hacer bien, el que cada persona pueda disponerlo como debería es, en la práctica, otra cosa completamente diferente. Muchos factores podrían ser los involucrados a la hora de que una persona pueda disponer de un espacio ideal para esta, pero independiente de estos factores, lo que se mantiene y mantendrá como un hecho es que la disciplina, nacida como ciencia⁶, y que se encarga de los espacios donde se habita seguirá siendo la Arquitectura (Vitruvio M. L., 23-27 a.c.). Considerando su antigüedad y que también está tan desarrollada y pulida como las antes mencionadas, en tal caso ¿Dónde estarían generándose las carencias? ¿Cómo potenciar los alcances de la Arquitectura aplicando las sabidurías existentes de la *ergonomía y antropometría*?

Aquí es cuando, según lo concluido en propias investigaciones previas⁷, las disciplinas de proyección y la construcción empiezan a mostrar falta de una mayor cohesión. Sin lugar a duda estas funcionan bien por su propia cuenta, colaborando y/o dependiendo a veces de sus ciencias hermanas (por ejemplo, la antropometría y ergonomía), pero, el método como tal, particularmente para con la arquitectura, parece fallar cuando se trata de la real unificación interdisciplinaria de estas. Y, más aún, se falla cuando se trata de asegurar el espacio necesario sobrellevando la influencia de todos los factores externos que no logran ser controlados por sus grandes alcances.

Pero, y sin culpar al método, también se debe reconocer la complejidad propia de la labor. Asegurar un “espacio ideal” en la práctica no es nada más que una quimera. No puede ser más que un idílico el ser funcional para todos si es que no se es consciente de todas las complejidades y factores que se presentan al estudiar las diferentes realidades que tienen las personas.

La raíz de ese problema es en cierta medida también un tanto intuitiva y nace de un axioma, una verdad indiscutible y conocida, cuya consecuencia es sencilla de comprender luego de adentrarse en el asunto:

Postulado el axioma: Cada persona es diferente

Ergo -y estirando las redundancias semánticas- si cada persona es diferente, entonces cada persona vive diferente, por lo que cada persona necesita cosas diferentes en su vida y, por lo tanto, no se puede (ni se debe) homogeneizar lo mismo para cada cual.

Más aún, todo esto sin considerar capacidades diferentes o reducidas, o incluso el hecho que una persona en sí misma no es una entidad atemporal; la vida fluye en el tiempo y el niño eventualmente crece, el adulto cambia de trabajo, la familia aumenta o disminuye, y un largo etcétera. Todos aspectos que, para el diseñador de espacio, generan duda e incertidumbre sobre el uso y realidad

⁶ Según la postura clásica de Marco Lucio Vitruvio, uno de los padres de la disciplina, en el primero de sus 10 libros sobre arquitectura, se define a esta como una ciencia dado que engloba a muchas otras.

⁷ Seminario de investigación: “Antropometría en la Arquitectura”. Primer semestre 2020, Universidad de Chile.

que se dará bajo la protección de la vivienda.

Esto es lo que choca con la arquitectura, la cual en su tradición y forma clásica aparenta ser tan rígida, poco flexible, dificultosa en su posibilidad de adaptación y cambio de la obra sin requerir un gran esfuerzo o capital, ya que casi no se podría cambiar algo sustancial en una vivienda sin tener que derrumbar para modificar o rehacer total. No será ajeno a muchos el que es la persona la que suele adaptarse ante la situación y a la vivienda antes que se logre adaptar algo de esta.

En esencia, se aprecia como resulta hasta intuitivo el hecho de que, no es que “no se pueda” proponer un modo, no se cuente hoy con las herramientas, o no se sea consciente del problema como tal. El punto es que, y enfatizando, se aprecia como es que la complejidad propia del asunto es también la que impide una ejecución para cada individuo y su universo de necesidades más que las limitaciones propias de la puesta en práctica.

Pero este aparente obstáculo no implica necesariamente que todo intento sea un esfuerzo infructuoso. La arquitectura tiene dos grandes ventajas para su ejecución de las que se puede valer para poder mitigar este aspecto y asegurar el espacio:

La primera es que en cada nación la construcción de arquitectura suele ir respaldada por un conjunto legal de normas que define sus parámetros más relevantes para el país.

La segunda, es que la arquitectura como ciencia de la construcción (Vitruvio M. L., 23-27 a.c.) también es en sí misma un método (Toro, 2018), y un método no es una respuesta única, sino que es una forma, un modo, una fórmula para llegar a una solución particular para cada caso que se analice. Por lo cual, ante la carencia de un espectro más amplio de respuesta, se puede ampliar el método e incluir más aspectos de las demás disciplinas complementarias sin impedimentos. Ahora bien, ya establecido el que no se debería asegurar lo mismo para todos, lo que sí se puede proponer es al menos producir y validar un método que permita discernir cuál forma y cuál espacio es el adecuado para tal persona.

Si la arquitectura no se puede hacer cargo de todos los posibles casos, sí puede aspirar a conocer y entender más del real universo de estos.

Si no puede haber un arquitecto diseñando para cada caso en particular, sí se puede pensar en darle las herramientas a las personas para que sean conscientes de que es lo que necesitan, cuando algo no les conviene, cuando cambiar y/o como optimizar lo que ya tienen.

Si la arquitectura obra generando construcciones rígidas y difíciles de modificar, entonces la ley puede ser la que ayude o permita solventar a las personas cambiar la forma de su construcción, o avalar una forma de alternar (mudarse) entre construcciones bajo su ala según su necesidad, pero, por sobre todo, restringiendo los casos en donde se construya en los rangos que se demuestren no óptimos para las personas.

“Comprender lo habitable” y “restringir lo no habitable” son entonces las dos caras de una misma moneda, la cual necesita de esta nueva forma, adecuada y diferente, para poder definir con certeza los umbrales que formarían los nuevos parámetros de una habitabilidad transversal, consciente e implementada desde la metodología para cada individuo, que se pueda hacer cargo además de cada realidad humana sean cuales sean sus capacidades.

Para lograr esto, en el presente trabajo se hará uso y revisión de métodos de análisis antropométricos junto con las guías de ergonomía, con tal de hacer una verificación de cómo la proyección y diseño actual de espacios está respondiendo a la necesidad de las personas. Se desarrollará un levantamiento tridimensional de casos de estudio, tanto de usuarios con sus respectivas formas de habitar como de espacios reales, y se comparará las necesidades de estos a cómo sería la respuesta real de los respectivos ejemplos de vivienda.

Luego, una vez contempladas, resueltas y propuestas las teorías sobre diferentes formas óptimas de diseño para los espacios, se comparará con las formas estipuladas en las legislaciones nacionales e internacionales, junto con hacer una revisión a los ejemplos actuales de viviendas sociales y privadas, contrastando la calidad habitacional de cada una.

Con todo, se logrará encontrar una respuesta alternativa, pero sólida, sobre cómo es que las nuevas formas de proyección y diseño contemporáneos pueden ayudarnos a asegurar una vivienda eficiente, cómoda y confortable para todos.

1.3. Formulación del proyecto de investigación:

Con base en lo anteriormente expuesto, se desprende que pese a estar en un estado avanzado de la sociedad y las ciencias, hoy siguen existiendo espacios habitacionales que se podrían designar como insuficientes para el habitar de una persona (o varias). Con ello también se comprende que existe una dicotomía entre el gran avance de las disciplinas proyectuales, tanto en las de escala humana (Ergonomía, Antropometría) como en las de mayor escala (Arquitectura), versus su aparente poca optimización y dialogo interdisciplinario. Se evalúa que esto podría ser uno de los factores o causas de la fenomenología que da paso a los espacios habitables calificables como insuficientes de la actualidad.

Contemplando lo preexistente se aprecia como existiría una carencia en la exploración los factores por los cuales se diseñan y avalan los espacios habitacionales insuficientes, comprendiéndose las dimensiones legales, sociales y mercantiles como las principales causas no arquitectónicas. Y, en los ámbitos proyectuales, a los mayores autores referentes de la doctrina arquitectónica como los factores pertenecientes a la misma.

Resueltos y aislados los factores causales, adquiere suma relevancia la postulación de un método de análisis espacial transversal, interdisciplinario y basado en el análisis real del uso de espacio de una persona que habita en determinada vivienda.

Además, se considera menester que esta metodología sea de aplicación simple tanto para propios como ajenos a la doctrina arquitectónica. Esto con tal de resolver, o al menos lograr evidenciar, la carencia en los espacios habitables de las personas, pudiendo así asegurar o formular un resultado adecuado para darle solución y habitabilidad de calidad a la respectiva vivienda.

1.3.1. Pregunta de investigación:

¿Cuál es el método de evaluación del volumen espacial que permite adecuar el espacio habitable de la vivienda social, considerando las actuales herramientas, criterios arquitectónicos y metodológicos?

1.3.2. Objetivo general:

Desarrollar un método para evaluar el volumen espacial que permita adecuar el espacio de la vivienda social, basado en la comprensión de las dimensiones de los habitantes y de su actividad cotidiana, tal de generar criterios proyectuales que permitan mejorar o garantizar el umbral de habitabilidad de la vivienda social en el Chile actual.

1.3.3. Objetivos específicos

- Identificar los factores arquitectónicos y humanos que inciden en el estándar de habitabilidad en la vivienda actualmente.
- Caracterizar las relaciones espaciales de escala humana que inciden en la habitabilidad de la vivienda.
- Identificar las necesidades, problemas y expectativas de los usuarios en su relación con el espacio interior habitado.
- Explorar y reconocer los parámetros para definir el umbral adecuado del espacio interior de la vivienda social.

1.3.4. Hipótesis:

Conforme a lo presentado en el documento se estipulan 3 hipótesis principales:

- No existe actualmente dicho método, y de existir, es insuficiente. Por lo tanto, el método adecuado deberá enfocarse en la contemplación del movimiento de escala humana como un factor resolutivo para el diseño de espacios de viviendas.
- El método debe sustentarse en las tecnologías actuales -levantamiento computacional en tres dimensiones-, por definición inaccesibles a los intentos de métodos arquitectónicos-antropométricos formulados con anterioridad. Estas tecnologías permitirían, con una inédita precisión, establecer los históricamente elusivos mínimos habitables.
- Con todo, el método puede conformarse, pero su uso se puede ver limitado a ámbitos alejados a la arquitectura de proyección personalizada y, en cambio, ser únicamente una herramienta resolutiva para la interacción con otras disciplinas.

1.4. Método de la investigación

Para poder desarrollar con orden y coherencia los objetivos de la investigación se trabajó, a modo de una forma experimentar solo con fines de esquema personal, el presente trabajo en 5 partes elementales, cada una con sus propias metas. Todas estas fueron abordadas desde una metodología primordialmente mixta, vale decir, si bien la mayor parte de las primeras etapas tendrán un enfoque mayoritariamente cualitativo, en cada parte del proceso se verá el desarrollo con matices mixtos debido a las implicaciones propias de los métodos, más aún, todo esto se plantea siempre con la intención de dar un mejor orden y narrativa para el desarrollo final. Así, la disposición y evolución

de la investigación tuvo un avance coherente y parejo tanto para el desarrollo transversal de cada fase del proceso, como para la estructura tradicional que debe seguir y tendrá la forma final de la investigación.

La primera parte constó de la investigación indagatoria sobre los posibles factores arquitectónicos y no arquitectónicos que inciden en la calidad habitacional de las viviendas. Para la evaluación de los factores involucrados en el diseño de los espacios habitacionales se estudió a los principales autores en la enseñanza de la doctrina, particularmente aquellos que tocan el ámbito de la escala humana, desarrollando al final un ejercicio de contraste y discusión bibliográfica desde la postura de los autores estudiados.

Por otra parte, como factores no arquitectónicos, se hizo una revisión al estado actual de la situación inmobiliaria del país, tanto en el ámbito de mercado (oferta y demanda) como en los aspectos legales que avalarían la situación actual, ampliando finalmente los alcances al hacer una recopilación y contraste con los parámetros internacionales que se manejan hoy.

La segunda parte consistió en las investigaciones pertinentes a las disciplinas de estudio y análisis humano en cuestión, lo que compete *antropometría y ergonomía*, complementando y rescatando con lo estudiando antes sobre los autores de arquitectura de escala humana. Toda esta etapa se plantea considerando que esta tesis se resuelve desde la preexistencia de un trabajo de seminario, del cual este es continuación directa, por lo que se parte con una buena base conocimientos y ejecución de estas 3 disciplinas, así que el resultado en esa ocasión se esperarí de una mayor profundidad.

Luego, como tercera instancia, se investigó al respecto de las tecnologías y métodos preexistentes aptos para tanto para la proyección de personas como espacios reales, en dos y tres dimensiones (planimetrías y modelos 3D). Se generaron las bases de la herramienta con la cual poder hacer el análisis del volumen de la habitabilidad de un espacio.

Esta tercera etapa en particular constó más bien de un desarrollo mixto, por lo tanto, más completo, ya que además de la experimentación e investigación con las formas de tecnologías, se hizo entrevistas a fuentes primarias relacionadas al tema con tal de poder comprender más el panorama de la problemática y así poder abordar la siguiente etapa de una forma directa y eficiente.

Y como cuarta y última etapa del proceso de investigación, se complementó lo recopilado con la puesta en práctica de los métodos y herramientas, generando levantamiento espacial de los casos de estudio, tanto humanos como habitacionales, y explorando la dimensión arquitectónica de las herramientas para analizar el espacio. Al hacer esto se espera evidenciar la forma del volumen que usa una persona al habitar, y con ello se procedería entonces a definir un umbral claro para establecer, a ciencia cierta, cuáles serían los parámetros que debe poseer un espacio para gozar de calidad espacial y habitabilidad.

Con todas estas partes resueltas con sus respectivas conclusiones particulares, se procedió a la quinta etapa y final que consistiría en un análisis de los resultados y, en base a ello, a plantear una conclusión sobre la propuesta de un sistema para definir un umbral de habitabilidad, dejando explícito como parte de esta resolución la consolidación del método propuesto para ser utilizado en los estudios de esta naturaleza.

MARCO TEÓRICO

2.0. Comprensión de los factores que influyen en el diseño de los espacios habitacionales actuales

La arquitectura, al igual que muchos elementos durante la historia, no ha sido ajena a cambios que la han ido complejizando y puliendo. Sin embargo, complejidad no implica calidad. Mientras las eras avanzan, los estilos de vida cambian y con ello las necesidades de las personas, todos elementos que se proyectan de alguna u otra manera en las viviendas y que, el arquitecto, debe considerar para así poder dar calidad de vida al habitante.

Más este “simple” aspecto del diseño es el que hoy se ha denunciado más de alguna vez. Son muchos los casos conocidos en donde la forma del espacio habitable no está cumpliendo con las necesidades de las personas, por lo cual es nuestro deber cómo diseñadores de ese espacio responsabilizarnos y cambiar la situación.

Por eso, en este capítulo se explorarán los elementos que forman parte del proceso de diseño de los espacios actuales, buscando su causa y con ello sentando una solución a las problemáticas que se han generado en el diseño del habitar contemporáneo.

2.1. Factores propios de la enseñanza de la Arquitectura: Autores más relevantes en la enseñanza de la doctrina.

Estudiar a los autores más significativos es siempre un modo eficiente de enseñanza. Permite no solo aprender más a profundidad los ámbitos ya resueltos de la profesión, sino que además permiten comprender la visión histórica y contextual del autor y con ello, debatirlo o validarlo según las concepciones más actualizadas y/o personales de los que estén aprendiendo.

En una postura personal, la relevancia de esto recae en cuando una enseñanza, en este caso con nombre de autor, se transforma en un paradigma del método. Todo paradigma limita, en su justa medida, a cualquier posibilidad que salga mucho del esquema, reduciendo el margen de errores, pero cuando perdura demasiado puede que se termine también reduciendo una progresiva innovación a pasos más significativos. Jugar a lo seguro no es malo, siempre y cuando eso sea lo que se necesite.

Por ello, comprender a los autores icónicos y los trasfondos de sus metodologías es necesario para también entender por qué se siguen usando como referentes en el diseño del espacio habitable de escala humana.

A continuación, se estudiará a los más reconocidos y citados autores, quienes no dejaron de considerar a la antropometría como un factor resolutivo, con esto me refiero a Ernst Neufert, Karel Teige con Alexander Klein, y Le Corbusier.

2.1.1. Le Corbusier y “El Modulor”

Uno de los padres de la arquitectura moderna y cuya obra ha sido una de las más grandes influencias del S.XX, su obra sigue vigente y es motivo de estudio y debate hasta hoy.

Siendo, además de arquitecto, un apasionado pintor durante la primera etapa de su vida profesional, Charles-Édouard Jeanneret-Gris, más conocido como Le Corbusier, nace su interés por las formas al estudiar la composición de las obras de arte clásicas, donde descubre la proporción aurea por uso del ángulo recto. Esto lo lleva a investigar más al respecto de la naturaleza matemática del arte y es donde se encuentra con la obra del filósofo y matemático Matila Ghyka sobre la *Proporción aurea*, con ello se hace entonces un ferviente fanático de la matemática artística. Esto sería lo que influiría y daría forma al estilo y trasfondo detrás de su teoría arquitectónica.

Aunque no fue el primero en aplicar la teoría antropométrica en la arquitectura, ya que Grecia, Egipto e India lo hicieron desde siglos antes de cristo, su ópera prima “Le Modulor” fue una revolución en la era moderna al incorporar la estatura humana como base para el diseño del espacio y los elementos que lo componen, algo que hasta ese entonces estaba desarticulado a los elementos particulares de la vivienda. La base de su teoría era originalmente la altura de la persona de estatura promedio en Francia, lo que sería 1,75m, pero debido a los constantes problemas de conversión entre el sistema métrico y el imperial lo define a su punto en común más cercano, a 6 pies de altura (182,88 cm).

Aquí es cuando surge la necesidad de hacer una revisión al método. Una estatura de [183cm]⁸ como es planteada para unificar los mundos métricos e imperiales sin dudas es un gran avance para sus tiempos, aquella incompatibilidad es un problema aún presente y no menor aún en nuestros días, pero es importante señalar que a casi 100 años desde que Le.C. experimentó este dilema, actualmente solo hay 3 países que siguen usando el sistema imperial: Estados Unidos de América, Liberia y Myanmar (ex Birmania). Vale decir, de no ser por los intereses de la potencia del norte actualmente no tendríamos ningún motivo por el que apelar a una unificación de las métricas. Más aún, una estandarización a [175cm] para las medidas francesas, como era originalmente el diseño es un método que aparenta ser mucho más universal para el mundo, ya que según las guías actuales de estaturas promedio de cada país solo es Holanda quien alcanza una media de [183] (DatosMundial, 2020), y solo en su población masculina, siendo su población femenina la más alta también con una media de [169], incluyendo el caso de EE.UU. con [176] (CDC - USA, 2016). Para el caso de Chile, en cambio, el promedio es de [171] en hombres y [159] para las mujeres (ABCNews, 2020), una considerable diferencia. O sea, considerando que este método no se usa solo como propuesta para el diseño de arquitectura, sino que también para mobiliario y maquinaria, se podría decir entonces que se lleva básicamente 70 años aplicando un Modulor que solo estaría funcionando para diseñar correctamente para hombres holandeses y toda persona que mida [183].

⁸ Desde este punto se usará el paréntesis de corchete, “[]”, en su sentido matemático, para expresar aproximación con redondeo al sucesor, para todo valor decimal mayor o igual a 0,5 unidades.

Pese a esto, la versatilidad del método del Modulor estaría asentada desde la teoría más que en la praxis, en el mismo libro se plantea que si bien las medidas rígidas son para estandarizar, se podrían hacer propias adaptaciones al definir uno mismo los parámetros originales para los que quiere diseñar, siendo con ello fácil de proyectar a partir de generar una sucesión de Fibonacci como la que se ve en la icónica *Imagen a*.

De esta ilustración se desprenden las 4 medidas principales del Modulor:

- El límite superior a [226]
- La altura de la persona [183]
- La altura del plexo solar [113]
- La altura de la mano apoyada [86]

Un detalle que se contempla diferente al tratamiento habitual de lo que correspondería al uso de la proporción áurea, es que no se reconoce la división de la estatura de la persona en su ombligo, sino en el plexo solar, una red nerviosa alojada en la boca del estómago inmediatamente debajo del término del esternón. Hecho que, en una primera revisión puede resultar un tanto desconcertante, más luego de analizarse se comprende la lógica, ya que al estar proponiendo un humano en promedio mucho mayor a la media mundial, una forma de amortiguar la medida para toda la gente sería proponer “el punto medio” (ombligo) en una sección más elevada del cuerpo, desvinculándolo de forma tradicional tal así que las medidas menores no se vieran tan afectadas, esto se confirma más adelante al ver el tipo de uso que se propone para cada medida.

Las medidas menores se generan a partir de una sucesión de Fibonacci entre las series roja y azul, resultando en una diferencia constante que alterna entre 16 y 27 cm para cada nivel, como se expresa en el esquema de la *imagen b*.

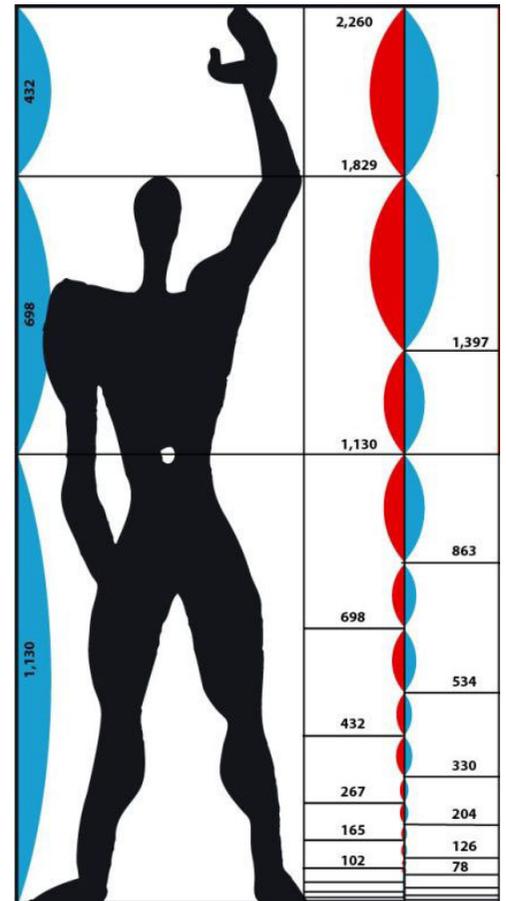


Imagen a - Modulor . Serie roja y azul a una altura de 183cm. Fuente: (Le Corbusier, 1948)

Particularmente este esquema es el que más implicancias antropométricas presenta como planteamiento del Modulor. Retomando lo mencionado, bajo su criterio no es sensato el planteamiento de una estandarización que se sale de escala para la mayoría del mundo, cuya advertencia de uso y libertad de edición se diluyó tanto con los años ya sea por un tema de necesidad o de simple comodidad, más aún cuando se ve que los efectos aplicados no son

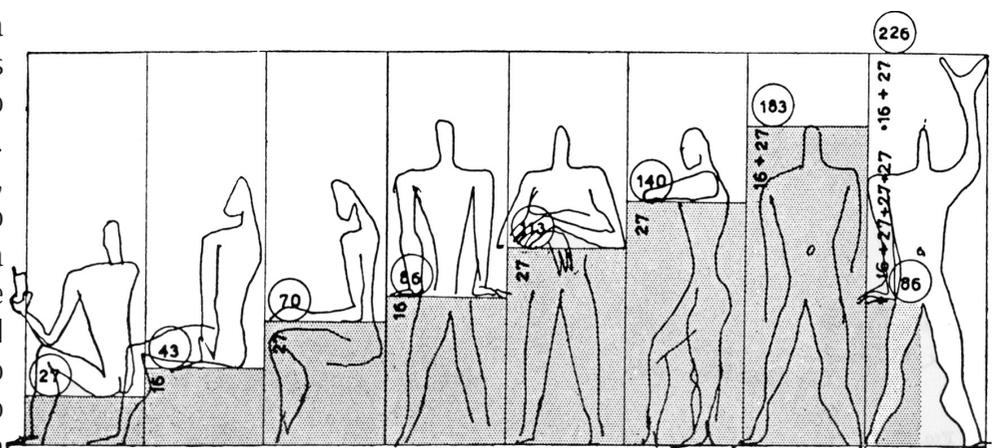


Imagen b - Usos e interacciones habitables de las series de medidas. Fuente: (Le Corbusier, 1948)

menores.

Usando como referencia la guía “Tablas de Antropometría de la población trabajadora chilena” se tiene conocimiento de los valores de referencia para los 5 y 95 percentiles de la población chilena en hombres y mujeres, lo que se compara en la siguiente tabla:

	Estatura	Altura ojo	Altura asiento	Altura codo de pie	Altura codo sentado
H P5	160,6	149,9	39,9	96,5	60,5
H P95	182	170,9	47,4	112,3	76
M P5	148,8	138,6	37	90,2	57,5
M P95	169,2	158,5	44	105,3	72,5
Modulor	183	160	43	113	70

Tabla 1 - Datos de antropometría en población adulta chilena vs Medidas del Modulor. Fuente: Autoría propia

Los percentiles (P) nos permiten tener otra perspectiva, ya que al ser un rango acotado aproximado asignado a un porcentaje, es siempre mucho mejor para hacer comparaciones, ya que está ajeno al promedio central que no da visibilidad a los datos de los extremos, permitiendo así tener una noción completa del espectro y de paso hacernos cargo de aquellos rangos definidos como “casos particulares”. Así todo criterio puede enfocarse de una forma mucho más directa. En el caso de la tabla se presentan los datos desde el 5% más bajo de los casos recopilados de chilenos (5 percentil) hasta el 5% más alto (95 percentil). Al compararlo con las medidas del Modulor se asignan de color verde las medidas iguales o mayores a las planteadas, mientras en rojo están las medidas inferiores y, por lo tanto, en una situación de incomodidad. Se puede ver cómo es que está en su mayoría de color rojo, siendo solo cómodo para las personas que pertenecen a los percentiles más altos, con ello se ve que resulta particularmente incómodo para las mujeres, ya que la holgura de medidas con su percentil mayor es bastante menos que la masculina, lo que implica que hay un mayor rango del porcentaje de hombres que de mujeres para los cuales el Modulor si les representa una respuesta de comodidad.

En conclusión, si bien se comparten y rescatan muchos de los pensamientos y lineamientos de la teoría del Modulor, se deberían tomar con cautela en estos tiempos. La estandarización no es precisamente un aspecto negativo de la industria, es necesario para el proceso productivo, abarata costos y reduce tiempo valioso en diseño y producción, lo que hace que en consecuencia se pueda satisfacer a un mayor número de personas dado que el valor monetario también implica accesibilidad a un producto. Pero si esta estandarización está fundada bajo criterios desactualizados, o que no aplican para la realidad particular de una población, entonces esta simplemente se tiene que reformular.

Sumado a eso, la holgura y calibración del Modulor, por mucho que estuviese planteada, siempre se trató como un aspecto rígido dada su compatibilidad entre los sistemas métricos, aspecto que ya tendríamos resuelto de no ser por el “obtuso” país del norte. Por consiguiente, el planteamiento teórico de llevar al humano como una medida de referencia y diseño para la habitabilidad es algo que sin dudas es necesario para el rubro y debe seguir enseñándose como una de las bases fundamentales de la teoría, en la cual el Modulor ha demostrado ser una adecuada referencia, ya que se valida su uso e instrucción mientras siempre vaya acompañada de los respectivos complementos y advertencias que permitan tener una completa noción de las implicancias para así tener una adecuada perspectiva del panorama completo.

2.1.2. Ernst Neufert y “El Arte de Proyectar en Arquitectura”

La fama de su obra en forma de manual es tal que en el rubro simplemente se le conoce de forma homónima al autor, siendo “El Arte de Proyectar en Arquitectura” una infaltable parte en toda biblioteca de arquitectura. Al ser hoy una de las más completas guías de referencia para hacer arquitectura, sus nuevas ediciones siguen evolucionando mientras van incorporando y actualizando los elementos que con los años han ido formando parte de una nueva vida cotidiana, que sigue en plena metamorfosis conforme avanzan los tiempos.

La motivación de Neufert al hacer esta obra era no solo hacer un compilado de referencia para todos los elementos que se suman en las diferentes obras habitables, sino que en sí mismo era un intento por estandarizar todos los aspectos posibles para optimizar esfuerzos, espacio, diseños y recursos. Motivación similar a la de su contemporáneo Le Corbusier. Más la diferencia primordialmente está nuevamente en el enfoque y de los planteamientos que rigen los métodos descritos en el libro, al menos en sus primeras ediciones.

Fue debido a los grandes cambios que se tuvo que hacer en las formas de archivos, y con ello en los edificios por las nuevas normas DIN de papel (A0) que se implementaron por aquella época, que comprendió que la base de la arquitectura radicaba en la racionalización de las medidas (AtlasObscura, 2020), que la suma de los pequeños elementos finalmente generaba un espacio predefinido y predecible, espacio del cual serían finalmente las medidas que tendrían que adoptar las obras, contenedoras de estos programas. Enfocó entonces sus esfuerzos en generar la guía definitiva para estandarizar la producción de todos los elementos de la arquitectura, un sueño de estipular una respuesta acertada, una solución inequívoca para cada problema que tuvieran los profesionales al diseñar.

El libro explica de una forma eficiente y sintética haciendo uso de ilustraciones las cuales se han convertido uno de los íconos de la disciplina. En estas hoy trabaja con las medidas de una persona de estatura promedio definida a [175cm], medida teórica de un promedio masculino mundial contemporáneo, misma del original del Modulor.

La sección de medidas antropométricas planteadas en el texto hace una recopilación de cuanto espacio usan los movimientos más elementales del humano, un extracto de estos serían los siguientes:

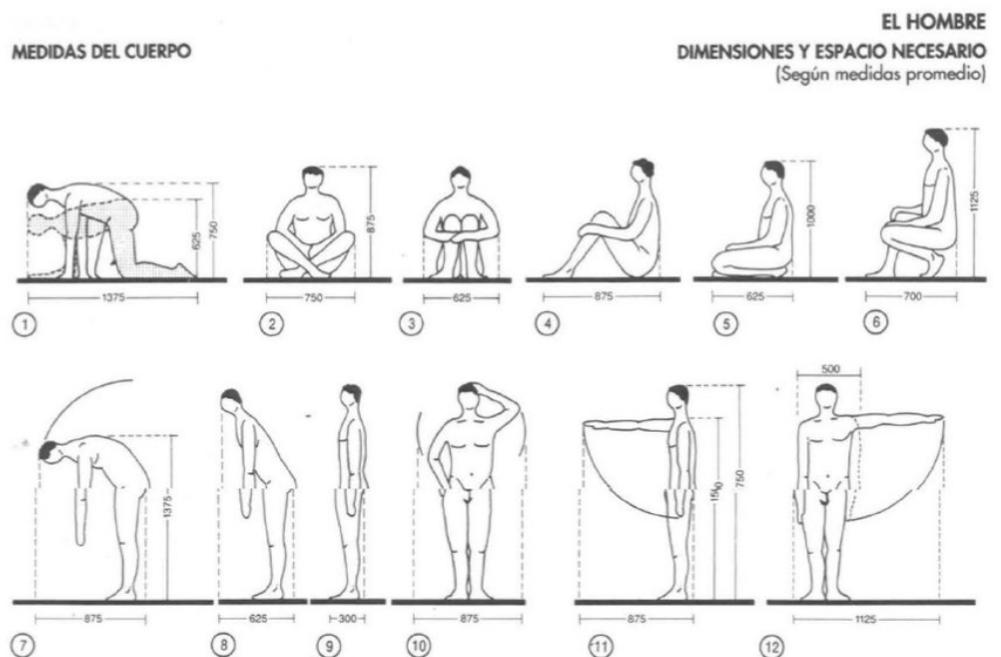


Imagen c - Persona haciendo uso del espacio. Extracto del libro. Fuente: (Neufert, 2007).



Imagen d - Interacción con mobiliario. Rangos mínimos de espacio para acciones.
Fuente: (Neufert, 2007)

Junto con estos también son de mucha relevancia los que muestran la interacción mínima de espacios al ser usados, el considerar el espacio incluyendo la manipulación de muebles y actividades, junto con definir los espacios mínimos con base en las medidas máximas de un cuerpo hacen que fuera una de las primeras guías realmente conscientes con los usuarios.

La incorporación del criterio de que la manipulación de los accesorios de la vivienda también necesita de consideración para así no restarle espacio a la persona, junto con la estipulación de estas medidas para asegurar este espacio, fue uno de los grandes avances que propuso para su época, que sentó un mínimo de habitabilidad las personas.

Otro de los elementos destacables en el libro es la optimización de los programas en las obras haciendo uso de diferentes análisis y mapeos de las actividades estándares de diversos tipos de recintos, como talleres, hospitales, etc. Sus esquemas de mapeo de usos son una gran herramienta la hora de definir las cercanías necesarias para la optimización del trabajo y las actividades. Sumado a eso, el libro otorga una encuesta con todas las consideraciones necesarias para plantearlas al empleador, que no deja cabos sueltos asegurándose de recopilar toda la información que necesita el arquitecto para diseñar adecuadamente la obra.

Muchas son las críticas y revisiones que han aparecido sobre este libro desde los ámbitos de la teoría, todas enfocadas en mayor o menor medida desde lo que se puede definir como lo “paradigmático” y lo “paradójico”, incluso apelando a una amalgama intermedia de ambas. Siendo consecuentes con este trabajo de investigación, no está de más decir que, si bien se comparten muchos de los elementos y argumentos a explayar de estas mismas, el enfoque primordial de este trabajo no será la teoría propia del Neufert, ya que sería un despropósito plantear un cambio a todo un sistema de industria que durante décadas ha generado alta compatibilidad entre sus productos, por lo que más que nada se comprenderán los argumentos con su respectiva justificación y más adelante proponer una revisión a la forma que las personas se conciben entre el espacio de habitar propio. Dicho esto, se reconocen entonces las dos vertientes críticas suprascriptas:

- La que argumenta desde la necesidad de un cambio al paradigma tan establecido de diseñar con base en un manual, con todo rígido e impuesto que no se puede hacer cargo de otras variables y necesidades, o más aún, de nuevas o alternativas formas de habitar. En esencia, una contra postura a lo que ya se ha convertido en una tradición sin optimizar (por mucho que se actualice en cada edición). (Ej. Raqarq, “Disturbing Neufert”, (2014))

- La que lo aborda desde una vista paradójica, que ve una contradicción en la teoría fundacional del método a la hora de diseñar para las personas, usando las medidas de las personas, pero finalmente proponer el cuerpo promedio como una forma de establecer las medidas y desde ahí diseñar. Con ello como consecuencia está el no poder hacerse cargo ni responder a la necesidad de la gente más alejada de los rangos centrales. (Ej. Paul Gisbrecht, "Human-Reification", (2019))

Pero al igual que con lo visto en el caso de Le Corbusier, el desarrollo que finalmente hay de su obra, se hace a pesar de sus indicaciones originales. Al tener en consideración las mismas palabras de E. Neufert al respecto de su libro, se lee en su introducción "El hombre como unidad de medida":

"Se ha puesto especial énfasis en proporcionar sólo un resumen, los datos y experiencias más importantes y algunos edificios ya construidos que he considerado suficientemente representativos como modelo universal.

Por lo general, a excepción de determinadas normas, todo encargo es diferente y el arquitecto debería estudiarlo y analizarlo de manera específica y darle una nueva forma.

Sólo así es posible un progreso de acuerdo con el espíritu del tiempo."

(Neufert E., Pág. 24, "Arte de proyectar en arquitectura", Editorial Gustavo Gili, 14ª edición, 2007)

Considerando esta y otras aclaraciones que están, por ejemplo, en el prolegómeno del libro, se entiende que la labor real del manual es ser un parámetro de referencias para "respuestas que han funcionado bien", la ciencia que compete al análisis posterior a estas es lo que las respalda y convierte finalmente en respuestas acertadas, más toda necesidad y toda persona siempre tendrá sus propias complejidades y variaciones, hecho que queda entonces más que explícito en el texto pero que se pierde finalmente en la praxis por muchos motivos, el primordial y más grande, el costo y la necesidad de producir en masa para abastecer.

Como conclusión se entiende que la propuesta del libro "El Arte de Proyectar en Arquitectura" es siempre *una sugerencia*, considerándose que su denominado uso inflexible viene dado a que fue profundamente adoptado por la industria, entonces debe interpretarse como una guía de lo que el mercado ofrecerá de una forma predeterminada, más no como una forma rígida de diseñar el espacio arquitectónico. Al respecto de la postura de algunos críticos recopilados que derechamente tratan al texto con un sesgo de "Sueño totalitario", dado su contexto histórico y su forma de estipular formas que afectan a la vida de las personas, se refuta y rechaza esta visión ya que según lo investigado se aprecia que toda la evidencia previa al gobierno del infame régimen alemán, en conjunto con las mismas declaraciones en el libro citadas, permite dar cuentas de que estas serían entonces acusaciones injustificadas a la intención original de la obra.

Como reflexión final, solo queda destacar que, si bien actualmente tenemos esta guía como una "respuesta fácil" que debe de ser de usada con conciencia, su indiscutible beneficio a la disciplina y a las personas ha sido realmente significativo, siendo un logro tangible para el arte de la construcción por lo que tanto su uso como su desuso debe de ser evaluado por el profesional valiéndose siempre del debido criterio.

2.1.3. Karel Teige & Alexander Klein: Discusiones del CIAM II & el Existenzminimum

El punto de enfoque de este capítulo se centra en dos grandes autores que resaltan en la época del ferviente modernismo de los inicios del siglo pasado, cuyas teorías y visiones fueron grandes influencias y referentes para lo que se trabajó en adelante, con ello me refiero a Karel Teige y Alexander Klein. Cabe destacar que, si bien la obra y vida de ambos es extensa, el capítulo se centrará únicamente en su concepción y designación del espacio, más que en los antecedentes que les rodean.

Ambos autores, además de sus relevantes trabajos, tienen un punto de inflexión histórico en común, el CIAM II (Congreso Internacional de Arquitectura Moderna), donde bajo orientación de Ernst May, experto en vivienda social en Frankfurt, se hace una de las icónicas discusiones sobre la vivienda social y el espacio mínimo habitable.

Las discusiones que se dieron en aquel segundo CIAM tuvieron ese particular énfasis no solo por capricho o gusto dada la experticia de su convocador, sino que por los severos problemas habitacionales que se estaban dando en la Europa de aquella época. Muchos de los países tenían un gran déficit habitacional agravado, primero, por las consecuencias de la primera guerra mundial, y segundo por los cambios que la revolución industrial generaba en las migraciones de campo a ciudad.

En las propuestas que hace Karel Teige para las discusiones publicadas del CIAM II (1929), se puede apreciar cómo es que el mencionado contexto histórico marca en gran medida las bases y fundamentos con los que argumenta su teoría y postura, todo esto se publicó como “El departamento para la subsistencia mínima” (*Die Wohnung für das Existenzminimum*).

Su visión de una arquitectura de “células de vida” para las personas se basan en gran medida con inspiración en las obras que se estaban forjando en la URSS en aquella época, ya que, siendo de origen checoslovaco y de ideología comunista, simpatizaba con los grandes logros habitacionales para los obreros que se daban en las naciones que siguieron los planteamientos de Marx.

Tomando como ejemplo de análisis las definidas como “Jacejka” (yacheyka, ячейка, “células”) y las “obshchezhitie” (obshchezhitiya, общежития, “Hostal”) se entiende cómo define parámetros para lo que sería una vida simple, de enfoque comunitario, donde se propone el habitáculo para vivir (célula de vida) que estaría reducido a su medida esencial para lo elemental, gozando de las facultades necesarias para todo humano de luz, ventilación y asoleamiento. La célula se usaría elementalmente para dormir y estudiar, estos alternantes gracias a camas y mesas plegables, mientras el aseo y la comida se resolvían en instalaciones comunes dispuestas cada cierta cantidad de unidades, todas en un gran edificio tipo “colmena”, declarando como ejemplo que “3 a 5m² serían suficientes, cual cabina dormitorio de tren o de barco”; junto con eso, los aspectos de esparcimiento, importantes para el desarrollo y nutrición del alma y la moral, estarían afuera del hogar promoviendo el sentido comunitario, clubes, comedores, cines, parques, etc. Lo que no necesita ser hecho en privado, simplemente se hace público.

Pero, aunque consideraba que el máximo de la celda debía ser de no más de 6m² en su modo comunitario, número que según su testimonio era lo máximo planteado por sus colegas, también

A veces traducido de forma más literal como “Sobre el departamento de la existencia-mínima”

evaluó la posibilidad de la celda que tuviera incorporado los servicios básicos, ante lo cual consideró que para esos casos no debían de tener más de 8 a 10m². Algo como 15m² ya sería considerable como un exceso, en una cita (interpretativa) de su capítulo, se puede resumir su postura en que en algo tan espacioso “la persona sería esclava de su propia vivienda, siendo que esta no debe ser jamás una carga, no se debería tener que mantener algo que sobrepasa las necesidades de las personas, más aún si los servicios necesarios y el confort ya son partes del reino público”.

El Arquitecto de la Pontificia Universidad Católica de Chile, José Manuel Córdoba, en su libro “La privacidad mínima para existir” (2020), expone a profundidad estos aspectos de la teoría de Teige, donde además se destaca, por ejemplo, la crítica que le hizo a los demás participantes del CIAM por ofrecer soluciones limitadas e iguales (pero encogidas) al mismo esquema tradicional burgués, porque claramente seguían siendo miembros de la clase dominante y, por consiguiente, limitados por su sesgo tal que no conocían ni concebían de otro estilo de vida. Por estas mismas causas es que apela a toda una nueva tipología de vivienda.

Uno de sus argumentos fuerza es que, al reducir la tipología fabricada en masa de la casa tradicional, o incluso de las viviendas colectivas llamadas obshcheghitie (hostal), se lograría finalmente reemplazar la cantidad por la calidad, ya que cada unidad estaría pensada totalmente en el individuo, pudiendo asegurar calidad gracias a producir sin derroche de espacio ni material, todo en un amplio complejo de cientos (a miles) de unidades denominados Dom-komuna. Esto, eso sí, también afectaba sin dudas a la preconcepción misma de cómo se formulaba un hogar.

Particularmente, la racionalidad que se presenta en el concepto de separar vida privada como lo elemental (casi meramente vital) y la vida pública con sus dos caras, la laboral y la lúdica, queda también impresa en su propia postura de la familia tradicional, donde incluso se plantea que la conformación de la clásica casa familiar de padres e hijos era una fórmula típica de la burguesía, que no tenía por qué ser replicada en un estilo de vida de Células de vida. Esto, por muy mal que parezca a priori, no es más que sensatez de una cruda, pero consciente mirada a la realidad industrial en la que se encontraban, porque para ese entonces ya era patente el cómo se había desintegrado a la familia en el proletariado. La rutina donde padre y madre salían temprano y regresaban tarde de sus trabajos en las fábricas, mientras que los niños se mantenían en la escuela con el mismo propósito, hasta que se reunían poco tiempo en las noches para luego reanudar el ciclo a día siguiente, hacían de la casa familiar casi un accesorio. De ahí la propuesta de un cambio de paradigma.

Con ello, cabe destacar, pese a cumplir casi un centenar de años desde la publicación, a basarse en un esquema totalmente ajeno de estilo de vida y más aún, sumado a su poco comparable situación político-social en donde se plantea, no deja de ser bastante sorpresivo la similitud de los parámetros que se manejan para construir y proponer los espacios de vivienda. Por ejemplo, cuando plantea de 3 a 5 metros cuadrados para la habitación de una persona (con un máximo de 6m²), no deja de asemejarse, e incluso dado el caso a superar, a las habitaciones individuales estándares de los departamentos actuales, donde es común que se diseñe con [1,5mx3m] dando una superficie de [4,5m²], llegando incluso a los mentados 10m² si se suman las áreas de baño y cocina. En esencia, resultados similares planteados y aplicados en diferentes contextos.

Mientras tanto, Alexander Klein, arquitecto alemán ya encargado de muchas de las remodelaciones en la Alemania de la época, tomó un enfoque completamente diferente pese a también proponer viviendas colectivas tanto en su carrera como el en segundo CIAM.

Al ser miembro de la corriente de arquitectura funcionalista, al igual que Teige, era fiel seguidor de los ideales que dieron lugar al movimiento, los cuales se planteaban en una frase simple pero contundente que establecía sus principios: “Luz, aire, sol”.

La preocupación por la higiene y salud biológica de las personas era una de las principales prioridades de los arquitectos funcionalistas, algo que hoy puede parecer una obviedad y claramente aberrante cuando se transgrede, en aquella época fue un notorio punto de inflexión ya que estas bases aún no habían sido establecidas como principios por los cuales velar y dar habitabilidad en la arquitectura, menos aún, plantearse su uso para dar exclusiva dignidad y calidad a las viviendas sociales obreras.

Sin embargo, a diferencia del planteamiento de Teige, el no apostaba a un cambio en el estilo de vida tradicional que acostumbraba la población. Pero es que además su resolución en la forma y estructura de la vivienda no es meramente ideológica (a diferencia de las críticas que sí se podían hacer a sus contemporáneos), y por aquello es que el método que desarrolla y emplea para demostrar esto es lo que genera más relevancia y persistencia de su legado, este sería el denominado como “método gráfico de análisis”.

Tomando como referencia la investigación de Paula Rodríguez Basarte (2020) de la Universidad Politécnica de Madrid, quien hace una exhaustiva y actualizada revisión de los fundamentos de la teoría de Klein, se puede apreciar cómo es que el calificativo “científico” que se suele dar en descripción a su método no es fortuito ni auto designado, ya que este además de contar con la inclusión de diversos factores interdisciplinarios, constaba de unas completas 17 fases de análisis. Los resultados finales de este método son unas de las imágenes más icónicas y reconocibles de su obra que se mantienen con gran vigencia. (Imágenes X, e Y.)

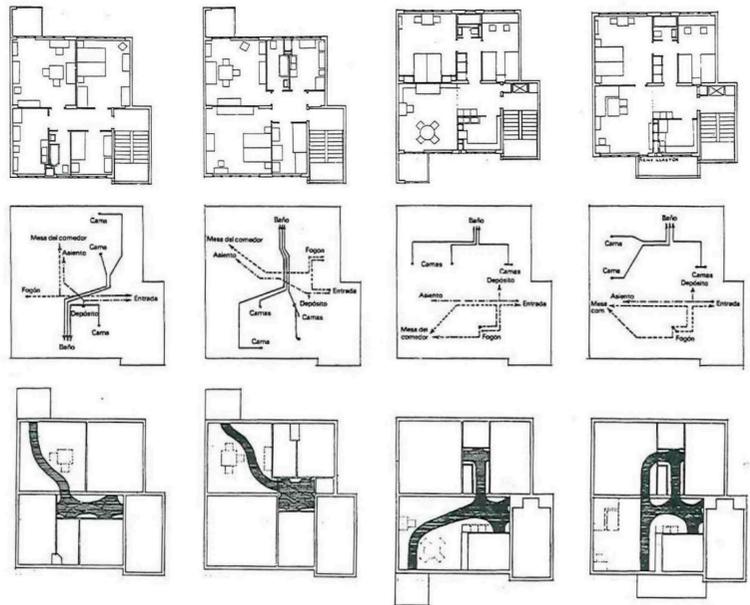


Imagen f - 3 de las fases. Análisis de plantas, circulaciones y las relaciones espaciales en el método gráfico de Klein. Fuente: (Gili, 1980)

Imagen g - Método de demostración y cálculo de las superficies viables en una vivienda mínima, a través de un método de incremento sucesivo de las partes. Fuente: (Bevilacqua, 2011).

Se hace fe de erratas con respecto al original de Klein con: N°6 = 75.88 ; Faltan la columna “12.00 - Depth” y la fila “12.20 - Width”, siendo los faltantes N°26 = 138.88; N°27 = 140.88; N°28 = 144.88.

		DEPTH								
		8.50	8.89	9.28	9.67	10.06	10.45	10.84	11.23	11.62
WIDTH	7.70	65.5	68.38							
	8.20	69.3	72.88	74.38						
	8.70		75.38	80.38	83.68					
	9.20		85.18	88.88	92.38					
	9.70		93.38	97.18	100.38					
	10.20		102.38	105.88	109.88					
	10.70		112.88	116.88	120.88					
	11.20		121.38	125.88	129.38					
	11.70		129.88	134.88						

Fig. 4. Method of the successive increments. Example of comparison and evaluation of several plan diagrams reduced to the same scale (1 living room, 1 bedroom for parents, 1 bedroom for children)

Las exploraciones en su método marcan un precedente en el desarrollo de una arquitectura no solo funcionalista, sino una cuyas bases estén tan enfocadas y conscientes en la optimización de la calidad habitacional de una forma metodológica, sin elementos subjetivos o guiados por preconcepciones o ideologías. Este avance teórico fue el que abrió camino hacia un nuevo tipo de vivienda mucho más sensato, consciente, y más aún, demostrando que poseer espacio no implica necesariamente tener calidad habitacional. Dicho en otras palabras, Klein desarrolla y trabaja la habitabilidad.

Para esto el método de Klein se puede dividir en 4 operaciones macro que sintetizan su forma de asegurar confort e higiene:

- I. Agrupación general de los ambientes.
- II. Dimensiones de los cuartos, sus proporciones, las comunicaciones entre ellos y la ubicación de la apertura de puertas y ventanas.
- III. La disposición con respecto a los puntos cardinales, por ende, la iluminación solar.
- IV. La composición interior y el amueblamiento.

[*"Contribución al problema de la vivienda"*, publicado en la revista Nacional de Arquitectura 1948, Página 69. (Rodríguez Basarte, 2020)]

Establecido el método se comprende el particular énfasis funcionalista que se tiene en cuantificar todo, para luego poder "controlar" cualquier elemento posible que incida en el espacio. Si se debe diseñar, se debe proyectar y para eso hay que poder adelantarse a los hechos. Esto se ve explícito en su segundo punto, pero se aprecia con particular enfoque en el último, enfoque que era compartido con Ernst May (Córdova, 2020). Incertidumbres como el tamaño de los muebles que ya poseían los trabajadores que migraban del campo a la ciudad era una total impedimento para el buen diseño, por lo cual, debían de eliminarse como factor y en cambio hacerse cargo de un buen diseño mobiliario, con producción a nivel industrial, que fuera acorde con las dimensiones que se estaban designando para las viviendas y con ello ya estuvieran equipadas cuando se adquiriesen, eliminando la necesidad de transporte y facilitando la mudanza.

Analizando además algunos ejemplos de sus plantas se puede apreciar cómo es que la lógica detrás del diseño de sus viviendas está profundamente desarrollada en términos de programa. Las circulaciones son eficientes, siempre se ubica un elemento entre cuartos para poder dar privacidad y mayor descanso, las áreas comunes están iluminadas por luz natural y todo puede gozar de una buena ventilación



Imagen h - 4 tipos de plantas diseñadas por A. Klein. Se aprecian las distribuciones y las superficies propuestas según lo descrito. Fuente: (Bevilacqua, 2011)

pasiva gracias a la alineación de sus ventanas.

Finalmente, recopilando diversas conclusiones de expertos que han analizado su obra, se resumen sus visiones en:

- Marco Giorgio Bevilacqua: *“Lamentablemente los estudios de Klein se han ignorado en la prisa de construir especulativamente, para así aumentar las ganancias. (...) Sin embargo, las lecciones de Alexander Klein pueden considerarse universales y continúan desempeñando un papel importante en la arquitectura. (...) El rigor científico de Klein no se ha interpretado como rigidez de su método, sino que forma una base importante para la afirmación de una cultura y ayudó a sacar a la arquitectura de la reiteración dogmática de los modelos tradicionales”.* (Bevilacqua, 2011)
- Paula Rodríguez Basarte; conclusión sobre estudio y aplicación del método, junto con contraste a ejemplos contemporáneos de vivienda: *“(...) Por lo tanto, ha quedado demostrado que es una herramienta muy útil para la composición de viviendas, basadas en una serie de criterios totalmente racionales y que actúan en favor de la funcionalidad de esta. Y que además tienen en cuenta el bienestar de los usuarios por encima de otras cuestiones como las económicas. (...) Viendo los resultados obtenidos sobre el cumplimiento de la normativa, destaca que muchos de los aspectos generales que se dan para la elaboración de un proyecto de vivienda social coinciden con muchos de los criterios dictados por Klein. Por lo que, a pesar del paso del tiempo, queda patente que muchos de esos criterios siguen vigentes, y que las normativas (de España) no han realizado grandes avances en cuanto a la preocupación sobre los aspectos funcionales de las viviendas.”* (Rodríguez Basarte, 2020)
- Andrea Migotto y Marson Korbi; conclusión sobre el estado actual de la arquitectura de vivienda en contraste con los arquitectos del Existenzminimum: *“(...) Aquí radica la paradoja: aunque el espacio doméstico es el campo donde la cultura arquitectónica es mayoritariamente activa, décadas de políticas neoliberales y hegemonía del mercado en la producción de viviendas ha limitado drásticamente el espacio para realizaciones concretas. (...) La discusión sobre el Existenzminimum a través de la obra de Alexander Klein y Karel Teige sugieren la necesidad de estratégicamente incrustar y probar proyectos habitacionales con condiciones productivas y sociales de aquel momento histórico determinado, esto permitiría innovar y redefinir los modelos operacionales paradigmáticos”.* (Migotto, 2019)

En conclusión, se puede establecer que las teorías de Karel Teige presentadas en el CIAM II, y las de Alexander Klein que luego se completan en su libro, ambas son dos caras de una misma moneda. Si bien la forma, método y la ideología detrás difieren en muchos aspectos clave, la preocupación por la salud, dignidad, eficiencia y accesibilidad de la vivienda social es un aspecto transversal e indiscutible que ambos lograron llevar a un gran nivel teórico. Aunque si bien, luego del tiempo, por circunstancias del cambio y el paradigma de vivienda de cada realidad país, quizás no sean tan fáciles de implementar sin una profunda revisión (por ej. el caso de Teige), si se puede apreciar como diversos expertos han validado ambas teorías para ser revisadas e implementadas como soluciones a los vicios que se presentan hoy en la forma de las viviendas alrededor del mundo.

Esto no solo sería indicio de que los problemas habitacionales y de la forma arquitectónica de la vivienda se han mantenido por más de un siglo, sino, de que, pese a que ya se han establecido rangos y metodologías demostradas como funcionales, solo son las legislaciones que han adoptado estos principios las que han logrado implementarlos, y siempre en forma de viviendas sociales,

mientras que en las formas privadas o más comerciales de vivienda aún se aparentan ignorar de una forma deliberada. Esto, claro, no sería un problema si en cambio se aplicasen formas a la par o de respuesta superior, pero, como se expresa en el trabajo de Paula Rodríguez, ante el estudio y contraste se demuestran caso tras caso de viviendas ineficientes incluso de reconocidas firmas modernas, evidenciando que la eficiencia y calidad de vivienda jamás está asegurada mientras primen los intereses del mercado.

2.2. FACTORES INDIRECTOS A LA CAUSA ARQUITECTÓNICA

Establecidos los criterios con los cuales los más grandes referentes arquitectónicos proponen un buen diseño del espacio habitable, en este capítulo se hará foco en los factores que estarían incidiendo negativamente en la forma arquitectónica de la vivienda, dando paso a las patologías del espacio habitable que son motivo de esta investigación.

2.2.1. Efectos y situación del mercado

La economía y el mercado es un tema tan vasto como complejo, precisamente por ello, es en este mismo gran tamaño el dónde se da la relevancia de incidir en tantos aspectos que simplemente no se puede despreciar su presencia en cualquier investigación, por muy ajeno a veces que sienta del tema (Lourdes, 2017).

Para encontrar la influencia del mercado en la Arquitectura, y con ello en la forma arquitectónica, hace falta comprender algunos de los fenómenos que se presentan en la economía. Algunos de estos cabe aclarar, serán de mayor complejidad a la que compete el análisis de este trabajo, por lo que serán respaldados y profundizados en trabajos futuros. Se parte entonces con la premisa de que el efecto de la “oferta y demanda” es solo uno de los componentes menores que influye en el precio de la vivienda, siendo necesario explorar los demás factores que puedan explicar, no sólo el fenómeno de la situación, sino que su correlación e incidencia en la forma de diseño arquitectónico.

Para esto se solicitó guía a alguien con conocimientos propios de la materia con tal de no caer en errores interpretativos. Se contactó a Andrea Garrido, egresada de Ingeniería comercial de la Universidad Central quien proporcionó las bases y herramientas para desarrollar este capítulo.

Luego de analizar diversos aspectos de la economía chilena, se aprecia cómo es que la relación de los indicadores de mercado no ha tenido una influencia equivalente sobre el precio en la vivienda de las últimas 2 décadas. Aspecto que se aprecia en la *Imagen i*, donde el salario medio de los chilenos,

Relación Precio de la Vivienda contra Remuneraciones 2010-2018

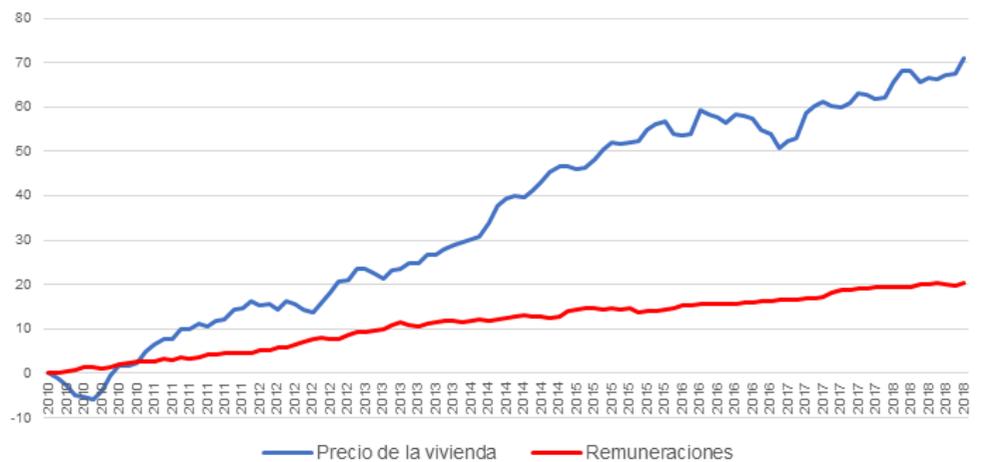
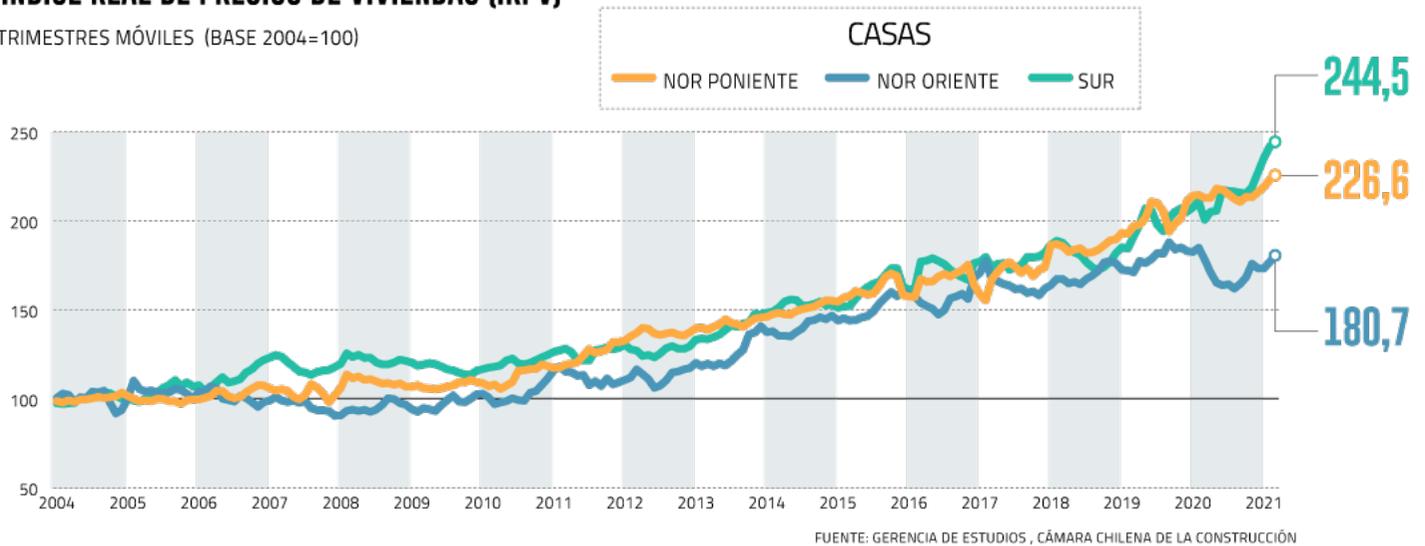


Imagen i – Se aprecia la evolución dispar entre las remuneraciones promedio y el crecimiento sostenido del costo de la vivienda (CiperChile, 2021)

Establecido esto, se analiza la evolución del costo de las viviendas tanto en departamentos como casas, para ello se usa los datos del Índice Real de Precios de Viviendas, cuyo instrumento pondera de forma eficiente las diferencias entre las tasaciones. Dividida la capital agrupando las comunas en cuatro sectores, se obtiene que:

ÍNDICE REAL DE PRECIOS DE VIVIENDAS (IRPV)

TRIMESTRES MÓVILES (BASE 2004=100)



ÍNDICE REAL DE PRECIOS DE VIVIENDAS (IRPV)

TRIMESTRES MÓVILES (BASE 2004=100)

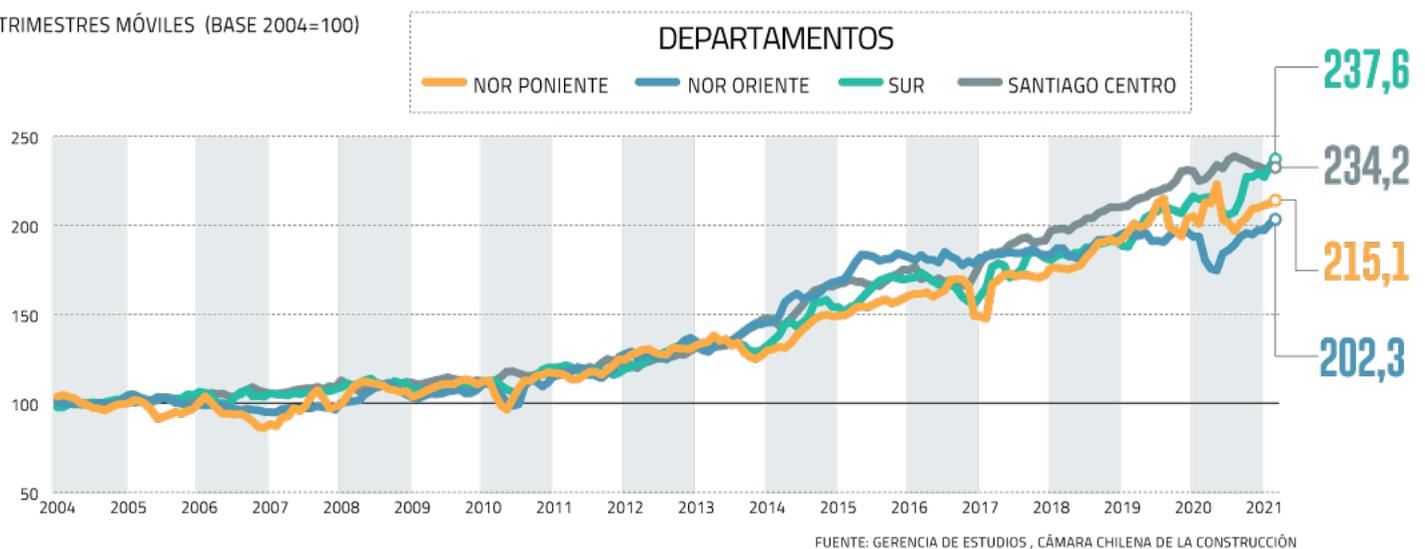


Imagen j - Según el Índice Real de Precios de Viviendas se aprecia un alza generalizada en el valor de los inmuebles, independiente de la comuna o de su tipología. De los hitos destacables, se aprecian variaciones de tendencia en los albores del 2008 producto de la crisis "Subprime", 2010 a causas del terremoto de aquel año y en inicios del 2016 producto de la suma del IVA, pero en todos los casos la recuperación es "rápida" (< 1año).

SUPERFICIE PROMEDIO DEPARTAMENTOS EN COMUNAS DE SANTIAGO

↗ SUPERFICIE MÁXIMA REGISTRADA

↘ SUPERFICIE MÍNIMA REGISTRADA

SECTOR	COMUNA	N° DEPTOS CENSO 2017	2016	2017	2018	2019	2020	2021	̄ ÚLTIMOS AÑOS	SUPERFICIE MÍNIMA
CENTRO	SANTIAGO	8.840	43	45 ↗	43	43	41 ↘	41 ↘	42 M²	↘ 41 M²
		8.840	SECTOR SANTIAGO CENTRO						42 M²	41 M²
NOR ORIENTE	LO BARNECHEA	8.840	134	143 ↗	139	123	122 ↘	124	130 M²	↗ 122 M²
	VITACURA	31.777	142 ↗	134	109 ↘	121	120	121	124 M²	109 M²
	LAS CONDES	81.201	86	90	86	93 ↗	88	84 ↘	87 M²	84 M²
	PROVIDENCIA	70.965	82	83 ↗	82	79	78 ↘	79	80 M²	78 M²
	ÑUÑO A	92.248	57	58 ↗	58 ↗	55	52	49 ↘	54 M²	↘ 49 M²
	LA REINA	4.829	71	67 ↘	70	86 ↗	85	84	77 M²	67 M²
	TOTAL SECTOR	289.860	PROMEDIO SEGÚN FRECUENCIA: SECTOR NOR ORIENTE						79,99 M²	76,21 M²
NOR PONIENTE	QUILICURA	62.470	58	X	59	62 ↗	53	43 ↘	55 M²	43 M²
	HUECHURABA	4.205	87	88 ↗	88 ↗	73	68	65 ↘	78 M²	↗ 65 M²
	CONCHALÍ	6.064	56 ↗	45 ↘	45 ↘	46	47	51	48 M²	45 M²
	RECOLETA	50.178	48 ↘	52	57	60	62 ↗	54	55 M²	48 M²
	INDEPENDENCIA	19.711	45 ↗	42	40 ↘	43	43	42	42 M²	40 M²
	RENCA	43.174	X	X	43	49 ↗	43	42 ↘	44 M²	42 M²
	CERRO NAVIA	3.346	X	X	X	X	X	X	0 M²	0 M²
	QUINTA NORMAL	38.989	43	45 ↗	45 ↗	43	40 ↘	41	42 M²	40 M²
	PUDAHUEL	68.940	58	59	60	63 ↗	56	53 ↘	58 M²	53 M²
	LO PRADO	8.387	X	X	X	X	X	X	0 M²	0 M²
	ESTACIÓN CENTRAL	22.197	38 ↘	38 ↘	40	41	42	43 ↗	40 M²	↘ 38 M²
	CERRILLOS	5.664	76 ↗	72	62	63	47	46 ↘	61 M²	46 M²
	MAIPÚ	18.962	56 ↘	56 ↘	60	61 ↗	61 ↗	61 ↗	59 M²	56 M²
TOTAL SECTOR	352.287	PROMEDIO SEGÚN FRECUENCIA: SECTOR NOR PONIENTE						51,48 M²	45,87 M²	
SUR	MACUL	19.173	54 ↗	53	50	49 ↘	49 ↘	51	51 M²	49 M²
	PEÑALOLÉN	70.394	107	98	99	108	113 ↗	91 ↘	102 M²	↗ 91 M²
	LA FLORIDA	27.549	52	52	54	55 ↗	52	51 ↘	52 M²	51 M²
	LA GRANJA	4.769	X	X	X	X	X	X	0 M²	0 M²
	EL BOSQUE	7.774	X	X	X	X	X	X	0 M²	0 M²
	LA CISTERNA	9.591	46 ↗	43	42 ↘	43	43	43	43 M²	↘ 42 M²
	LA PINTANA	6.332	X	X	X	X	X	X	0 M²	0 M²
	SAN RAMÓN	23.855	X	X	X	X	X	X	0 M²	0 M²
	LO ESPEJO	3.756	X	X	X	X	X	X	0 M²	0 M²
	PUENTE ALTO	171.506	58 ↘	60	62	64 ↗	64 ↗	62	61 M²	58 M²
	P. AGUIRRE CERDA	29.906	X	X	X	X	X	X	0 M²	0 M²
	SAN JOAQUÍN	30.096	46	45 ↘	51 ↗	50	49	48	48 M²	45 M²
	SAN MIGUEL	42.947	50	49 ↘	50	51 ↗	50	50	50 M²	49 M²
	TOTAL SECTOR	447.648	PROMEDIO SEGÚN FRECUENCIA: SECTOR SUR						64,8 M²	60,88 M²
TOTAL GENERAL	1.244.191	PROMEDIO COMUNAS DE SANTIAGO						56,52 M²	52,65 M²	

ELABORACIÓN: PROPIA

DISEÑO: MABEL FLORES

FUENTE: GFK CHILE

Imagen k - Promedio de superficies de departamentos en las comunas de Santiago {enero 2016 - agosto 2021}.

Al contrastar las superficies promedio vs. los valores mínimos de cada comuna y cada sector se aprecia que en su mayoría no hay gran diferencia [$\sim 6m^2$], caso contrario, al comparar los sectores entre sí, se ve como entre cada uno se presentan notorias diferencias en los estándares de habitabilidad [$>12m^2$].

Se calcula el promedio por frecuencia según la cantidad de departamentos existentes en cada comuna considerando el Censo de 2017, esto en vez de promedio simple para llegar a cifras más fidedignas. La investigación original de GFK Chile no contaba con los datos de 8 de las comunas que conforman el IRPV, por lo que igualmente se muestran para dar cuenta de las comunas faltantes, pese a que no fueron participantes de los cálculos. (Fuente: El mercurio; GFK Chile, 2021)

Se demuestra entonces que la influencia de factores dentro del mercado ha ido transformando progresivamente tanto el precio, como su tamaño en los últimos 20 años, comprometiendo su accesibilidad y su calidad espacial.

Por lo tanto, los factores que aparentemente estarían incidiendo en el elevado precio, y con ello poca superficie promedio de la vivienda actual serían entonces:

- Alto precio del suelo en la ciudad: Donde el metro cuadrado sería elevado artificialmente por compradores que acaparan terreno, a la espera de una mayor retribución futura (Diario El Mostrador, 2021).
- Alta demanda “artificial”: Un gran porcentaje de la vivienda no es comprada por su habitante, sino por un inversor (que paga inclusive con la ganancia de su arriendo). A fecha de 2021 esto es de 56% de todas las transacciones de compra inmobiliaria (24 Horas Central, 2021). Esto sumado a empresas que construyen edificios solo de unidades arrendables bajo su propia administración, hace que se consuma terreno construible mientras no aumenta realmente la oferta de las viviendas, efectos que explicarían la poca saturación en la oferta pese a la alta construcción que se da actualmente. (Fuentes L. , 2021)
- Altas expectativas de ganancia: Ya que el porcentaje de ganancia esperado por constructoras, inmobiliarias y hasta bancos es muy elevado, sumada a la alta demanda de compra como “inversión arrendataria”, el precio exigido siempre es pagado y con el tiempo solo aumenta, eliminando el factor de oferta y demanda. Este fenómeno además se está replicando en diversos países, demostrando no solo que el mercado no se regula por sí mismo ni en cortos ni medianos plazos¹¹ (20 años), sino que la legislación ha sido incapaz de adelantarse y/o contener lo suficiente para evitar la suma de todos los factores que inciden (Diario El mundo - España, 2021).
- Más unidades, mayor beneficio: La división de un edificio en más unidades no tiene solo como efecto el bajar los precios de cada departamento para que así quede accesible para la gente, sino que además permite tener más volumen de unidades a la venta, lo que es más redituable por una sola construcción (Pfenniger, 2017). Junto a eso, mientras el factor oferta/demanda se mantiene estancado y no se bajan los precios pese a existir una mayor oferta, permanece un creciente estado de ganancia que fomenta la mantención de la tipología.
- “Colusión tácita”: Los precios inmobiliarios progresivamente han dejado de ser competitivos, se han ajustado y asentado en rangos de conveniencia mutua (Vargas, 2021), lo que ha producido un estancamiento del precio pese a que el sostenido aumento de la construcción en altura ha densificado y creado gran cantidad de nuevas viviendas.
- Negocio subsidiado: El inversionista hace uso de los mismos subsidios que están destinados para la población porque estos son aplicados en base a las características de la vivienda, sin considerar el número de propiedades que tenga a su nombre, lo que se traduce en décadas de subsidios que no han logrado bajar el déficit de viviendas en la capital, por mucho que se haya construido más de la cantidad necesitada (Ciper Chile, 2021).

¹¹ Según el economista Roberto Aguilar (BBVA México), aunque aclara que no sería una regla inamovible, normalmente en economía corto plazo equivale a menos de 1 año, mediano a 5 años, y largo plazo a 10 años en adelante.

- Vivienda vs público objetivo: “La escasez de viviendas no es un mal social primario, sino un fenómeno secundario causado por un sistema económico determinado se ha reconocido que no puede eliminarse simplemente aumentando la oferta (...) No hay déficit de viviendas, el problema es que no son viviendas sociales, no son accesibles para la clase no residente con sueldo de clase trabajadora” (Archiweb.cz, 2007).

Cita de una página de arquitectura checa que expresa claramente el panorama en que, particularmente Chile, es un caso ejemplar del fenómeno (El mostrador, 2021).

- Inflación como “chivo expiatorio”: Una de las justificaciones que se solía dar al alza es la progresiva (pero estándar) inflación anual que también afectaría el precio de los materiales de construcción. Pero ello, en contraste a los demás factores, es marginal. Esto que durante mucho tiempo se disfrazó como algo “normal”, “esperable”, cuando por ej. hoy tenemos viviendas sociales que deberían costar 400UF mientras, solo por la especulación del suelo, triplica su valor hasta las 1200UF pese a estar en la periferia, estrategia usual para abaratar el gasto. (El mostrador, 2021).

El caso que se está dando en Chile actualmente no es ajeno a la historia, por mucho que se sienta así, a causas particulares o exclusivas de nuestro sistema económico neoliberal. Ya se han sentado precedentes similares a esto hasta incluso en las décadas finales de la URSS, donde en una noticia de la época el diario *El País* de España (El País, 1982) comentaba las acciones que tendría que tomar la Unión Soviética para hacer revisión de los departamentos de renta congelada que habían sido creados en 1928 (época del mencionado CIAM II), ya que luego de medio siglo después se había dado para, en palabras del mismo medio, “la picaresca, y la especulación”.

Se destaca entonces que estos fenómenos son transversales a sistemas económicos y a las fronteras, se es consciente de que suceden, e inclusive en el caso mencionado, a veces ni las legislaciones con una fuerte presencia del estado han logrado solventar el problema antes de que se dé, o se agrave.

Volviendo a la actualidad, todos estos son aspectos que poseen prioridad y en los que hace falta una mitigación adecuada, lamentablemente, a consciencia que de que todo intento paulatino no corregirá el problema fácilmente, ni a corto plazo, y cualquiera drástico podría tener un efecto exactamente contrario, reacción esperable dado el fuerte manejo y control que se tiene sobre cada uno de los factores involucrados en el negocio inmobiliario.

Finalmente y sin la posibilidad, dada la pericia necesaria, de plantear un remedio efectivo para estos problemas, a modo conclusivo se puede apuntar como referente guía a casos contemporáneos similares, en países donde ya se ha legislado al respecto, uno de los más relevantes sería el caso de Alemania, que este mismo año votó y aprobó por expropiar a las inmobiliarias que poseen más de 3000 viviendas, las que controlando gran parte de la oferta y el precio (Diario - El Mostrador, 2021). Junto con la progresiva evaluación, legislación e implementación de nuevas formas y tipologías de vivienda con una mayor supervisión, cosa que ya se ha probado y planteado en Latinoamérica, como son los casos de co-housing y nuevas unidades vecinales (SputnikNews, 2021).

Lo importante es comprender que el estado en que se encuentra la situación de la vivienda (y no solo la social) no es sostenible bajo ningún criterio. Es un problema de larga data que desde hace poco más de una década ha mostrado un deterioro acelerado, que merece acción inmediata y en que, sin duda alguna, uno de los sacrificios mayores ha sido y seguirá siendo el espacio habitable disponible para las personas.

[Para el término de este capítulo fue estrenado un documental titulado “¿Quién puede seguir permitiéndose vivir en la ciudad?” en el canal virtual en español de la cadena alemana Deutsche Welle (DW Documental). En este se respalda todo lo expresado en este capítulo, mostrando como es que el problema ocurre nivel mundial, y señalando además como principal causa el modelo neoliberal del mercado, dejando como epicentro la dictadura de Pinochet en el inicio de todo ello. Link:<https://youtu.be/HMERPRKsdb0J>]

2.2.2. Aspectos legales

Una de las grandes diferencias que hay entre una influencia indirecta, como la en el capítulo anterior, versus una directa, es que existe la certeza de que una alteración a esta última tendrá efectos tangibles y precisos tal y como se esperan. Esto es, por ende, una de las más grandes virtudes de los aspectos legales que engloban a la vivienda.

El caso de la vivienda social en Chile tiene una larga trayectoria y peculiaridades, estas primordialmente dadas por la propia historia política del país. Por lo mismo no es sorprendente encontrar grandes cambios en su tipología en el antes y después de la interrupción en la democracia con su respectivo cambio de modelo económico, establecer su influencia con tal de develar causas y efectos contemporáneos es entonces un primer paso.

Pero, y sin apresurar conclusiones, ya este tema en particular ha sido motivo de diversos trabajos y estudios por profesionales resolviéndose en diversas aristas de la materia, algunos de los trabajos que recopilan mejor los factores tratados en común por sus pares son:

- El artículo “*Acceso a la vivienda en tiempos neoliberales: Un análisis comparativo de los efectos e impactos de la neoliberalización en las ciudades de Santiago, México y Londres*” (Walter Imilan, Patricia Olivera, Joe Beswick) de la Revista INVI (2016).
- Seminario Sebastián Aranda Gómez titulado “*Análisis Histórico de las Políticas de Vivienda en Chile, Conformación urbana y problemáticas a superar*” (2014), quien expone conclusiones desde el punto de vista de la ingeniería comercial y economía.
- Y Walter Imilan (2016) que en su paper “*Políticas y luchas por la vivienda en Chile: el camino neoliberal*” explora los diferentes procesos históricos legislativos que ha tenido la política de vivienda en Chile.

En estos trabajos se resuelven principalmente 3 resoluciones sobre la política de vivienda: Primero, en un modelo económico neoliberal, como lo es el de Chile, se enaltece demasiado la propiedad privada, no solo promocionándola como forma única, sino que además bloqueando y eliminando los demás sistemas de vivienda, como los de arrendamiento, propiedad pública o las iniciativas tipo cooperativas.

Segundo, la profunda y marcada segregación periférica que se produce por el alto precio dada la especulación de suelo, gracias a las políticas heredadas de fines de los 70's que desregularon terrenos, todo en una (falsa) búsqueda de abaratar costos para así aumentar el incentivo y accesibilidad a las constructoras postulantes, pero causando precarización en conexión urbana, seguridad, accesibilidad al trabajo y servicios entre otros.

Y tercero la progresiva conversión de la vivienda, inclusive la social, en un bien de consumo, dando paso a instancias de lucro y aumento de precio que, como se vio en principios de los 2000 (casas “Chubi”), hasta se sacrificó en calidad material con tal de maximizar ganancias, lo que nos lleva a nuestro actual sistema de subsidios.

La forma con la que se trata a la vivienda social en Chile es sin duda influida por el modelo económico

actual, hecho que está propuesto desde la constitución. Por lo mismo, desde finales del 2019, producto de los movimientos sociales, se hizo énfasis en la denuncia de como la constitución no contempla el derecho a la vivienda, aspecto que si está incluido como uno de los derechos humanos de la ONU desde 1948 como el “derecho a la vivienda adecuada” (ONU, 2010), aspecto que si estaba garantizado en la antigua constitución de 1925. Gracias a esto, en el año 2020 (Mulet Jaime, Velázquez Esteban, 2020) se presentó un proyecto de ley que no solo menciona estos aspectos, sino que además propone la ampliación del área mínima, aspectos a tocar más adelante.

Considerando las resoluciones de los estudios recopilados, la problemática de la segregación es una constante no menor, y si bien se puede establecer que el problema del traslado a la periferia de los grupos vulnerables es un problema primordialmente urbanista, esto en la praxis también tiene una correlación en la forma arquitectónica, ya que la segregación y el estigma generados son elementos que si se pueden paliar con un buen diseño y buena calidad de obra, siempre y cuando vaya acompañado de una pertinente planificación urbana.

Con esto comprendido, al profundizar en lo establecido se aprecia como la ley clasifica a las viviendas en 2 categorías, la Social y la Económica, esta última conocida normalmente por el decreto que la hizo vigente (DFL-2). La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción las diferencia básicamente en que ambas deben ser de carácter definitivo, mientras la Económica no debe poseer más de 140m² construidos y la social en que no debe superar las 400 unidades de fomento, salvo que se trate de condominios de viviendas sociales en cuyo caso incrementa hasta un 30% (520UF)¹². (Con fecha noviembre de 2021 corresponde a \$12.268.080 y \$15.948.504 respectivamente).

Estableciendo las definiciones de cada una quedan clasificadas para la determinación de aspectos más específicos dentro de la normativa. Estos particularmente se hacen presentes en el “Reglamento Fondo Solidario de Vivienda”, donde se establecen las condiciones, tanto para constructores como postulantes, que deben cumplir para estar dentro los márgenes de postulación al subsidio.

En el artículo 19 en el párrafo 8^o del Reglamento del Fondo Solidario de Vivienda se establecen las áreas mínimas para las viviendas sociales: 45m² para las casas y 55m² para las construidas en altura, con condicional de 3 dormitorios. Además, en la pauta de evaluación de calidad se califica con puntuación Buena (10ptos) si tiene 46m² o más, Regular (5ptos) de 44 a 42m² y Mínimo (0ptos) igual o menor a 42m² ¹².

En la *Imagen 1* se aprecia el cuadro normativo del artículo, su planimetría evidencia cuales son los elementos que considera como primordiales para el habitar de las personas, el cual sería sin dudas, los dormitorios. La búsqueda de un mejor espacio comunitario solo es una solución lógica cuando se tiene total certeza del número de habitantes, mientras un espacio de dormitorio siempre será ganancia ya que, si no se cumple con la cuota diseñada originalmente, se obtiene una ganancia de espacio personal.

Contrastando los planteamientos estudiados de los autores con los que se puede dar al respecto de la vivienda social actual, particularmente comparado con aspectos de la teoría de Neufert y Klein, se aprecia una adecuada designación de espacios mínimos acordes a una forma funcional y mínima comfortable. Sin dudas solo se asegurarían con ello los espacios de habitar más elementales, como lo son la cocina, el baño y el dormitorio, más las circulaciones y la posibilidad de adecuar el espacio,

¹² Estas situaciones particulares con metraje reducido se pueden dar con permisos especiales de la SEREMI, o particularmente en los casos de viviendas sociales creadas por los programas de antes del 2002.

PROGRAMA ARQUITECTONICO MINIMO Y MOBILIARIO - FONDO SOLIDARIO DE VIVIENDA			
Comedor	1 mesa comedor para 4 personas	Cocina	1 lavaplatos 1 mesa cocina 1 artefacto cocina 1 refrigerador
Estar	1 cama	Dormitorio 1	1 cama de 2 plazas
Vivienda	4 closets + 1 despensa	Dormitorio 2	2 camas individuales en planta
COMEDOR		COCINA	
		DORMITORIO 1	
		Cama 2 plazas	

BAÑO	DORMITORIO 2
Baño 1 W.C 1 Lavatorio 1 Ducha o Tina 1 lavadora (puede ubicarse en la cocina)	2 Camas de 1 plaza
Alternativas Dormitorios - Proyecto de Ampliación	

Imagen 1 - Ilustración de los espacios mínimos de las viviendas sociales. Se aprecia una espacialidad adecuada, muy cercana a las de las guías de diseño estudiadas. Fuente: (Reglamento Fondo Solidario de Vivienda, 2011).

cuando no haya necesidad de cumplir con toda la capacidad de habitantes, aparenta tener buenas posibilidades para adecuar el espacio a otros programas que sean necesarios.

En conclusión, se puede establecer que, si bien la historia de la vivienda social tiene muchas aristas y ha pasado por etapas no venturosas aún sin resolver, las tipologías y medidas espaciales actuales en la legislación para los rangos mínimos para la vivienda social no están alejadas a los estándares propuestos por los referentes clásicos. Por ende, bajo ese criterio no se estarían comprometiendo la capacidad, calidad, ni habitabilidad, pese a que aún existe la necesidad de mayor revisión, todo con tal de determinar si es que efectivamente su respuesta logra ser factible para algo más que los usos básicos de la vida diaria.

2.3. Aproximaciones normativas del mundo a la calidad habitacional

Luego de contemplar las especificaciones de la legislación nacional sobre las características que deben poseer, se hace un pequeño catastro de legislaciones de otros países con tal de poder contrastar los parámetros con los que se rigen las dimensiones de las viviendas sociales.

Se hace especial foco en los países de Latinoamérica, ya que se comparten más elementos en común con estos que, por ejemplo, los casos que se podrían obtener de Europa o Asia cuyas legislaciones también han pasado por resoluciones icónicas, pero en base a criterios ajenos a nuestras formas culturales. Para esto se hizo principal uso de un artículo del portal Plataforma arquitectura, tabulada para su fácil contraste. (Imagen m)

De las legislaciones en la tabla se hace búsqueda directa y se estudiaron los parámetros que se plantean para (la mayoría de) los casos. Resaltan muchos aspectos en común, como por ejemplo el considerar un predio de superficie mínima, cantidad de habitaciones mínimas, y fachadas de anchos mínimos, esto último aparentemente con motivos urbanistas, de generar mayor seguridad barrial aumentando la frecuencia de las casas, lo que genera un aumento en la seguridad vecinal.

Pero, sobre todo, destacan legislaciones como la de Argentina, similar al caso de Chile, donde se especifican muchos aspectos de área mínima de cada habitación, pero, sobre todo, se establecen anchos mínimos para los todos recintos, asegurando entonces cupos mínimos y no el poder cumplir

simplemente por temas numéricos.

Este sería uno de los aspectos que se consideran clave para establecer mínimos habitables, ya que cumplir simplemente en un número de superficie permite que se den situaciones muy variables, que no tendrían por qué asegurar el cupo de un humano.

Finalmente se aprecia que el rango de las legislaciones se encuentra entre los 32m² y los 55m², con un promedio (aprox.) en los 45m². Esta última medida es la que se pondrá a prueba con un ejemplo de vivienda social de Chile que está cerca de ese rango (44m²) para, primero comparar el caso habitacional con lo que estaría el estándar local, pero por, sobre todo, el tener un caso habitacional lo suficientemente cercano a los ejemplos de departamentos actuales, que también rondan en promedio los 40m² como tope, dado que comparar con casos de 55m² (VIS en altura caso de Chile) sería una contienda muy injusta.

TAMAÑO MÍNIMO DE LA VIVIENDA EN M² SEGÚN PAÍS

PAÍS		
ARGENTINA	M ² MÍNIMOS	Desde 2019 se permite 21 m ² en departamentos monoambiente.
	OTROS REQUISITOS	El código de la edificación determina el mínimo de locales dentro de una vivienda (estar, comedor, cocina y dormitorio), determinando un área mínima si son divididos o unidos en un mismo espacio. Esos mínimos deben cumplir con los requisitos básicos de habitabilidad, funcionalidad, seguridad y durabilidad determinados por el mismo.
BOLIVIA	M ² MÍNIMOS	Se clasifica las edificaciones en un cuadro referencial que dicta a las Viviendas unifamiliares con un mínimo de 26 m ² para VIS. Y 36 a 54 m ² para Vivienda progresiva social. Las viviendas entre 63 y 100 m ² son consideradas muy buenas y más de 100 m ² , vivienda residencial.
CHILE	M ² MÍNIMOS	En VIS: 47 m ² Sin aplicar subsidio de densificación en altura. 55 m ² Con aplicación de subsidio de densificación en altura.
	OTROS REQUISITOS	El cuadro normativo y tabla de espacios y usos mínimos del ministerio de vivienda y urbanismo dicta unos requerimientos por recinto basándose en el mobiliario mínimo necesario para la habitabilidad dependiendo del tipo de espacio (dormitorios, estar-comedor, cocina, baño, logia, circulaciones) y mobiliario complementario (closets, escaleras y puertas).
COLOMBIA	OTROS REQUISITOS	En la guía de asistencia técnica para la calidad en las VIS basada en el decreto 1468 de 2019 estipula los diferentes aspectos por locales dentro de las viviendas y dependiendo de los climas en los que se emplaza (climas fríos, templados, cálido seco y cálido húmedo). Las VIS también son determinadas para recibir beneficios gubernamentales (para los promotores, no los futuros habitantes) por el valor máximo de 135 salarios mínimos legales mensuales vigentes (SMLM) y las VIP máximo 70 SMLM.
COSTA RICA	M ² MÍNIMOS	Se define el área y frente mínimo de lotes de conjuntos residenciales y sus disposiciones y de acuerdo a los niveles, siendo el mínimo (con red de alcantarillado sanitario o con planta de tratamiento) de un nivel en 72 m ² con un frente de 6 m.
ECUADOR	M ² MÍNIMOS	El ministerio de desarrollo urbano y vivienda rige unos requisitos mínimos con los que deben contar las viviendas en un área mínima de 49 m ² .
EL SALVADOR	M ² MÍNIMOS	Los requerimientos mínimos de urbanismo y construcción por el tamaño mínimo de los lotes con base en su pendiente, siendo el menor (correspondiente a una pendiente de hasta 15%) de 140 m ² .
HONDURAS	M ² MÍNIMOS	Área mínima de lote para vivienda individual de 45 m ² correspondiendo a un frente 3,5 m.
MÉXICO	M ² MÍNIMOS	Según la Comisión Nacional de Vivienda el mínimo habitable para una vivienda es de 55 m ² .

PAÍS		
PANAMÁ	M ² MÍNIMOS	Área mínima se determina por lote, correspondiendo a 110 m ² para vivienda unifamiliar, con un frente mínimo de 7,5 m.
PARAGUAY	M ² MÍNIMOS	Viviendas dentro de 32 m ² deben tener unos ambientes básicos de dormitorio, cocina, comedor, estar, y baño.
PERÚ	M ² MÍNIMOS	La Norma A.020 de vivienda en el Artículo 8 condiciona que puede haber un área techada de 25 m ² con capacidad de expansión y 40 m ² sin dicha capacidad.
REPÚBLICA DOMINICANA	OTROS REQUISITOS	De acuerdo a unas tablas de espacios mínimos los rangos de valores que van variando de acuerdo al número de personas que habitan la vivienda, las actividades y el mobiliario en cada tipo de espacio.
URUGUAY	M ² MÍNIMOS	Superficie superior a 32 m ² en viviendas de un dormitorio. Por dormitorio adicional se incrementará el mínimo en 12 m ² .
VENEZUELA	M ² MÍNIMOS	<ul style="list-style-type: none"> - Dormitorio Principal 10 m² - Dormitorio secundario 8 m² - Cocina lavadero 10 m²
	OTROS REQUISITOS	Informe de lineamientos de diseño y construcción para vivienda y nuevos desarrollos de la Cámara Venezolana de la Construcción.

Imagen m - Tabla de comparación de los estándares con los que se establecen las viviendas mínimas/sociales en latinoamericana. Elaboración: Mabel Flores. Fuente: (Plataforma Arquitectura, 2020)

2.4. Comprensión de las bases teóricas de las disciplinas de proyección humana

Para poder establecer de una forma coherente la relación entre el cuerpo y el espacio habitable es menester comprender las bases de las disciplinas que se encargan de su estudio, registro y análisis. Con estos fines se hará estudio de las bases de la Antropometría y la Ergonomía, haciendo foco en los aspectos primordiales de la escala humana en donde se encuentre una correlación explícita con la arquitectura, en búsqueda de posteriormente usarlas como herramientas para velar por la habitabilidad.

2.4.1. Antropometría

La antropometría es la ciencia especializada en la medición humana, se define como *“Todos aquellos procedimientos y procesos científicos de adquisición de medidas dimensionales anatómicas de la superficie tales como longitudes, anchos, circunferencias y pliegues cutáneos del cuerpo humano por medio de equipos especializados”* (Stewart, 2010).

Al ser una rama científica estrechamente relacionada con la medicina se puede aseverar que la naturaleza intrínseca de esta ciencia es registrar y comprender con certeza las medidas del cuerpo con el fin de preservar y velar por la integridad de las personas. El comprender esta ciencia, permite entonces dar las herramientas a las demás ramas de desarrollo para así diagnosticar y solucionar los problemas que afecten a la población. Pero los datos de cada persona no solo sirven de registro para un análisis macro, como al nivel de una nación, sino además permiten diagnosticar

el estadio¹³ de salud en la que se encuentra la persona como individuo y, con ello, poder determinar con certeza el grado necesario para su tratamiento con el respectivo seguimiento y comprensión de la evolución que va teniendo.

Sin ser todo tan fácil, uno de los aspectos más limitantes de la antropometría es que se suele depender de una muestra reducida en comparación con el universo total de la población, teniendo que extrapolarla para hacer los cálculos y aproximaciones de todas las personas. Las causas que se suelen señalar son varias, pero primordialmente son los aspectos culturales una causa principal, primero por el sentimiento de pudor que dificulta la disposición al registro, y en segundo a la falta de un esquema nacional de carácter obligatorio (por lo mismo es que los datos disponibles a estudio en cada país son, mayormente, los recopilados en la milicia para los registros e insumos de sus cadetes).

Ejemplos de una de las maneras efectivas de sobrellevar esto se ve en el caso de Japón, donde una rigurosa estructura gubernamental promovió desde la post segunda guerra mundial¹⁴ una campaña de análisis de la salud de la población infantil, lo que con el tiempo se convirtió en una gran base de datos a disposición del gobierno, que con el tiempo se fue expandiendo no solo al análisis de los escolares, sino al resto de su población. Hoy ya forma parte de su cultura y “el día del examen médico anual” o “el día de la Revisión médica”

(Kenkoushinden) se ha convertido en una tradición desde escolares hasta adultos trabajadores, en donde el empleador y los colegios pueden pactar con diferentes proveedores, complementando el registro antropométrico, por ejemplo, con exámenes oculares o dentales.

Ya comprendida la necesidad de la comprensión de las dimensiones del cuerpo humano con tal de definir espacios adecuados en la arquitectura, se recopilaron y evaluaron diferentes metodologías de esta disciplina para estipular cuales medidas podrían ser de utilidad, ya que, si bien ninguna es carente de utilidad estadística, se es consciente de que la relación entre cuerpo y arquitectura queda establecida primordialmente con unas pocas medidas principales. Luego de reconocidas y estipuladas se puede hacer énfasis en su recopilación para luego asentar estudios focalizados que tengan influencia real en el diseño del espacio.

Para esto se seleccionó como referencia a 4 de los manuales que se consideraron más relevantes para la comprensión de la metodología antropométrica:

- Manual ISAK 2011: Sociedad Internacional para el Avance de la Kineantropometría (ISAK) es una organización encargada de formar y acreditar expertos antropometristas, con enfoque



Imagen n - Registro antropométrico en el “Kenkou Shinden”. Cada año en las escuelas se ejecuta en fechas de inicio de la primavera. Fuente: (Mixta, 2021)

¹³ Según la Real academia de Medicina de España, el estadio de salud se refiere a una etapa en particular del proceso de evolución o desarrollo de una enfermedad o condición médica.

¹⁴ La implementación del sistema de registro ya existía desde 1898, en la post guerra se oficializa como ley.

particular en el aspecto del movimiento humano. Su manual recopila todas las descripciones de las herramientas, métodos y medidas que se deben recopilar, además de contar como sociedad de una gran base de datos de años de funcionamiento internacional.

- Manual HQL: *El Instituto de ingeniería humana para la calidad de vida* (Research Institute of Human Engineering for Quality Life), o Instituto HQL es uno de los más rigurosos recopiladores de información antropométrica de Japón, ofrecen servicios de instrucción y asesoría para el diseño de productos, todo para que estos sean basados en medidas acordes a los usuarios y así velar por su calidad de vida. Su manual se basa en las normas ISO de recopilación antropométrica junto con propias que las complementan, siendo uno de los más completos al completar el registro de 231 medidas diferentes para un cuerpo.

- Tablas de Antropometría chilena: *Las tablas de Antropometría de la Población Chilena*, junto con su respectivo texto base de la confección de la base de datos, fueron un esfuerzo en conjunto de la *Universidad de Valparaíso con la Mutual de Seguridad de Chile*, generando una de las tablas más actualizadas sobre la medición antropométrica de la población adulta chilena, constando con una muestra de las 32 medidas más elementales para dimensionar y optimizar la ergonomía laboral.

Manual “Goniómetro”: Libro de texto homónimo al instrumento usado para medir ángulos, cuyo enfoque es la medición y tabulación de los rangos de movimiento saludables de las articulaciones. Además de establecer, tabular y definir los ángulos apropiados, es una guía muy completa de procedimiento para el correcto registro de estos.

Estudiado esto, las medidas consideradas más relevantes en su relación con la arquitectura serían:

- Estatura
- Ancho de hombros (Ancho bideltoidio)
- Envergadura o alcance máximo horizontal (sin agarre)
- Alcance máximo vertical (sin agarre)
- Ángulos de abatimiento, en los 3 ejes, en brazos y piernas.

Además, se considera relevante para el análisis de cupo y uso del espacio, pese a que ningún manual de antropometría estudiado lo considera, *la envergadura codo-codo*, vale decir, la distancia máxima perpendicular entre ambas puntas radiales teniendo los brazos extendidos horizontalmente. Esta medida adquiere relevancia luego de considerar los complementos desarrollados a la teoría de proxémica de Hall (más adelante) y su presencia en el libro de Neufert, aunque su uso no es del todo explícito en su relación arquitectónica, si puede ser buen indicador de espacio apto.

Junto a lo anterior también se hizo un análisis del libro *“Antropometria aplicada à arquitetura, urbanismo e desenho industrial”*, texto en portugués del autor Jorge Boueri (2008) en donde se hace una recopilación completa y distendida de los autores y métodos de antropometría y ergonomía que podrían ser relevantes para el diseño arquitectónico. Particularmente en su 3er capítulo, de patrones antropométricos para el diseño de habitación, se hace mucha referencia al texto de Panero y Zelnik: “Las dimensiones humanas en los espacios interiores” (1979), el cual, dada su naturaleza enfocada al diseño de interiores (profesión de sus autores), se abordará en el siguiente capítulo.

2.4.2. Ergonomía

Para la contemplación de la disciplina de la Ergonomía con la arquitectura se hace énfasis en los textos sobre la misma de Pedro R. Mondelo y el manual “Las dimensiones humanas en los espacios interiores” de Panero & Zelnik.

Para iniciar con la postura profesional sobre la disciplina Mondelo en su libro hace una selección de las preexistentes que a su criterio son más relevantes, entre las cuales destacamos:

“Las definiciones más significativas que han ido apareciendo son: la más clásica de todas es la de Murrell (1965): “la Ergonomía es el estudio del ser humano en su ambiente laboral”; para Singleton (1969), es el estudio de la “interacción entre el hombre y las condiciones ambientales”; según Grandjean (1969), considera que Ergonomía es “el estudio del comportamiento del hombre en su trabajo””. (Mondelo P. , Ergonomía 1 - Fundamentos, 1994).

En sus libros sobre la ergonomía del trabajo se abarcan todos los aspectos que engloban el bienestar. Aunque si bien los libros tocan todo tema posible sobre la ergonomía, los aspectos que son relevantes con la arquitectura (como tal) no abundan, dada las diferencias de escalas. Por lo que se rescatan todos los aspectos que corresponden al adecuado diseño de los espacios de trabajo que, a su vez, implican el diseño adecuado del mobiliario en base a las consideraciones antropométricas de los trabajadores.

Contemplado esto, se analiza sus textos con tal de rescatar estas consideraciones y extrapolarlas, se postula estado ya que en teoría sería una manera transitiva válida de llevar la antropometría a la arquitectura: Si el mueble se diseña en base a la persona, y la arquitectura se diseña en base a ese mueble, entonces el espacio considerando tal mueble será apto para la persona.

También en su texto se hace gran mención a los cuidados que se deben tener a la hora de considerar un estándar antropométrico para resolver un diseño, ya que, tal y como se mencionaba anteriormente en el capítulo de Neufert y las críticas a este, incurre en una falacia, casi una paradoja, el diseñar para todos considerando una única medida.

“Se debe advertir, antes de continuar, que los resultados obtenidos después de un estudio antropométrico deben aplicarse con criterios amplios y razonables. La persona “media” no existe, ya que, aunque alguna

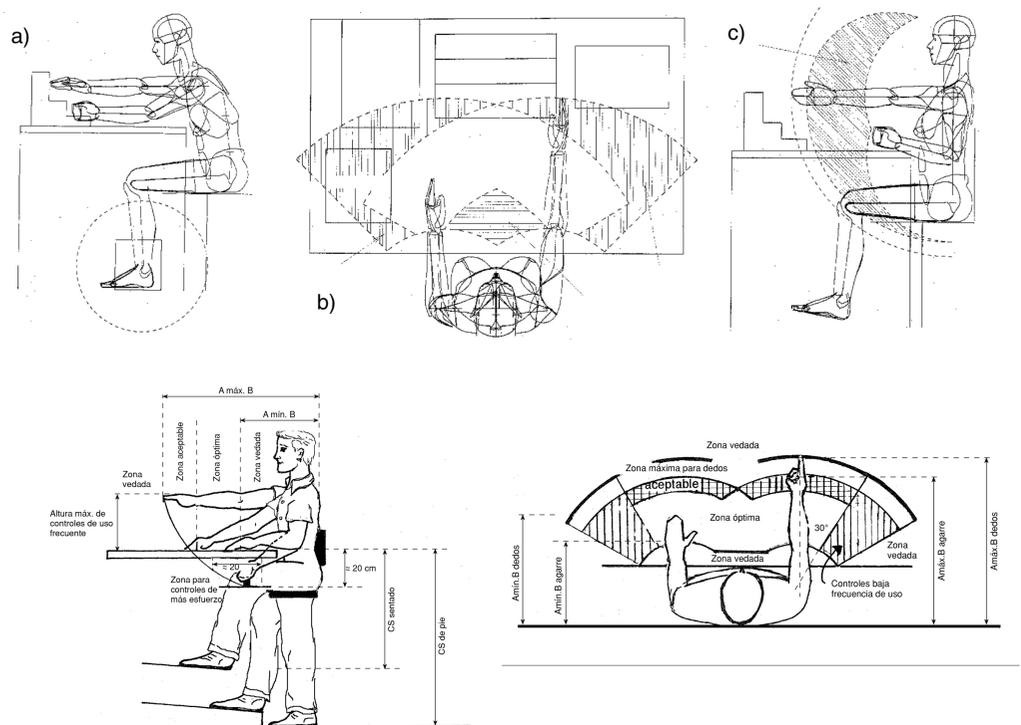


Imagen 0 - Compilación de ilustraciones en los textos de Mondelo, sobre el análisis de alcances del usuario para generar mobiliario eficiente y ergonómico. Fuentes: (Mondelo, Libro Ergonomía 3, 1998)

de sus medidas corresponda con la media de la población, es seguro que no ocurrirá esto con el resto. (...) Se ha generalizado en exceso el concepto de la persona estándar, hasta tal punto que hay autores que a partir de la estatura de la persona son capaces de determinar todas las demás dimensiones del cuerpo; como puede comprenderse esto es una ficción, que conduce inevitablemente a diseño de puestos de actividad erróneos” (Mondelo P. , Ergonomía 1 - Fundamentos, 1994).

Al respecto, en sus libros se menciona y se enfatiza que la única manera correcta sería el considerar caso a caso y sino, decantarse por un estándar máximo que involucre a la mayor cantidad de casos, figura que cariñosamente nombran como “Maximín”. Con esto se resuelve que la estandarización en ergonomía no es para nada, jamás, una de las primeras opciones, siendo casi una resignación a la hora de diseñar en algún contexto de mayor alcance a un número reducido.

Finalmente, se rescatan las advertencias que se hace al respecto de usar información antropométrica extranjera ante la carencia de información autóctona más detallada, debido a que las diferencia entre etnias y países (e incluso solo regiones de este mismo) es enorme e imposibles de igualar; esto sumada a la mencionada advertencia de caer en la tentación de establecer proporciones de las medidas del cuerpo en base a calcular su relación con la estatura. Vicios de su disciplina de los que son tan profundamente críticos y enfáticos que las califican directamente de “una tontería” (Mondelo, 1998).

Estudiadas las bases más fundamentales de la ergonomía se hace finalmente revisión de la obra y manual “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”, uno de los ejes actuales de la teoría del diseño de escala humana.

Con su primera edición estrenada en 1979, el libro de Julius Panero y Martín Zelnik titulado “Human Dimension & Interior Space” (en español como “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”) es un libro de referencia para arquitectura, diseño industrial y diseño de interiores que se enfoca en dar una completa base de datos antropométricos de diferentes tipos de usuarios con tal de asegurar un adecuado trato espacial a las personas.

Sus autores, ambos arquitectos de profesión, eran docentes de la “Fashion Institute of Technology” de Nueva York, particularmente de diseño interior, y es al ejercer esta enseñanza en el FITNY que se percatan de la necesidad de una guía de referencia no estandarizada, que considerase la mayor cantidad de información antropométrica real con tal de sobrellevar aquellas limitaciones de los datos genéricos al diseñar para aspectos más específicos, ya sea por su tipo de uso o por las personas que lo habitaran, algo además lo que se dedican en particular los diseñadores de interior en ciudades con alta construcción preexistente como lo es Nueva York, donde en su mayoría los espacios se tienen que adecuar dado que la falta de terreno impide crear.

El libro desde su inicio da diversas advertencias y consideraciones para usar correctamente los datos recopilados. La mayoría de la información antropométrica considerada eso sí, dada la limitación de la existencia, son de registros militares de diversos países, ya que históricamente es la milicia una de las mayores fuentes de recopilación de antropometría por razones de logística, primordialmente para vestuario y manejo de maquinaria. Con ello entonces se reconoce una falta de información inicial para algunos rangos de población, particularmente los menores de 18, dada la imposibilidad de hacer un trabajo exhaustivo internacional con una base de datos centralizada, para así poder tener una tabla mucho más exacta. El libro se compone de 3 partes, la primera para instruir de los

conceptos antropometría a arquitectos y diseñadores. La segunda con los datos antropométricos para usuarios en diferentes situaciones. Finalmente, la tercera con referencias de diseños para espacios, circulaciones y mobiliarios junto con rangos de uso dinámico.

Como se introdujo en el capítulo de Le Corbusier, este libro nos otorga sus datos en base a percentiles, siendo bastante útil para tener una adecuada percepción de cómo se distribuyen los rangos. En el mismo libro se explica más a profundidad su dinámica, describiendo a los percentiles como puntos de inflexión de datos, pero no necesariamente correspondientes a las personas entre todas sus medidas. Vale decir, por ejemplo, una persona en el 95º percentil de estatura sería más alto que los 94 anteriores, pero más bajo que los 4 siguientes, pero esto no sería impedimento para tener sus brazos en el rango de 80º percentil y sus piernas en el de 70º, por lo que en teoría esta persona sería una con un torso más alargado y unos brazos no tanto comparado con el resto de los demás individuos. En esencia, si bien hay tendencia a una correlación, la pertenencia a un grupo percentil en definitiva no asegura la posición en otros.

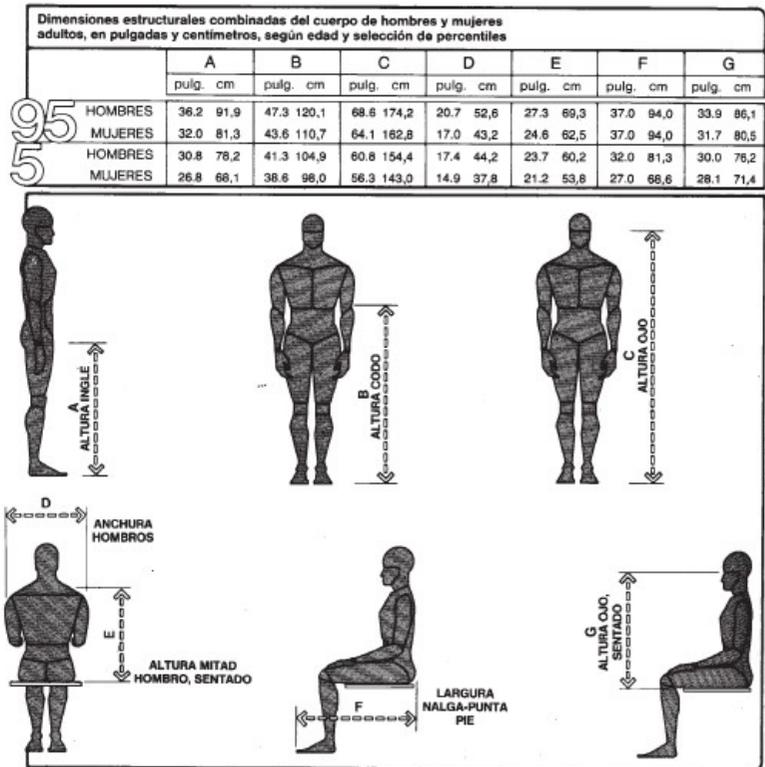


Imagen p - Medidas antropométricas de una persona en estado estático. Extracto del libro. Fuente (Panero&Zelnik, 1979)

Con esto claro uno ya puede tener una noción de toda la movilidad de las medidas que pueden existir en un cuerpo humano, la estandarización de toda la producción en base a una “persona ícono” no es garantía funcional entonces, ni siquiera para las pocas personas que estarían dentro de ese percentil.

Las ilustraciones de la tercera sección conforman una de las grandes diferencias con otros libros de referencia al considerar los rangos de uso aptos y situaciones de circulación con más tolerancias a las acciones múltiples. Como se puede ver en la *imagen q* donde se describe el funcionamiento mínimo de una cocina asegurando una zona de trabajo y una de circulación ambas con holguras apropiadas.

	pulg.	cm
A	70-76	177,8-193,0
B	40 min.	101,6 min.
C	30-36	76,2-91,4
D	18	45,7
E	24 min.	61,0 min.
F	28-42	71,1-106,7
G	18 min.	45,7 min.
H	12 min.	30,5 min.
I	24-26	61,0-66,0
J	57 min.	144,8 min.
K	35-36	88,9-91,4
L	22 min.	55,9 min.
M	3	7,6
N	4	10,2

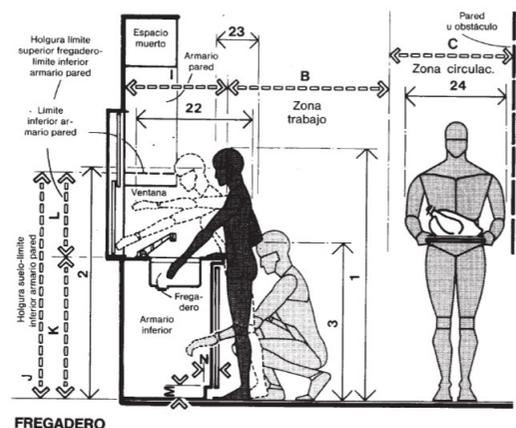


Imagen q - Medidas de una cocina con personas interactuando de forma dinámica. Extracto del libro. Fuente (Panero&Zelnik, 1979)

El libro en su epílogo reflexiona al respecto de los datos promedios. Señala que, en un estudio de 4.000 hombres, de las 10.000 medidas registradas, solo un 25% poseían la medida media en 1 longitud y menos del 1% tenían la media de 5 longitudes; por lo cual, el hombre promedio no existiría más que en los números. Como remate del libro y el capítulo se rescata además una cita de este:

“Aparentemente los estándares actuales abren al industrial el camino para fabricar el mayor número y variedad de modelos de productos a instalar en el menor espacio posible y obtener la máxima ganancia renta por unidad de la superficie, cumpliendo simplemente la normativa vigente, pero todo esto a expensas del usuario y de la calidad de la interfase con el espacio interior del entorno. Concluimos que las orientaciones de diseño que rigen, y que debían responder a las dimensiones máximas del cuerpo, están en completo desacuerdo con los datos antropométricos, traduciéndose en diseños absolutamente inaceptables.” (Panero & Zelnik , 1979).

Como conclusión, se puede aseverar que en efecto el diseño de interiores, rama aledaña a la arquitectura, sería un equivalente a un “sastre” del espacio para los habitantes, tanto en el modo personalizado, como en la poca frecuencia de su adquisición debido al costo asociado. La consideración de la estética del rubro del diseño de interior, entonces, es casi mera consecuencia de recurrir a un experto para que adecue un lugar a un uso, más las bases de la disciplina siempre han de considerar primero el tamaño de la acción humana en el espacio, por lo tanto, lo que es necesario es un correcto dialogo intermedio que materialice la cohesión entre la sutil línea que sería el diseño arquitectónico y el de interiores, línea donde sin dudas está el cuerpo humano.

2.5. Estudio de softwares y métodos aptos para la proyección humana en tres dimensiones

Uno de los mayores saltos tecnológicos en el diseño ha sido lograr la emulación de la realidad lo más fiel posible, siendo, por supuesto, el humano una de las preocupaciones primordiales desde el inicio.

La tecnología de emulación de personas data de la década de los 80's, apogeo de los primeros avances del 3D en donde, además de la fidelidad de los usos en los efectos visuales, se buscó por primer vez una alta fidelidad en la forma de crear formas humanas en el mundo virtual (History of computer animation (CGI), 2018).

Explorar los alcances que esto tiene hoy en día es un menester para lograr incorporar, y sobre todo consolidar, una relación mucho más estrecha entre la antropometría y el diseño de vivienda, donde su conceptualización tridimensional de los espacios ya es algo que se ha concretado de una forma fiel y solo faltaría fortalecer su sincretismo al incorporar de forma definitiva y directa la figura humana.

2.5.1. Estado del arte y necesidad de la disciplina

Una vez comprendida la relevancia de la Antropometría y la Ergonomía y, sobre todo, establecida la necesidad de la forma de análisis tridimensional, es necesario apreciar el estado actual de estos campos con respecto a la arquitectura.

Tal como se trató en los primeros capítulos, las aproximaciones de estas disciplinas para con la arquitectura han ido de la mano, primordialmente, con la proyección del mueble como una herramienta indirecta de dar cupo a las personas en el espacio. Si bien la relevancia del mueble como parte de la proyección arquitectónica es indiscutible, la constante que se preserva es el predominante uso bidimensional de la proyección pese a existir las herramientas y medios para resolverse de una forma tridimensional (GrupoAudiovisual.com, 2021).

Sin embargo, contemplando casos similares en la historia, es pertinente considerar que esto sería

un periodo de transición. Los procesos tecnológicos avanzan y conforme estos se van haciendo más accesibles y simples empiezan a llegar a más personas, cambiando la necesidad del conjunto y reemplazando los métodos anteriores que, a veces, solo se mantenían gracias a que su facilidad y simpleza lo hacían parte de la costumbre (más que el factor precio). Esto se vivió, por ejemplo, con el proceso que hubo desde el telégrafo hasta el teléfono, luego al teléfono celular y finalmente al teléfono inteligente, donde en este último somos muy cercanos en el caso del fenómeno que ha generado con la población adulta mayor (Latercera.com, 2021), ya que pese a poseer la competencia para operar la nueva tecnología, y siendo la accesibilidad al producto un asunto resuelto, es el temor remanente y la resistencia al cambio a algo más complejo lo que demuestra ser el principal impedimento, hay sin dudas una balanza esfuerzo/beneficio implícita en las personas.

Las disciplinas de comprensión humana no han sido ajenas a las diversas tecnologías de escaneo y emulación de realidad a través de la computación, incluso no es de sorprenderse que muchos de estos desarrollos directamente se crearon con esos fines. Uno de los ejemplos más actuales es, por ejemplo, las resonancias magnéticas; las resonancias funcionan escaneando un cuerpo a través de una secuencia de secciones, tal como si se tratase de “tajadas” sucesivas para así ver el interior. Estas “tajadas”, si bien son fieles a la realidad (no una simulación o representación), son una imagen en dos dimensiones que aun así deben de ser interpretadas en conjunto con las demás secciones por un experto para darle una coherencia y lectura adecuadas. Por eso mismo, es que en el año 1984 se hizo el primer intento y se logró compilarlas en un volumen tridimensional. Hoy su uso en volumen se ha vuelto tan relevante que ante cirugías de alta complejidad se imprimen tridimensionalmente estos escaneos para que los cirujanos puedan practicar con antelación sin comprometer al paciente (Futuro360.com, 2019).

Sin lugar a duda es la medicina uno de los campos donde adquiere la mayor relevancia el desarrollo e inversión de una tecnología de vanguardia para la comprensión del cuerpo (y con ello del humano), por lo cual no es de sorprenderse que este sea uno de los primeros enfoques a los que se apunten estas. No obstante, la diversificación y gran expansión de las industrias ha generado también múltiples avances que luego se derivan a los demás campos, generando una ganancia interdisciplinaria insospechada.

Esta expansión llegó por ejemplo a concretarse como una legislación en Argentina. La nueva “Ley de talles” aprobada en junio del presente año (Argentina.gob.ar, 2021) propone hacer un levantamiento antropométrico tridimensional de la población (con ya más del 60% catastrado) pudiendo así generar un nuevo, actualizado y transversal sistema de tallas en el que las marcas de ropas deberán basarse para poder vender sus productos en el país, todo con tal de que estos por fin sean adecuados a las formas corporales de su población.

El sistema de escaneo 3D empleado tiene como ventaja automatizar el proceso: escanear a la persona, extraer inmediatamente las medidas de interés y luego respaldar el escaneo y los datos para análisis posteriores. Este sería uno de los primeros precedentes de antropometría tridimensional incorporada a nivel legislativo, un gran avance dentro de las implementaciones positivas que se pueden ejecutar para hacer del estudio del cuerpo una forma de llevar igualdad a la población.

Aunque, como todo proceso automatizado, no todo es reemplazable, ante lo cual la opinión del antropometrista experto Arthur Steward, en uno de sus artículos al respecto de cuando se estaban forjando estos innovadores métodos, comentó precisamente al respecto:

“Although 3D scanning will never replace conventional anthropometry, as it does not assess an equivalent of skinfold thickness, its precision, accuracy, and speed make it a convenient method – especially for athletes who are likely to be used to the form-fitting clothing required. In this digital age, the integration and convergence of technologies open a realm of academic possibilities that would not have been imaginable to early protagonists using anthropometry. These are exciting times, and I look forward to seeing more papers using 3D scanning and other novel approaches, and welcome the prospect of more of these – particularly those of the calibre of Schranz’s – appearing in this expanded section” (Arthur D. Stewart (2010) Kinanthropometry and body composition: A natural home for three-dimensional photonic scanning, Journal of Sports Sciences, 28:5, 455-457)

Para tener una correcta noción desde la parte de la ejecución y levantamiento proyectual de elementos arquitectónicos preexistentes, se hace una entrevista a una primera fuente especializada en el medio. Para lo cual se contactó a Luis Ángel Barrios, Arquitecto mexicano radicado en España, Magister en tecnologías BIM y experto en levantamiento de espacios reales a digital por medio de tecnologías Lidar y nube de puntos.

En la entrevista expresa su postura ante la necesidad, pero alta complejidad, de poder llevar al humano (real) al mundo del software de diseño tridimensional, particularmente considerando el aspecto del movimiento, ya que, un escaneo de humano que solo actúe de estatua -comenta con franqueza- sería bastante inútil, indiferente a cualquier dato que ya se pueda obtener de algún manual de diseño como el Neufert. También se expresó la alta complejidad de trabajar con estos sistemas unificados (escaneo + movimiento), dado que han experimentado con lo mismo con malos resultados, por lo cual, sin un sistema preprocesador o automatizado que haga gran parte de la labor, es muy difícil generar esos tipos de levantamientos, dado que son demasiados los conocimientos especializados y el esfuerzo como para poder hacerlo en cada obra y/o por cualquier profesional.

Por lo cual, ante la situación moderna actual se afirma la necesidad de innovar, desarrollar, optimizar y unificar un sistema que aúne las tecnologías preexistentes en un modo efectivo de poder llevar el análisis 3D del humano y sus movimientos para que esto sea implementado en el diseño de los espacios habitables de las personas.

2.5.2. Softwares de diseño paramétrico: Emulación de humanos

Una de las grandes ventajas de los softwares que simulan figuras humanas en 3D es la gran versatilidad y fidelidad que pueden llegar al emular los cuerpos, esto sumado a no tener la necesidad de disponer de personas reales pueden usarse para generar una gran base de datos de la cual disponer para que, por ejemplo, luego se procese de una forma indirecta a través de una Inteligencia Artificial (IA). Aquí el volumen y los alcances de los datos primarían eventualmente por sobre la necesidad del estricto rigor con la realidad.

Esto, por ejemplo, es lo que se presenta en el caso de los autos de conducción con piloto automático, donde su inteligencia artificial es entrenada en entornos digitales que simulan la realidad, generando gran cantidad de horas de entrenamiento sin riesgos ni elevados costos, esto es conocido como el método PTP (Veritasium, 2021). Eso sí, cabe aclarar, formas indirectas como estas son funcionales siempre y cuando los parámetros con los que se haya definido la creación si sean muy fidedignos a la realidad.

Por esto mismo, la evaluación de la emulación de personas tridimensionalmente a través de softwares no es un despropósito si es que se hace de una forma adecuada. Por lo cual se evaluaron para esto los siguientes softwares:

- Adobe Fuse (Beta) y Mixamo: Lamentablemente este software no salió de su fase de prueba, ya que contenía muchos errores. Su interfaz simple e intuitiva era su gran ventaja, por lo que aún se usa, aunque no tenga soporte. Con el tiempo Adobe liberó Mixamo, su sucesor dispuesto a modo de plataforma para evitar exceso de procesado
- MakeHuman: Programa gratuito especializado para la creación de personajes tridimensionales. Su interfaz de diseño parametrizado se basa en definir las secciones del cuerpo tanto en forma porcentual como en unidades de medida en sistema métrico, lo que da la posibilidad de emular cuerpos reales usando datos recopilados.
- PifuHD: Aunque no es un programa de diseño paramétrico, merece mención y prueba dada las grandes posibilidades que genera. Siendo un repositorio de código de libre acceso, gracias a una IA entrenada puede generar un modelo tridimensional con solo 1 fotografía, un potencial que a largo plazo puede ser pulido.

2.5.3. Softwares de escaneo 3D

Los escáneres tridimensionales son una tecnología que lleva más de una década comúnmente entre nosotros, sin embargo, su uso y aplicación aún no es conocido por las personas, pese a que ya están incorporados en muchos artículos de uso diario, particularmente en teléfonos inteligentes.

Dentro de las opciones más accesibles del mercado, se encuentra uno de los grandes desarrollos que ha hecho la empresa Microsoft, conceptualizado y usado hasta hoy para el desarrollo y programación de robots basados en funcionamiento SLAM (Simultaneous localization and mapping // Modelado y localización simultáneo), lo que serían los sensores *Kinect*, siendo su primera versión la más accesible y una de las más vigentes dentro de las comunidades de desarrollo de software independiente en el mundo.

Con este periférico en consideración, y posteriormente adquirido, se evaluaron los siguientes softwares de escaneo 3D:

- Skanect: Software de escaneo 3D para sensores en base a nube de puntos infrarrojos, permite grabación continua y genera levantamiento 3D inmediato de humano y habitación.
- Refusion: Software de escaneo 3D para sensores en base a nube de puntos infrarrojos, su modo de prueba no permite guardar el escaneo.
- KScan3D: Software de escaneo 3D para sensores en base a nube de puntos infrarrojos, reconstruye escenas en base a registrar varias fotos individuales con él periférico.
- EM3D: Aplicación de escaneo 3D en base a nube de puntos infrarrojos de “FaceID”, reconocimiento facial disponible en teléfonos iPhone (desde su décimo modelo en adelante).
- MeshRoom: Software de fotogrametría. Necesita tarjeta gráfica marca Nvidia para funcionar, y su procesamiento requiere de al menos 90 fotografías del objetivo (sugerido por el desarrollador).

2.5.4. Softwares de registro de movimiento (MoCap)

La captura de movimiento, o MoCap en su forma abreviada, es una de las tecnologías que más ha crecido en las últimas décadas para el desarrollo de material multimedia de alta fidelidad con la realidad. La captura de movimiento ha pasado por varias etapas y métodos en la historia, desde muñecos a trajes con componentes eléctricos que registran el cambio en las articulaciones, hasta métodos únicamente visuales que registran todo movimiento basados en puntos de referencia.

Sin embargo, esta tecnología a diferencia del caso con los escáneres 3D no es económica ni de las más funcionales en sus formas accesibles. Pese a ello, al investigar los métodos más factibles se encontró con varias opciones viables y de alta compatibilidad con los métodos explorados para usar con el escáner. Entre los resultados destacados se encuentran:

- Mosculp: Repositorio de libre acceso que no pasó de su etapa conceptual. Su sistema analizaba vídeo a través de una IA entrenada. Lamentablemente ya no es posible de usar dado problemas con las versiones de los programas de soporte y conexión con el servidor entrenado. Pese a eso, su concepto es el precedente más cercano a lo que se buscaría en este trabajo como una forma de evidenciar el espacio que usa un cuerpo.
- Kinect Studio v1.8: Programa propio de Microsoft para el uso del periférico Kinect v1, parte de su paquete de desarrolladores de Kinect SDK v1.8. Siendo de libre acceso permitiría el desarrollo de código de programación para el uso del periférico.
- OpenPose: Repositorio difundido en Github que cuenta con una forma semi compilada de libre uso y descarga. Su uso es relativamente simple y permitiría tanto el registro en vivo del movimiento como el análisis de video.
- OpenNi Mocap: Repositorio que concretó su forma como una aplicación de libre uso disponible para Windows. Su gran virtud es que permite el uso de múltiples sensores de forma simultánea para evitar la pérdida de miembros por ocultamiento.

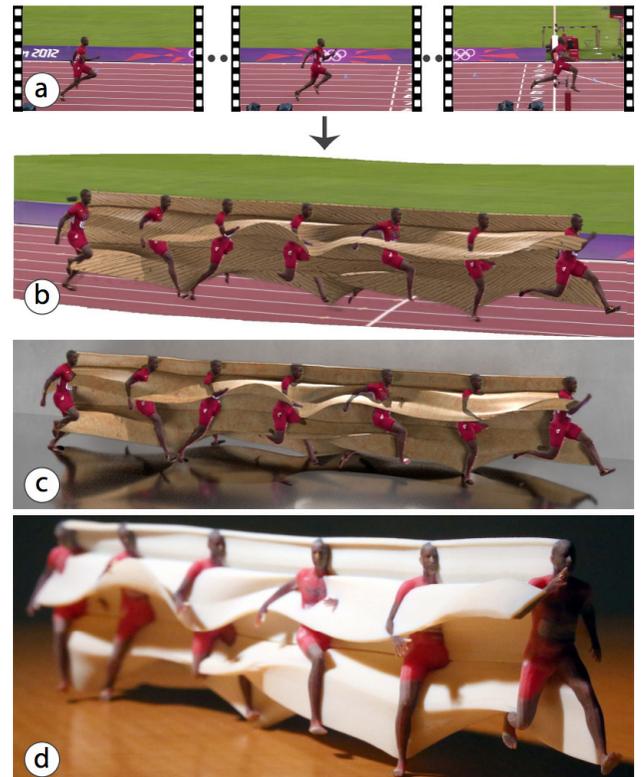
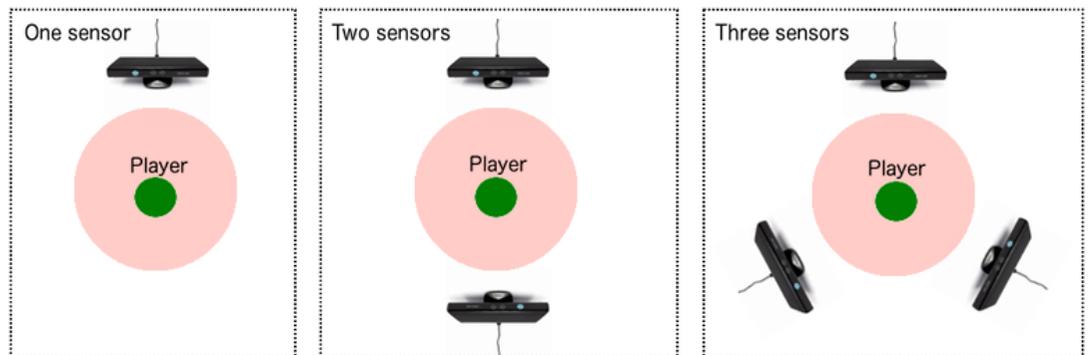


Imagen r - Ejemplo del trazado espacial realizado por MoSculp al analizar un vídeo de un atleta. El trazado del movimiento como volumen lo hacía un candidato ideal para el método. Fuente: (Github, 2021).

Imagen s - Instrucciones de OpenNi Mocap. Disposición de las cámaras con tal de no generar interferencias entre sus nubes de puntos. Fuente: (Mesh-Online.net, 2018)



METODOLOGÍA

3.1. Proyección 2D de casos de estudio

El análisis bidimensional es una de las constantes a través de la historia, ya sea en la arquitectura como en la antropometría. Si bien la representación de la realidad en una forma simplificada nunca será de las más completas, si se puede convertir en una de las más verosímiles una vez que se ha desarrollado la metodología adecuada para su uso pertinente.

“Simple” no tiene por qué ser sinónimo de “incompleto”, sino más bien de eficiente, directo, concreto, efectivo. Así, desarrollar una pertinente forma de análisis bidimensional para la interacción de la antropometría con la arquitectura también es uno de los pasos a desarrollar, ya que sin dudas su “simpleza” lo hace más accesible, transversal, fácil y eficiente para todos los que lleguen a requerirlo.

3.1.1. Registro de datos antropométricos directo e indirecto

Al tratarse de una disciplina científica, el registro de los datos antropométricos siempre debe tener la mayor fidelidad. Por lo cual, si bien para este trabajo no se pudo registrar todo tipo de medida mostrado en las guías dado a que se carecía de las herramientas especializadas, al menos para las medidas de interés “antropo-arquitectónico” señaladas no hizo falta de materiales en extremo atípicos, donde el uso riguroso y plena comprensión de la metodología no solventase cualquier problema de resolución o registro.

Cabe aclarar también, si bien en el tercer libro de Pedro Mondelo (Ergonomía 3 - Diseño de puestos de trabajo, 1998), en su *Capítulo 2.5.6* se describe el protocolo para mediciones antropométricas usando cámara (de video en ese caso), la metodología desarrollada se conceptualizó primero de forma independiente previa al conocimiento de ese volumen del manual, por lo cual, si bien se comparten elementos en común que en efecto respaldan el método, es su desarrollo final con softwares de edición digital y su consideración en el proceso la mayor diferencia y por ende innovación.

Luego de reunirse con las personas voluntarias para la recopilación de datos antropométricos y tomando como guía los manuales “Las dimensiones humanas en los espacios interiores” y “Tablas actualizadas de antropometría en la población chilena” se procedió a ejecutar la sesión fotográfica con una escena particularmente armada. Con ambas características registradas, y luego tomando como prioridad los datos compilados in situ, se seleccionó y calibró con base en las mejores fotos y datos, de las que se finalmente se extrajo información de forma indirecta a través de medios de análisis digital, como por ejemplo *AutoCAD*, *Blender* y *Rhinoceros*.

Para la recopilación de fotos se usó una cámara digital semiprofesional. Las fotografías fueron redibujadas en *AutoCAD* de manera de asegurar la privacidad de las personas previa consulta y acuerdo con estas. Con ello se procedió entonces a tomar un mínimo de 16 fotos a cada participante con las siguientes características:

- 4 de pie recto/a, con tobillos juntos y brazos rectos, pero sin tocar el cuerpo. Una por cada lado [Frente, izquierda, espalda, derecha].

- 4 de pie con las piernas separadas a la misma distancia de los hombros y brazos junto al cuerpo. Una por cada lado.

- 4 en pose de T de pie recto/a, con tobillos juntos y con las palmas mirando hacia el frente. Una por cada lado. Adicionalmente, para las fotos laterales se indicó la ubicación del brazo para no perder la perspectiva al coincidir con la dirección de la cámara.

- 4 en pose de T con las piernas separadas a la misma distancia de los hombros y con las palmas hacia abajo. Una por cada lado. Adicionalmente, para las fotos laterales se indicó la ubicación del brazo para no perder la perspectiva al coincidir con la dirección de la cámara.

Finalmente, para el caso particular del estudio de los rangos de uso basado en antropometría, para levantar los datos de proyección espacial se tomó adicionalmente fotos en diversas posturas progresivas, con tal de emular los rangos y las acciones en el uso cotidiano. Estas fotos son las que se usarán para comprender los aspectos espaciales y arquitectónicos del movimiento humano. Para hacer un adecuado proceso de toma de las fotografías hizo falta comprender el comportamiento óptico de las cámaras fotográficas, para lo cual se explicará el proceso de desarrollo y comprensión del método a través de ilustraciones que se aproximen el fenómeno que se está explicando:

El ojo humano presenta una distorsión particular, a lo que llamamos perspectiva, pero esto solo es una parte del panorama, ya que la luz causante de la imagen es además susceptible a la deformación causada por los lentes que se encargan de enfocar los rayos. Dada la naturaleza curva de los lentes, ya sean convexos o cóncavos como los de nuestros ojos, al proyectar desde el origen el trazo de los rayos nos percatamos que existe una resultante esférica en el espacio, esto es conocido como *"deformación esférica"* o *"aberración esférica"*, por mucho que veamos una imagen plana como un afiche nuestra forma de interactuar con el mundo siempre es a través de lentes curvos, lo cual no es ajeno a las cámaras fotográficas, ya que compartimos el mismo funcionamiento con ellas.

Con ello sabemos que al tener el enfoque dispuesto a una cierta distancia se estará definiendo en el espacio el radio de correcta recopilación de luz, por lo que todo lo que se encuentre a la distancia de aquella esfera imaginaria será enfocado, mientras que lo que está más cerca o más lejos estará progresivamente fuera de foco. La distancia es entonces el primer factor que interactúa con el enfoque para recopilar adecuadamente la luz.

Ahora, tomando en cuenta además que una persona de pie es un objetivo que funciona como una tangente a que sería una sección de esfera (enfoque), conociendo que la tangente va ligada al concepto de ángulo recto, es fácil prever como evitar o reducir estos fenómenos: a la distancia de la cámara se le añade como factor la altura a la que esta estará, con tal de que la persona esté perfectamente perpendicular al plano medio del encuadre.

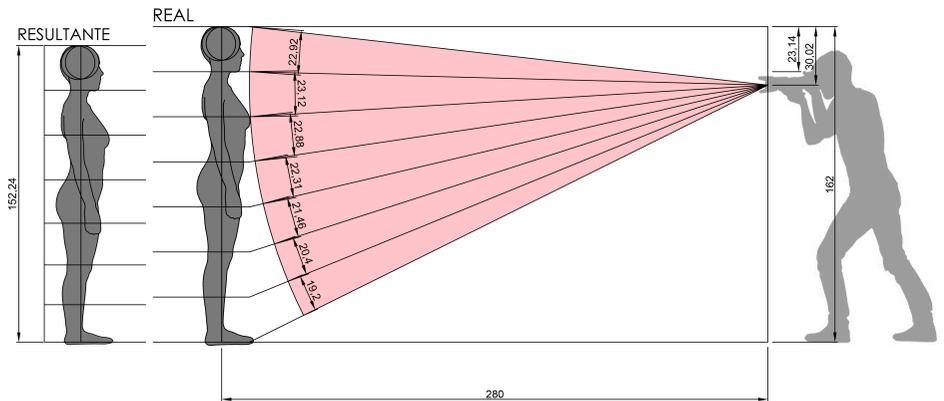
La distancia además vuelve a cobrar relevancia por el motivo geométrico, la distancia entre los puntos de una tangente de largo "X" será cercana a su circunferencia si esta última es de mayor tamaño, mientras más grande la circunferencia (o esfera en este caso), más cercanos. Por lo cual, una mayor distancia de enfoque aumenta la circunferencia, reduciendo entonces la distorsión de cada proyección. Pero, nuevamente esto no es mucha ganancia si es que el registro de la altura no es adecuado, preservar el plano perpendicular es necesario.

Controlando estas variables se puede calcular las formas óptimas de recopilación fotográfica con tal de poder amortizar las deformaciones y así llevar con certeza la información corporal a un plano bidimensional, donde sería útil para su uso en planimetría.

Dicho esto, se calculan los siguientes escenarios a considerar:

ALTURA INCORRECTA DE REGISTRO FOTOGRÁFICO

El punto de interés de una foto tradicional normalmente es el rostro, lo cual hace al fotógrafo ubicar la cámara a la altura de su nariz o cuello, esto es útil para una foto de retrato o de primer plano, más no para una de cuerpo completo.



En la *Imagen t* se logra apreciar cómo es que pese a tener una buena distancia con la persona para registrar por completo su cuerpo el estar a la altura de su rostro hay una deformación esférica. En la comparación entre la persona real y la resultante por perspectiva se ve más claramente como es que cada séptimo de la persona (23,14cm) va teniendo un valor en proyección progresivamente menor conforme este se va alejando del centro del enfoque, resultando la imagen final en un equivalente a tener una estatura casi 10cm menor al real, con los séptimos inferiores del cuerpo reducidos, lo que resulta en unas piernas notoriamente acortadas.

Imagen t - Pose tradicional de toma de foto. No es útil para el ejercicio, en este escenario se demuestra como resulta en un acortamiento cercano a 10cm de la persona. Fuente: Elaboración propia

Ya que el conocimiento de este fenómeno es muy antiguo actualmente existen métodos de corrección digital, aunque esto no siempre sea recomendable según la naturaleza de la corrección.

Uno de los softwares más usados actualmente es *Photoshop*, el cual cuenta con una herramienta específica para corregir este problema, además es capaz de reconocer los metadatos de la fotografía y con ello generar un estimado ya sea automático o configurable de la corrección. Esto es bueno para efectos de percepción, ya que los resultados son considerablemente exactos, pero como todo programa, no puede agregar información que no posee. El ojo fácilmente reconoce elementos forzados en perspectiva gracias a otras cosas del entorno, un ejemplo serían cosas que por perspectiva deberían de estar viéndose sus lados inferiores o superiores, pero al no tener la información de estos el programa solo los deforma, dándoles una sensación extraña.

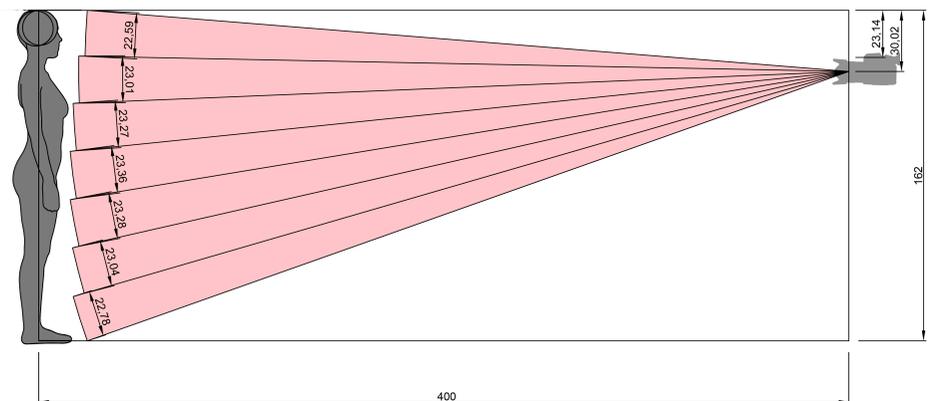
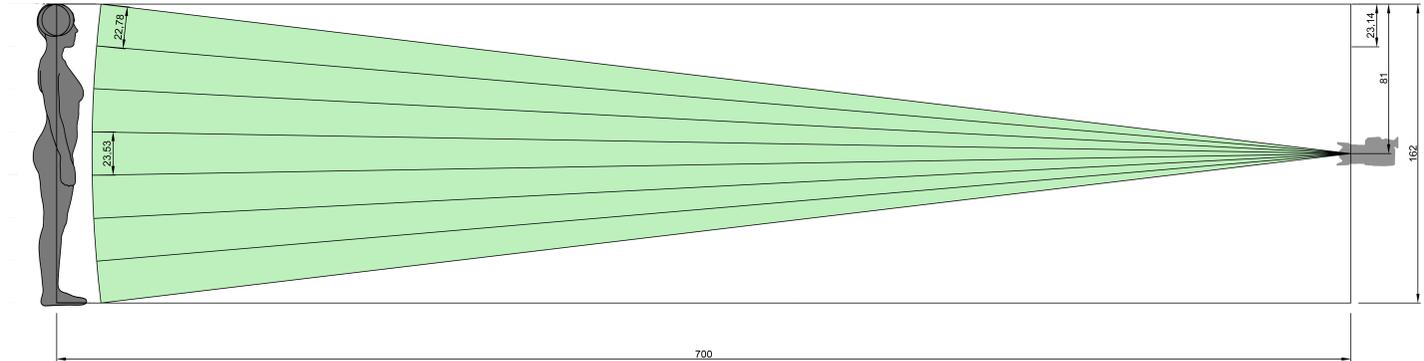


Imagen u - Corrección digital de la distorsión esférica. Factible mas no recomendable. Fuente: Elaboración propia

En esta imagen se muestra cómo es que funciona la corrección digital, expandiendo los séptimos antes acortados a medidas más cercanas a las reales.

FORMA CORRECTA DE REGISTRO: MITAD DE LA ALTURA Y ADECUADA DISTANCIA



Luego de comprender como es que influye la altura de la cámara el siguiente paso era encontrar una distancia adecuada para generar un registro igual para todas las fotos. Al proyectar diferentes escenarios de cómo es que se comportan los resultados a diferentes distancias se llegó a dos resultados, el ideal a 7 metros y suficiente a 4.

Imagen v - Registro a 7m. Distancia ideal para el registro fotográfico.
Fuente: Elaboración propia

Como se logra apreciar en la imagen, el segmento de arco de la circunferencia presenta una gran cercanía a la tangente que sería el cuerpo de la persona, siendo una cámara digital normal apta para generar ese enfoque de forma física a través de la distancia focal (zoom análogo, no digital) este sería entonces una forma idónea para la captura de las tomas.

Sin embargo, una distancia a 7 metros de la persona requiere de un emplazamiento especial que disponga no solo del espacio, sino que además de la privacidad como para tomar las fotos, mismo caso con el sugerido de Mondelo de >5,5m. Lo cual, ya teniendo el ideal como referencia se hace un cálculo de un escenario más factible, llegando a la conclusión de una distancia de entre 3 a 4 metros es suficiente considerando las especificaciones de las cámaras actuales, más aún teniendo suficientes elementos de referencia para hacer correcciones posteriores.

Se usó entonces una distancia de [~4m] para la recopilación de las fotos. También toda foto se sacó con la persona sobre 2 líneas de referencia en el suelo, perpendiculares y alineadas a los ejes de la cámara y escena con ello saber el punto medio de los ejes, en conjunto con el centro de gravedad real de la persona.

En términos de indumentaria se solicitó a cada participante ropa elástica ceñida al cuerpo para resaltar su silueta sin volúmenes añadidos; calzas, pantys, petos deportivos y/o “bodis” (del inglés body/bodies) para el caso de las voluntarias, mientras que la recopilación masculina fue realizada a pecho descubierto con calzas masculinas de primera capa. Además, luego de un par de tomas iniciales se concluyó que toda ropa tenía que ser de algún color claro o “vivo”, evadiendo el uso de color negro o azul marino, ya que su oscuridad produce una

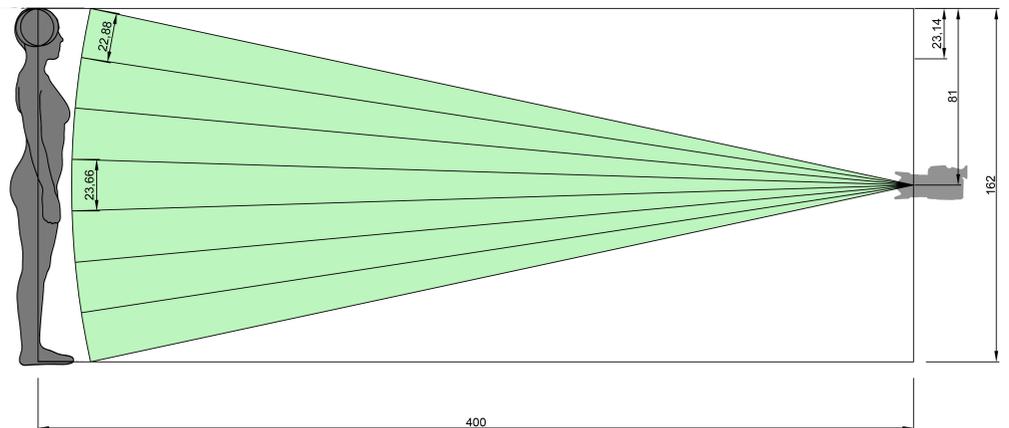


Imagen w - Registro a 4m. Distancia usada finalmente.
Fuente: Elaboración propia

pérdida de detalles importantes para reconocer puntos relevantes de la anatomía, también, dado el caso de ciertas prendas, se solicitó a los voluntarios usar un elemento elástico sobre la ropa (bandana) que evitase el “efecto carpa” que se genera entre las zonas de articulación-cuerpo. La toma de datos antropométricos se realizó utilizando las mencionadas guías de antropometría actualizadas como referencia. Usando escuadra, una huincha de costura y una métrica se recopilaban los datos en fichas individuales para cada participante, mientras para establecer los puntos de referencia en la escena se usó un nivel láser en cruz en conjunto a plomadas.

Las medidas que se tomaron in situ serían usadas entonces como un dato rígido para calcular las proporciones de los cuerpos y luego para calibrar las imágenes a una correcta escala en *AutoCAD*. Posteriormente se complementó con los datos extraídos en digital. Se registraron los siguientes datos:

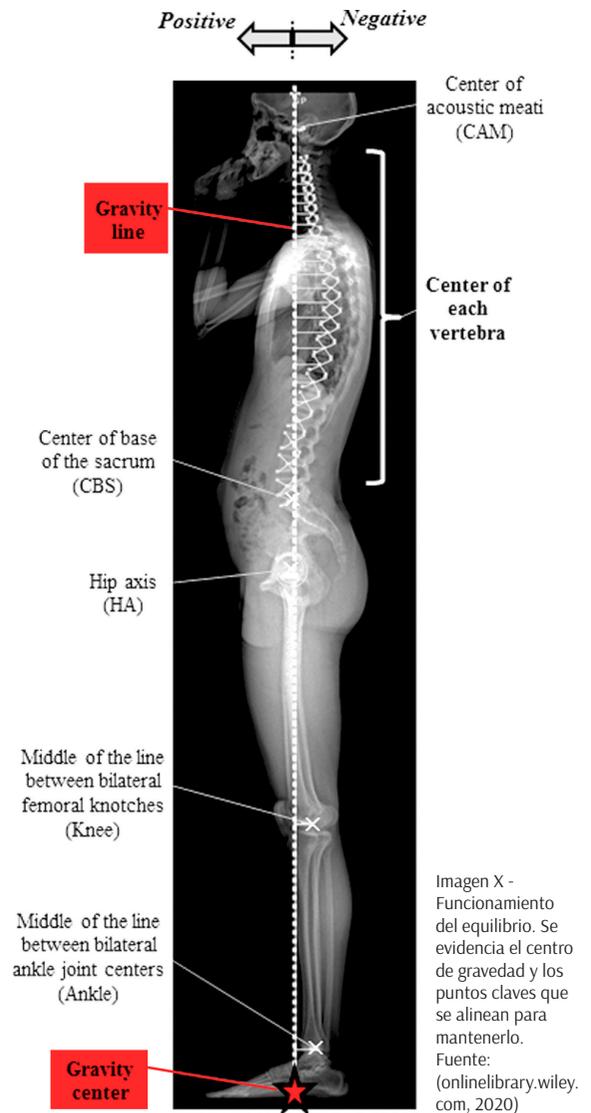
- Altura total
- Altura hasta el mentón
- Altura hasta el codo
- Altura del hombro
- Altura pliegue posterior de la rodilla (poplítea)
- Altura ombligo
- Altura pliegues de piernas
- Altura hasta los ojos
- Ancho hombros
- Ancho máx. de caderas
- Ancho máx. de brazos extendidos

Las medidas que se usaron primordialmente para calibrar las imágenes fueron las de mayor envergadura, particularmente la estatura, el ancho de brazos extendidos y la cabeza fueron las mayores al escalar los datos. Luego de corroborar los datos análogos se contrastaron con los digitales y se evaluó según el caso cuales tendrían mayor exactitud, dejando explícito en la tabla cual dato corresponde a qué tipo de medición.

Junto con ello, las líneas de referencia trazadas en el suelo donde se pararon las voluntarias se utilizaron para calcular las líneas del centro de gravedad, ya que sería esta la recta que manda a través de todo el cuerpo siendo coincidente con la estatura de la persona y superando entonces las deformaciones por perspectiva.

En la *Imagen X* se aprecia cómo es que el centro de gravedad ubicado en los pies nace directamente desde el centro del canal auditivo, donde hacia el interior del cráneo se aloja el oído interno y con ello la estructura que regula el equilibrio. Este al estar de pie se alinea con el eje entre el fémur y el coxis, luego saliendo de los límites del cuerpo al llegar a la altura de la rodilla para finalmente ubicarse en la planta anterior al talón.

Teniendo conocimiento de estos elementos se pudo no solo calibrar las imágenes dejando fuera



de las líneas de base los elementos que sobrepasaban los ejes por la perspectiva, sino que además se logró identificar correctamente la ubicación del eje de giro del fémur al usar la línea de gravedad en conjunto de los pliegues anteriores y posteriores de la pierna para ubicar la posición del coxis, corroborando finalmente con radiografías de referencia superpuestas. Así se ubicó con precisión el eje de giro a cada pierna para poder proyectar adecuadamente los rangos de giro. Para el caso del hombro, sin embargo, fue más fácil ubicar los puntos óseos relevantes al contar con las diferentes tomas en diferentes planos y poses que los ponían en evidencia. Estos datos serán importantes para el desarrollo del capítulo donde se proyecta el espacio corporal dinámico.

Para efectos de las poses en “T” no hizo más falta que dar indicaciones verbales para posicionar los brazos lo más parejo y paralelos al suelo, previa consideración y prueba de uso de un nivel láser, comprobándose que este no era necesario. Se tuvo especial énfasis en esta pose dado que las medidas de este ancho máximo recopiladas in situ sería la principal regla para calibrar las fotos en el programa *AutoCAD*, lo que no sería simple de hacer en el resto de las poses.

Con respecto a la aberración esférica propia de cada lente fotográfico, se tuvo en consideración más se optó por una corrección digital de la deformación. Para esto fue usado el programa de edición de imágenes *Photoshop CS6*, seleccionado dado que cuya configuración automática permite reconocer el lente y modelo de la cámara digital. Sin embargo, dado que se detectaron algunos ligeros errores en la forma automática, finalmente se opta por una corrección manual (no automática) de la deformación, para lo cual fue necesario instalar en la escena dos plomadas de referencia puestas cerca de los bordes del encuadre de cada foto. Estas plomadas sirvieron de puntos de referencia para aplicar la corrección, dado que una cuerda tensa por un peso siempre trazará una correcta línea vertical con el centro de la tierra. Además, para las referencias horizontales, se marcaron puntos alineados en el fondo de la escena utilizando un nivel láser. Esto, claro está, solo en reemplazo a una grilla correctamente dibujada y calibrada en un set estático profesional, donde la corrección esférica contaría con toda la escena para analizar y ser coherente.

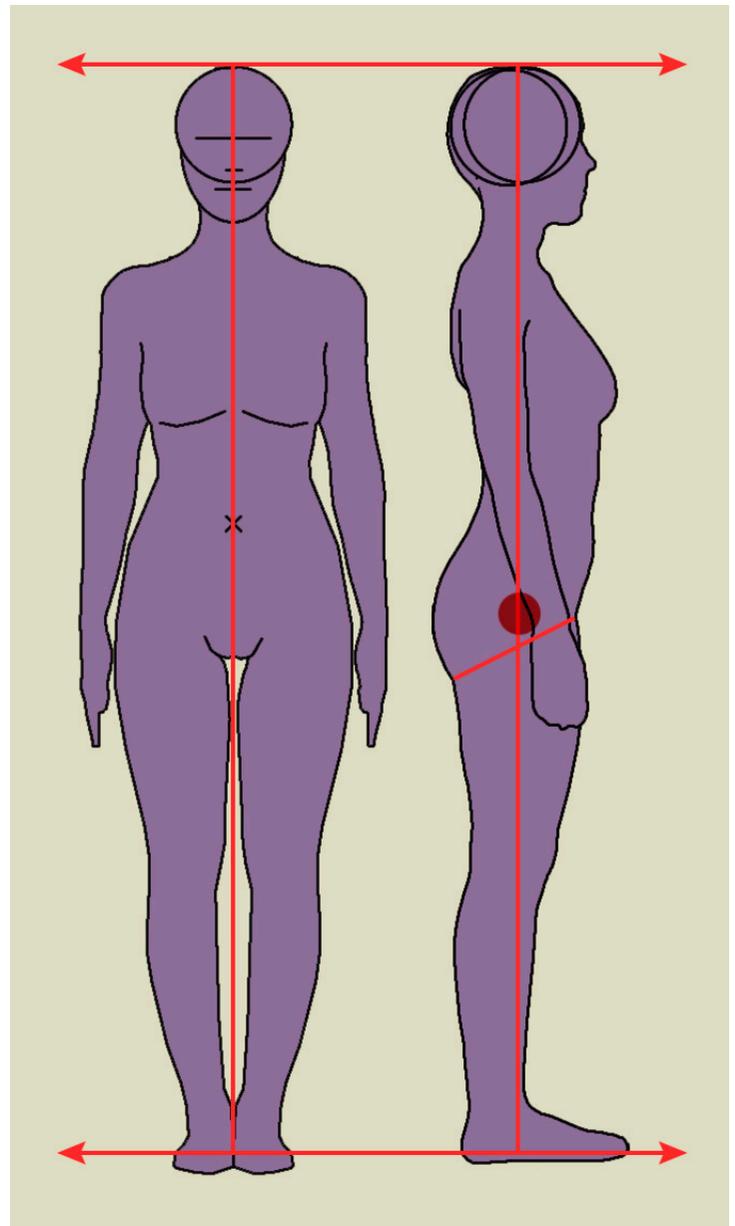
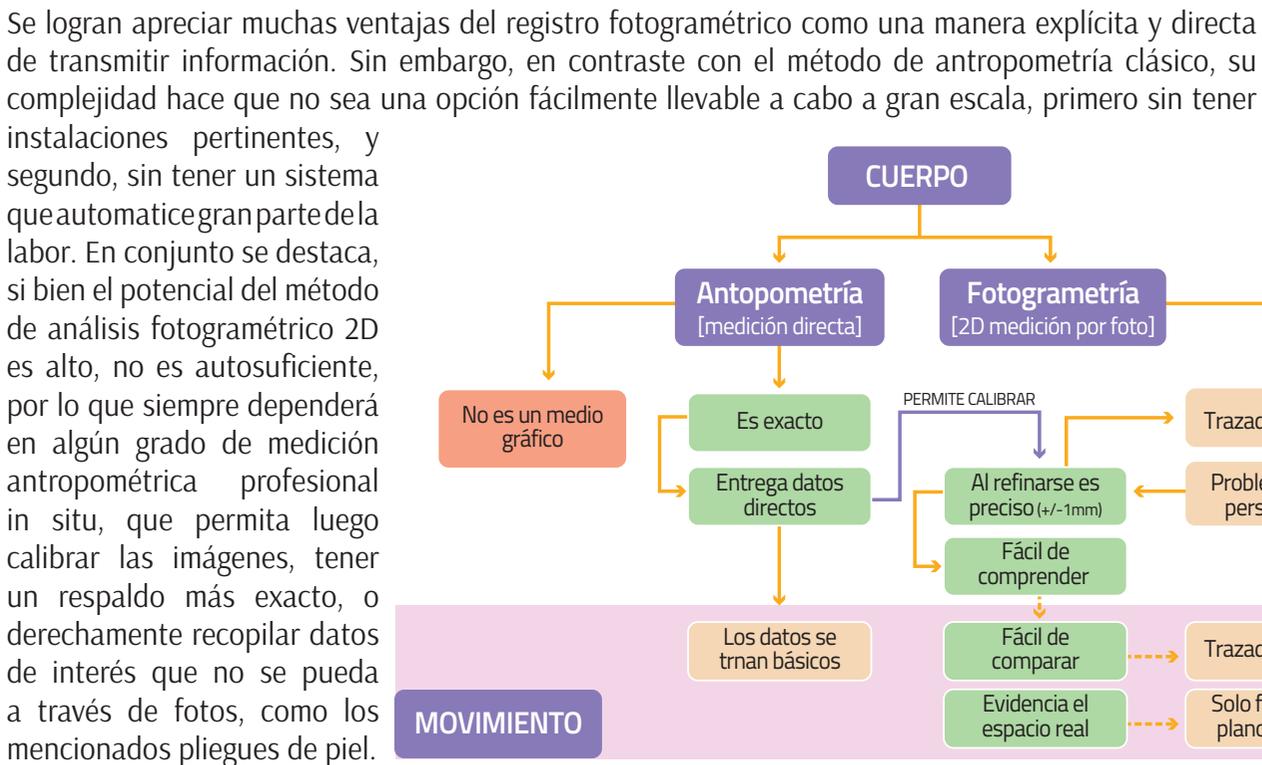


Imagen y - Silueta de voluntaria con ejes resueltos. Se aprecia como se tiene en consideración los elementos que sobresalen a la línea de suelo en su eje de gravedad por perspectiva. Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Estudio y proyección del movimiento de las personas

Como primer paso se evaluó los métodos válidos que permitirían el estudio y proyección del movimiento de las personas, con ello se consideraron los métodos de antropometría (particularmente Kineantropometría), y los de fotogrametría 2D que, si bien se puede calificar a veces más como “fotometría”, es válido de usar cuando el análisis de movimiento es de fotos sucesivas de una acción, lo que elementalmente son fotogramas, elemento que le da el nombre a la afamada versión en 3D. Además, aunque estos no son métodos opuestos, sino complementarios, su comparación es solo una manera de evidenciar preferencia y/o autosuficiencia del uno frente al otro. Dicho esto, se evalúan en el siguiente esquema:



Con esto ya considerado, se procede al registro fotogramétrico descrito anteriormente en un par de voluntarios. Para ello solo se procedió de la misma forma que la sesión de fotos estática.

Se hizo como primer registro el rango de movimiento máximo de las articulaciones, con tal de comprender como es que se comportan sus alcances y como lograr identificar adecuadamente los ejes en de sus articulaciones que, a diferencia de la mecánica de maquinaria, no giran en torno a un único punto. Particularmente, por ejemplo, la rotación de rodilla, donde la unión del fémur con la tibia y peroné es alargada, generando un movimiento más bien elíptico que propiamente circular. Por lo cual, luego de resueltos los rangos y los ejes, se contrastan con los que son proporcionados en manuales sobre esto, como el texto de Panero & Zelnik o más especialmente el texto de kinesiterapia “Goniometría”, así se corroboran y se validan los datos, ya sean los del método o de los textos.

Para esto se hizo una recopilación sucesiva de acciones de abatimiento, particularmente de brazos y codos (frontal y lateral), piernas (frontal y lateral) y rodillas (lateral), mientras para espalda-cuello en registro lateral ejecutando algunas acciones propias de ejercicios de estiramiento. Junto con eso se hizo recopiló además algunas fotos de calibración que serían claves para resolver las elasticidades

Cuadro comparativo 1 - Se compara la necesidad de proyección real de una silueta bidimensional versus el único uso de registros antropométricos para entregar rangos y análisis.

propias de las poses y las articulaciones que no giran sobre un eje perfectamente circular. Una vez hecho el levantamiento de las siluetas de las personas, se procede a identificar en las imágenes los ejes de rotación de las articulaciones. Para esto primero se reconocen los puntos óseos evidentes que los revelan y, ante casos no evidentes como el mencionado eje del fémur con la cadera, primero se calcula de una forma indirecta usando el eje de gravedad y luego se corrobora usando fotos de abatimiento de la pierna, interceptándose los ejes geométricos proyectados de muslos, rodilla y pantorrillas. Los resultados del método son los esperados, su resolución fue óptima con respecto a las medidas recopiladas in situ ($\pm 2\text{mm}$) y los ángulos de movimiento articular coincidieron de una manera muy cercana a los planteados por el texto (desviación de $\pm 1\%$ a 2%). Las imágenes resultantes de esto son las siguientes:

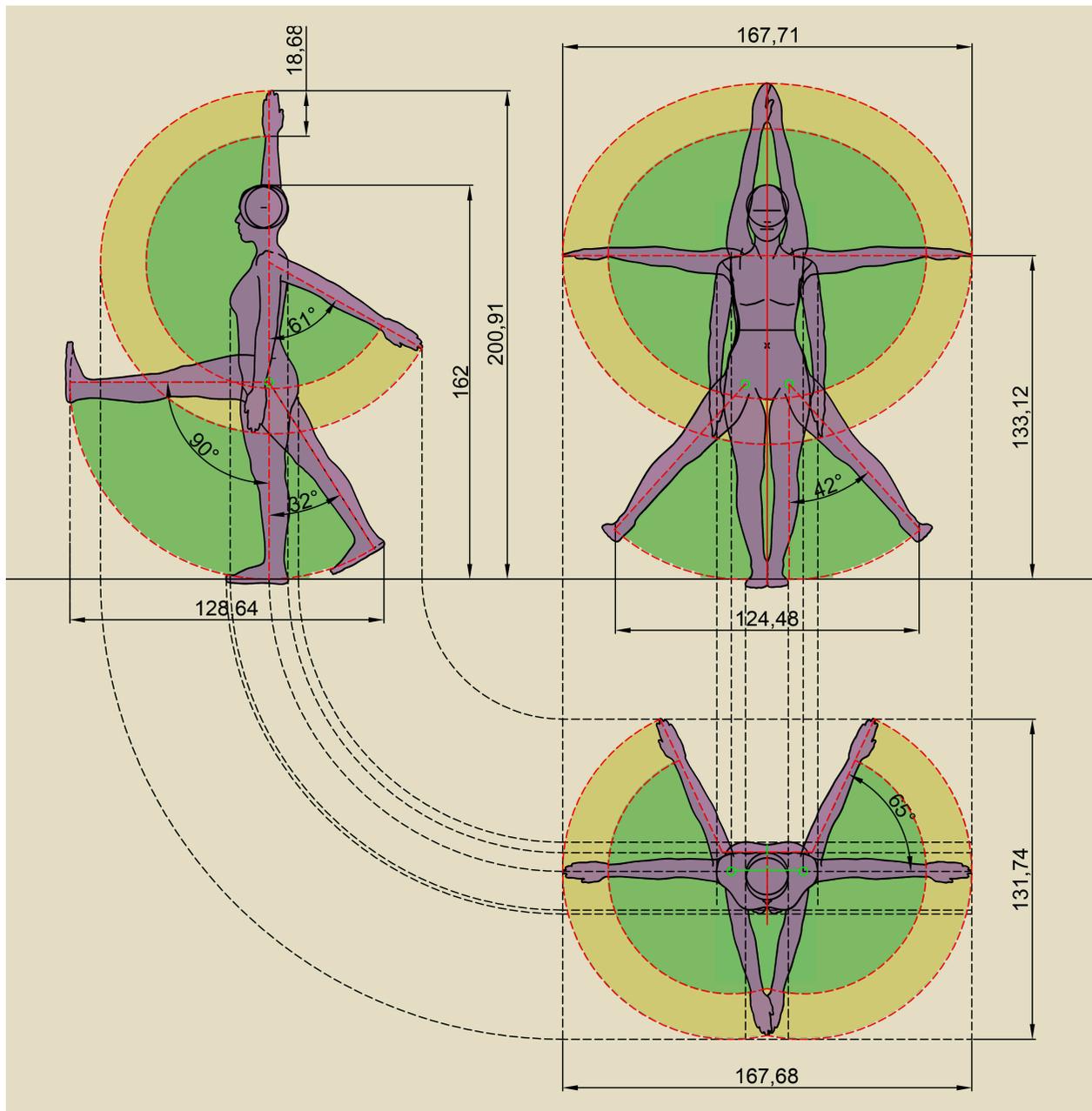


Imagen z - Proyección de los rangos de movimiento basado en los 3 ejes de movilidad de cada plano de la persona. Se contrastan según los rangos definidos en el libro "Goniometría", confirmándose sin problemas. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados, además de ser muy fieles y exactos, logran representar de una manera evidente los rangos de movimiento de la persona, además de sus zonas de alcance máximo. Se aprecia entonces como es que este método sería apto para superponer en planimetrías y con ello evidenciar las zonas en que la persona tendría espacio suficiente para ejecutar una acción, o estaría carente de movilidad ya sea por mueble o elementos estructurales. Este desarrollo es el que será usado más adelante para proyectar la *Burbuja de movimiento 3D*.

Como un complemento no considerado originalmente, se evalúa su potencial de aplicación con respecto a la teoría de proxémica de Edward Hall. Para dar una pequeña introducción de esto, Hall establece que básicamente existirían 4 distancias que definirían las zonas entre lo personal y lo público, las 3 primeras con fases más cercanas (próximas) y más lejanas (remotas) según la relación que se tendría con la persona. Si bien la teoría de Hall es primordialmente usada en urbanismo para definir las relaciones interpersonales y distancias en los espacios públicos, también podría tener incidencias en la antropometría y el espacio habitable. Dicho esto, las distancias establecidas por su teoría son las siguientes:

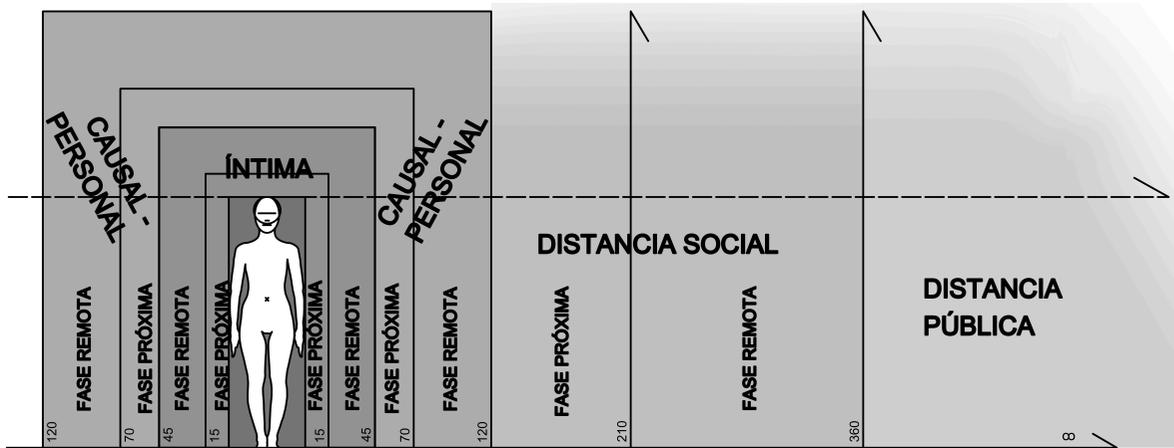


Imagen aa - Zonas o esferas de la teoría proxémica de Edward Hall. Se aprecian como la zona íntima y la Causal-Personal son las que tendrían directa relación con el espacio habitable y alcance de la persona. Fuente: Elaboración propia, en base a su libro "La dimensión oculta" (1966).

Contemplando lo escrito en su libro se encuentra una consideración antropométrica en las deficiones del espacio personal, este, de forma consciente o no por las personas, estaría en parte determinado por los alcances que se tendría sobre su entorno. Esto definiría además de las relaciones interpersonales, las zonas de confort y las aptas para el uso, lo que se demuestra superponiendo ambas zonas calculadas:

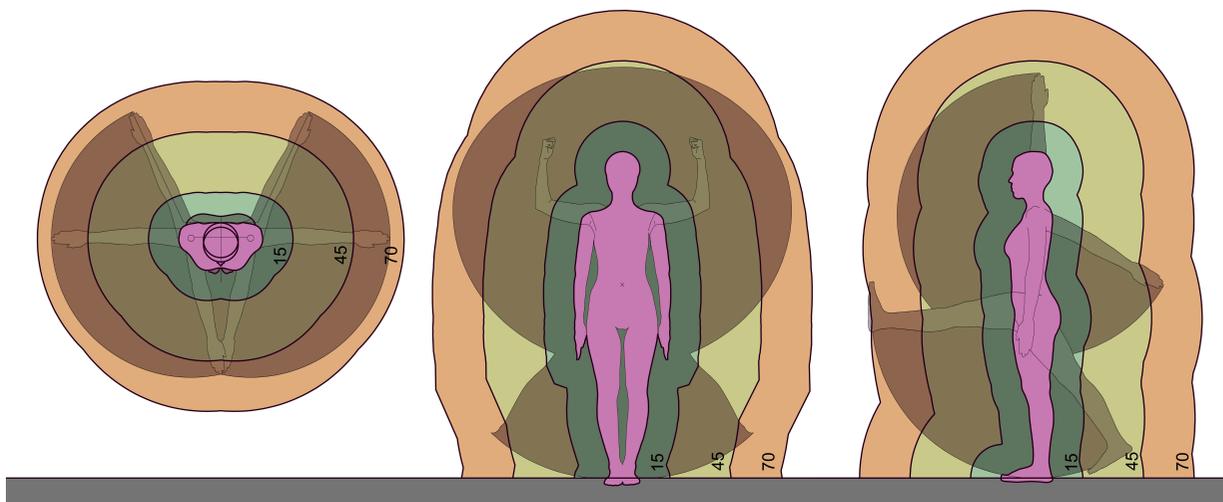


Imagen bb - Superposición de la Burbuja de movimiento de una voluntaria de [1,62m] en los rangos de proximidad definidos por Hall. Se proyectan las distancias de las siluetas del cuerpo en lugar de las clásicas "esferas" dado que es una forma más exacta de trazar distancias iguales y paralelas a cada parte del cuerpo. Fuente: Elaboración propia.

Apelando a una ligera reinterpretación de su propuesta, se puede validar entonces la teoría de proxémica de E. Hall como una del confort espacial basada por completo en parámetros antropométricos. Dado que en este caso la voluntaria de [163cm] coincide de forma exacta con las distancias definidas por su teoría se podría entonces, según el tamaño del cuerpo, adaptarse la definición de las zonas para mantener similares estándares de alcance según las medidas de la persona. Por ejemplo:

- Límite Zona Intima, fase próxima: Alcance dobléz interno del codo
- Límite Zona Íntima, fase remota: Alcance de la muñeca
- Límite Zona Causal Proximal: Alcance del talón

Sin ánimos de cambiarla al redefinir su teoría, sino simplemente restableciendo los parámetros, esta nueva propuesta se podría establecer como una nueva forma antropométrica de cálculo espacial para el cupo de las personas en el espacio habitable. Los alcances que podrían llegar a tener esto en el desarrollo de análisis gráficos son muy prometedores y se explorará en su desarrollo más adelante.

Finalmente, se explora maneras de poder generar análisis de movimientos más complejos durante un rango mayor de tiempo, como lo serían los actos de vivir.

Para esto, usando el mismo método se hace el registro de movimientos dobles o triples, vale decir, movimientos que incluyan más de una sola articulación para así ver que alcances planimétricos tendría la representación de estos.

Se evalúan dos formas de hacer el análisis, la primera, más simple, utilizar los elementos de calibración presentes en la escena para luego superponer los fotogramas del movimiento de la persona, esto generando una imagen de tipo estroboscópica.

No se optó por el método tradicional de una luz parpadeante (estroboscópica) y una obturación de larga exposición, ya que se buscaba, primero, disponer de cada imagen de manera individual, cosa que no sucede estas fotos donde se estampa en una sola foto cada parpadeo automáticamente, y segundo, el obtener cada imagen en alta definición ante la necesidad de evaluación posterior.

Como se aprecia en la *Imagen cc* el resultado de la compilación evidencia de una forma muy clara el trazado en el espacio que utiliza el cuerpo, siendo apto para su uso en conjunto a una planimetría si se vectoriza o se superpone a un plano. Sin embargo, el mayor inconveniente encontrado es que este método es funcional para acciones de la persona situada en el mismo punto del espacio.

Dicho de otra manera, el método -al menos en su forma análoga- no funciona adecuadamente para el registro de movimientos en donde la persona se desplaza desde un punto a otro. Si bien no es imposible, la des calibración de la cámara con los elementos de referencia de la escena por el progresivo cambio de perspectiva al desplazarse siguiendo a la persona hace que no solo sea difícil la compilación, sino que además no se puede aseverar la exactitud lograda anteriormente en los métodos estáticos. Haría falta una instalación especial, con referencias calibradas en toda la escena e instrumentos de registro especializados, para

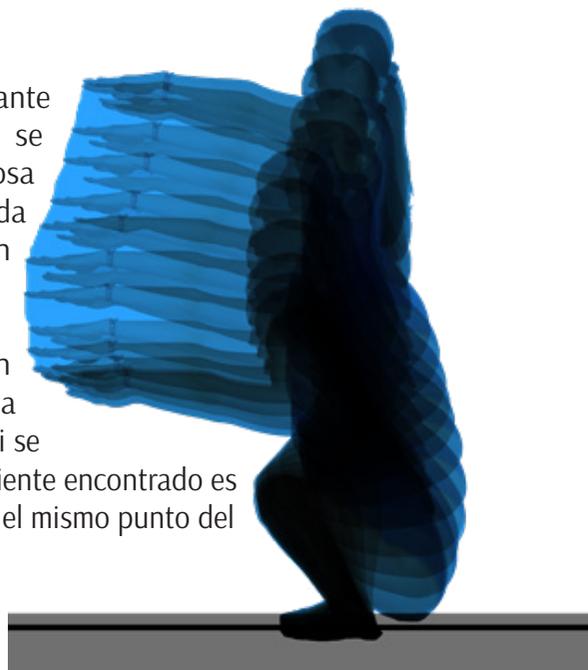


Imagen cc - Collage de superposición estilo fotografía estroboscópica. Se evidencia el espacio ocupado de una persona al hacer una sentadilla y, en este caso, en el texto. Fuente: Elaboración propia

lograr asegurar su fidelidad planimétrica.

En la segunda y última forma de llevar el análisis de los movimientos complejos se hace el trazado planimétrico de la silueta, como ya se hizo anteriormente, solo que esta vez compilando “fotogramas clave” uno a uno para desarrollar una compilación de un movimiento que no fue hecho en una sola toma, como en este caso, es la evaluación de los rangos de alcance máximo que se generan al considerar la flexión de la espalda y piernas en conjunto. El resultado fue el siguiente:

La imagen se resolvió al usar la cabeza como una constante en la pose al ejecutar diferentes ejercicios de flexión, evidenciando los rangos de alcance máximo que resultan al considerar la suma de diversas articulaciones (cuello, espalda, cadera, pierna, rodilla, tobillo). También cabe aclarar, si bien se aparenta alguna ligera similitud de la imagen con una espiral áurea, este no sería el caso, ya que las proporciones no son coincidentes en ninguna sección de circunferencia por lo que solo sería un símil visual.

Esta imagen si bien tiene un uso mayormente referencial y no tanto planimétrico (a menos que se desee proyectar un clavadista o deportista), sirve para demostrar primero, que el método es funcional al hacer esta clase de análisis multiarticular preservando rigor antropométrico y planimétrico, y segundo, que la suma resultante de contemplar la proyección de más de una articulación es sin duda, muy significativa, demostrando la relevancia y necesidad que existe para contemplar la proyección de los movimientos más complejos de las personas y no reducir los análisis de estos solamente para simplificar esfuerzos en base a las posibilidades tecnológicas que se posean.

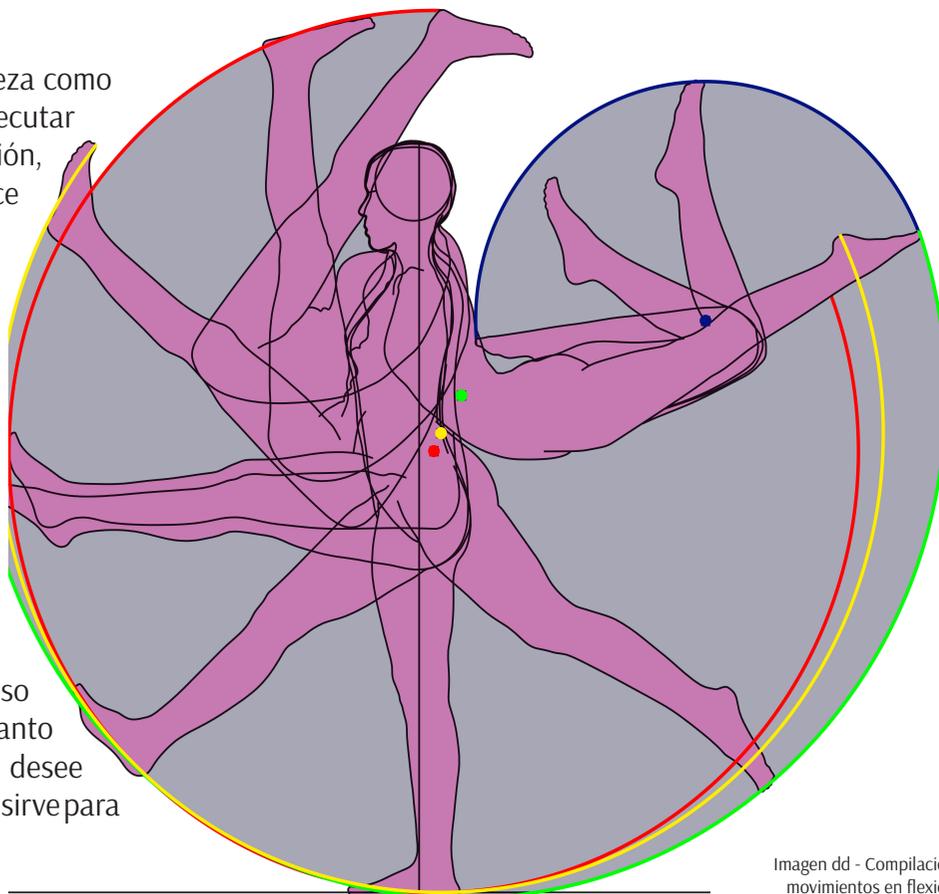


Imagen dd - Compilación de movimientos en flexión de espalda y piernas. Se aprecia cómo los límites externos trazan algunas circunferencias comunes, ubicándose los ejes de todas ellas en zonas de la espalda.
Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Elevación de planimetrías de espacios reales

Luego de evaluar los estándares legales nacionales (e internacionales) sumado al conocimiento de las superficies promedio de las viviendas que se venden hoy en la capital de Chile (*Imagen K*), se buscó casos ejemplares de planimetrías que fueran clara representación de fenómenos de vivienda modernos, entre los cuales se encuentran viviendas en las que además habitan propiamente los voluntarios.

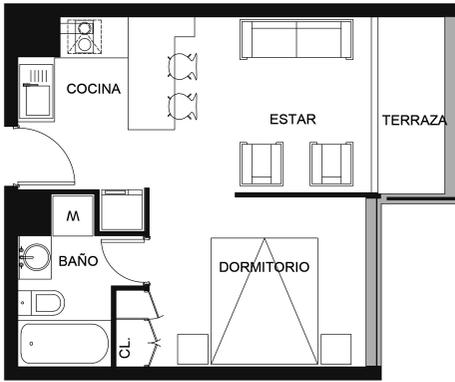
Se analiza entonces, como primera instancia, un ejemplo de vivienda social (D) de antes del 2002, uno de los antiguos casos con metraje inferior a lo actualmente establecido, con 44m² en vez de 47m². Junto a eso 4 casos de departamentos, dos de inicios de los 2000, uno de Santiago centro (C) y uno de Las Condes (E), sumados a los otros 2 que son ambos de Estación Central en década del 2010's (A y B), con tal de comparar sus tipologías, distribuciones y cantidad de superficie.

La relevancia al testear el comportamiento de 5 tipos tan diferentes de viviendas, que poseen una diferencia además en el tiempo, es que se evidencia de inmediato no solo las partes obvias de cómo se tratan los espacios, sino que además permite comprender las prioridades con las que se diseñaron cada una. Además, el poseer casos tan particulares permite explorar de una forma más contundente los fenómenos que se podrían presentar a la hora de comparar el cupo de los habitantes y sus acciones en los capítulos siguientes. Por lo cual, las planimetrías de las viviendas consideradas para su estudio se aprecian en la *Imagen ff*.

La elevación planimétrica de estos fue realizado de forma tradicional usando el programa de dibujo vectorial AutoCAD, contando con los planos oficiales y luego trazándolos en digital (D y E), midiendo in situ y haciendo su elevación (C) y consiguiendo los planos originales de la obra (A y B).

Siendo el análisis y comparación de sus tipologías material de desarrollo en capítulos posteriores, ya al contar con tipologías tan diferentes reunidas en el mismo conjunto de planos se logran dilucidar diferencias claves. Más aún, al utilizar el mismo mobiliario para todas, pese a que algunas tenían la posibilidad de otros de mayor tamaño, permite al ojo comparar la calidad espacial de una manera inmediata e intuitiva. Se aprecia además una preferencia en la vivienda social (D) por los espacios de dormitorio y áreas comunes, reduciendo área de baño, mientras los departamentos A, B y C presentan una reducción generalizada de todos sus elementos, siendo el dormitorio individual la reducción que más resalta a la vista.

Para su elevación 3D se consideró, además de hacer uso de los planos ya trazados para replicarlos en programas de diseño tridimensional, hacer uso de escaneo 3D in situ, lo cual será explorado en el siguiente capítulo.



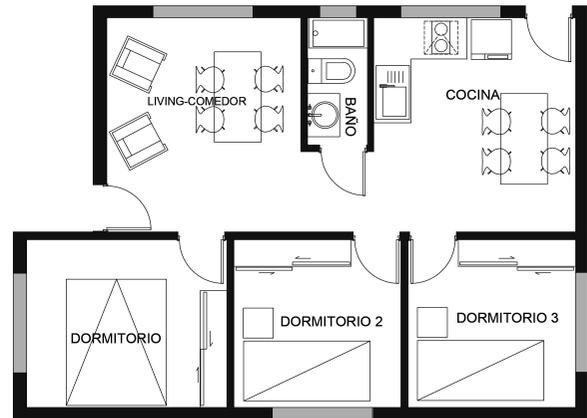
A) $28+2,7=30,7m^2$



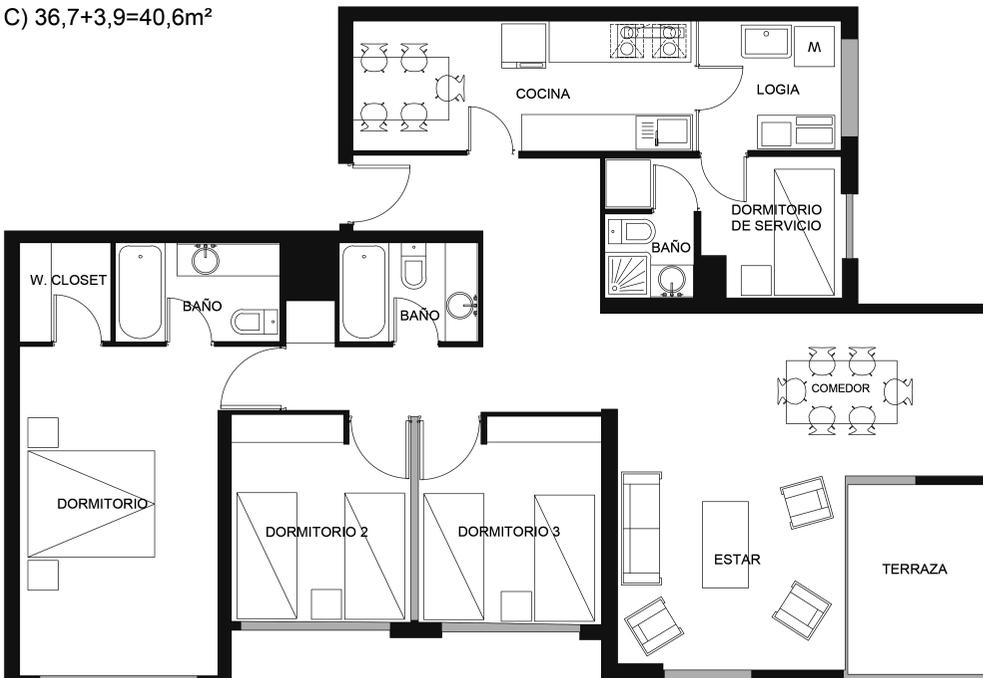
B) $34,5+2,5=40m^2$



C) $36,7+3,9=40,6m^2$



D) $44+0=44m^2$



E) $102+6=108m^2$

Imagen ff - Planos de diferentes tipos de departamentos vs Vivienda social (D). Se ordenan de menor a mayor, manteniendo orientación cardinal con Norte hacia arriba mientras los elementos del mobiliario se preservan iguales en todos los casos para apreciar en igualdad de condiciones a cada uno. Fuente (Elaboración propia)

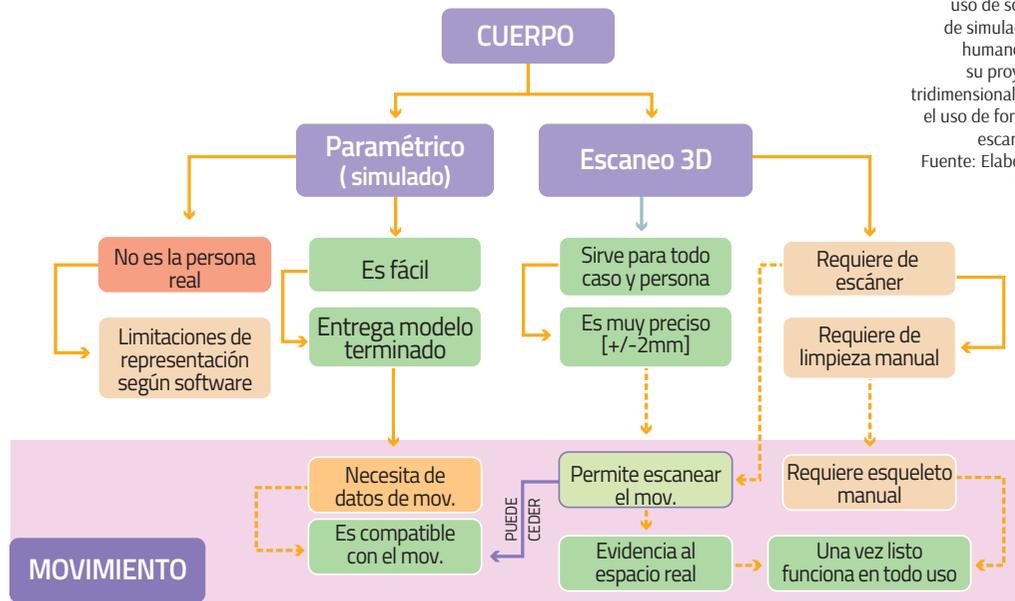


3.2. Proyección 3D de los casos de estudio

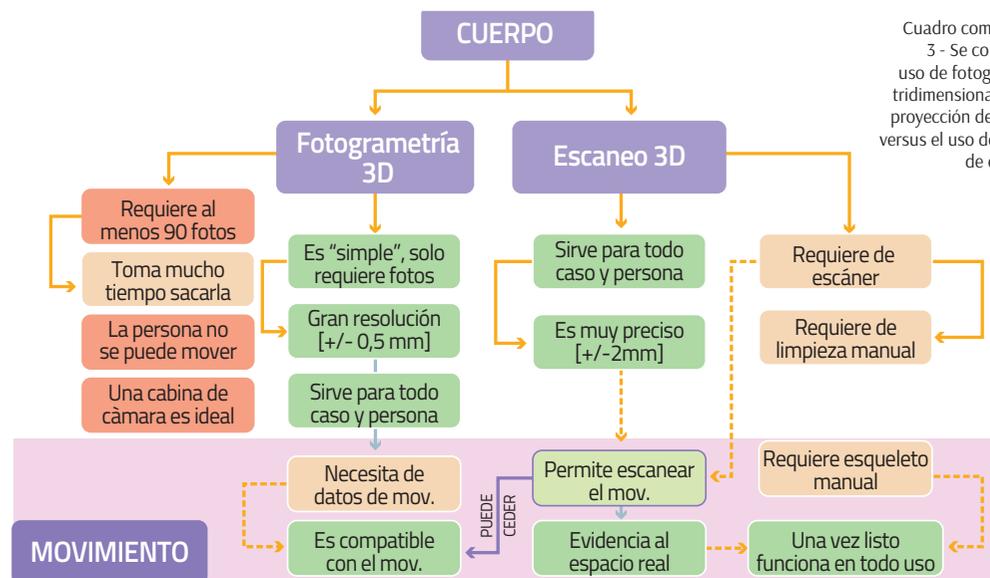
Luego de recopilar y analizar las opciones viables y accesibles para las proyecciones de los voluntarios, se evalúan las ventajas y desventajas propias a cada método de proyección tridimensional. Se hace la división en tres grupos principales, englobándose los sistemas paramétricos a los que cada medida es configurable de forma individual (sean automáticos o configurables), los de fotogrametría a los que analizan un set de fotos (como si fuesen fotogramas de un video), y los de Escaneo 3D solo a los que usan un escáner de luz estructurada, en este caso, nube de puntos infrarrojos.

Con respecto a Escaneo 3D vs. la forma Paramétrica se resuelve que, si bien el método de escaneo posee inconvenientes dado su necesidad de post-procesado, su ventaja a la hora de poder convertir en digital cualquier tipo de cuerpo, en conjunto con la capacidad de escaneo del movimiento, hace que se destaque su relevancia a la hora de desarrollar el método que se busca. Además, si bien se valora la simpleza de los métodos paramétricos, sumado a las posibilidades de automatización para generar o procesar grandes bases de datos, las limitaciones propias de los softwares de este tipo siempre son un “gran pero” al momento de considerar los casos más atípicos, derechamente excluyéndolos dado que para parametrizar los cuerpos se deben de simplificar las formas.

Con respecto al método de Fotogrametría 3D vs Escaneo 3D se resuelve que, si bien la cantidad de post-procesado requerido es mucho mayor en el modo de Escaneo 3D, siendo casi nulo en uno de Fotogrametría 3D bien resuelto, esto no es un gran impedimento en comparación a la complejidad de la estructura ideal necesaria para poder registrar 90 fotografías simultáneamente. Sumado a esto, se rechaza la idea de registro manual dado que el intervalo calculado



Cuadro comparativo 2 - Se compara el uso de software de simulación de humanos para su proyección tridimensional versus el uso de formas de escaneo 3D. Fuente: Elaboración propia.



Cuadro comparativo 3 - Se compara el uso de fotogrametría tridimensional para la proyección del cuerpo versus el uso de formas de escaneo.

entre fotos (de calidad) varía entre 4-5seg. o más, dependiendo la cámara y el ajuste del fotógrafo en la escena, dando un estimado de 6-7min en donde la persona debe mantenerse estática, con movimientos menores a la resolución del método, en este caso 0,5mm, cosa básicamente inviable. Además, se destaca la imposibilidad de hacerlo a través de video, dada la distorsión cinética que se puede presentar entre fotogramas clave y la pérdida de información gracias a la compresión que sufren los formatos de video al ser almacenados, lo que genera dificultades al programa en la reconstrucción de la escena en 3D.

Todo en contraste a que una sesión de escaneo 3D (~1:20min) dura menos que el registro de todas esas fotos y, si bien el escaneo por partes requiere un post-procesado manual que demora unas horas, al confirmar con las mediciones antropométricas in situ se demuestra que la fidelidad del registro no se ve comprometida, dando una resolución de buena calidad ($\pm 2\text{mm}$) la cual se ha demostrado apta incluso para su uso en diagnóstico médico (Pöhlmann et al. , 2016).

Se usa, por lo tanto, un sensor *Microsoft Kinect V1*. Como se ve en la *Imagen gg*, el sensor funciona a través de emitir una proyección de millones de puntos “semi - azarosos” cuyo patrón es conocido, calculando las desviaciones en el patrón el sensor comprende el volumen del entorno y a la distancia que están cada elemento de este.

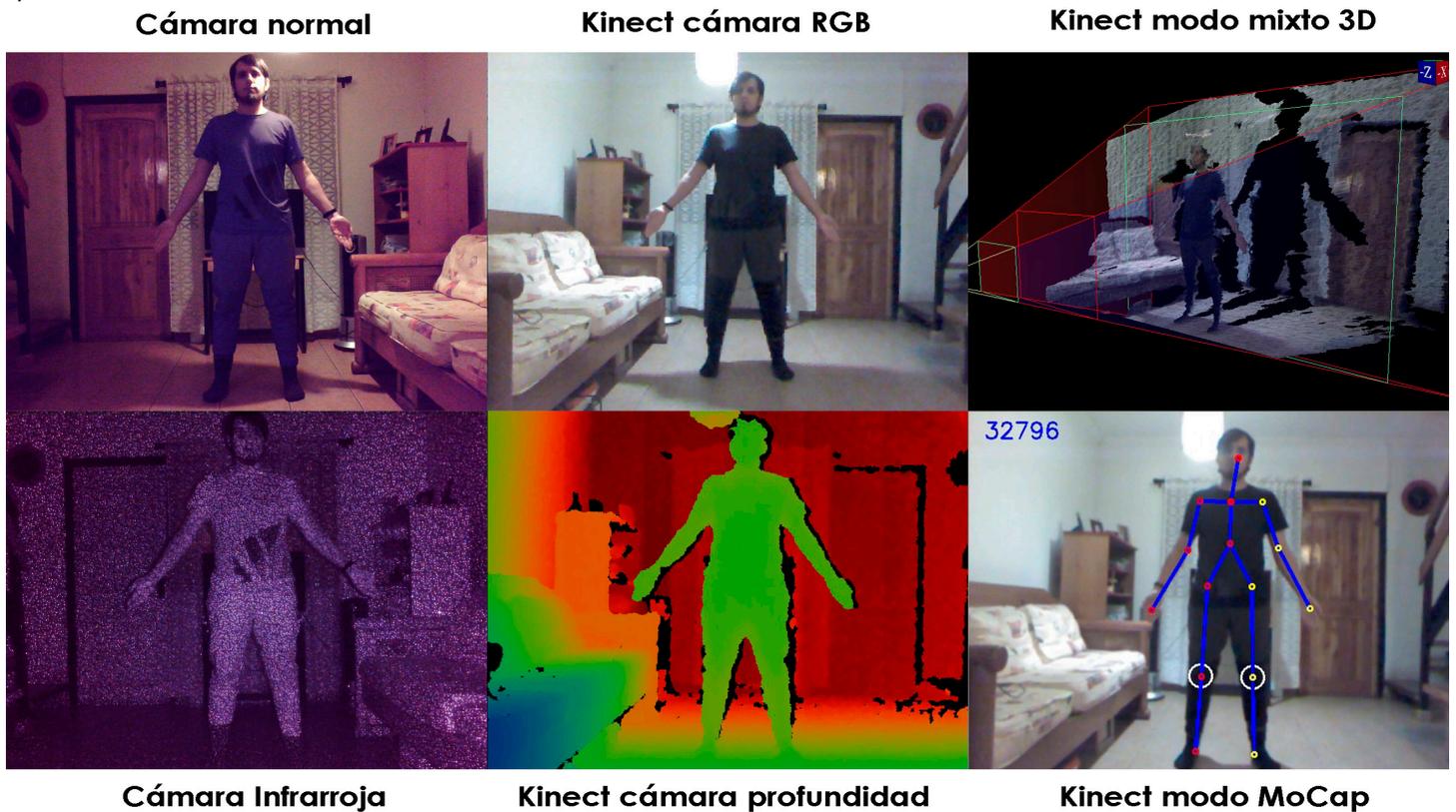


Imagen gg – Modos de funcionamiento de la Kinect. A la izquierda se aprecia como se ve su funcionamiento a través de una cámara normal, y evidenciado por una cámara infrarroja se puede hacer visible su forma de operar a través de la proyección de nube de puntos. Las imágenes en el centro y la derecha se ve cómo funciona a través de los softwares, evidenciando la versatilidad del sensor para el registro de los diferentes elementos según se necesite. Fuente: Elaboración propia.

Además de reconocer los volúmenes de los objetos, el sensor reconoce automáticamente las figuras de forma humana, lo que se evidencia a través de su modo MoCap (captura de movimiento) ubicando un esqueleto virtual sobre la silueta de la persona. En este modo el sensor es capaz de registrar los datos del movimiento de la persona sin necesidad de agregar elementos añadidos, como imagen,

audio, o volumen, por lo que los programas que pueden usar el sensor para registrar el movimiento generan un archivo de extensión (.bvh), el cual es muy eficiente, de bajo peso y de alta compatibilidad con diversos programas de animación como los son *Blender* o *3DMax*.

Comprendidos estos antecedentes se procede entonces a hacer uso del sensor Kinect V1 para el escaneo tridimensional de los voluntarios y sus movimientos.

3.2.1. Escaneo y proyección de los voluntarios en 3D

Luego de evaluadas las posibilidades se hizo diversas pruebas para poder así comparar las virtudes y problemas de cada una de las tecnologías. Los resultados fueron los siguientes:

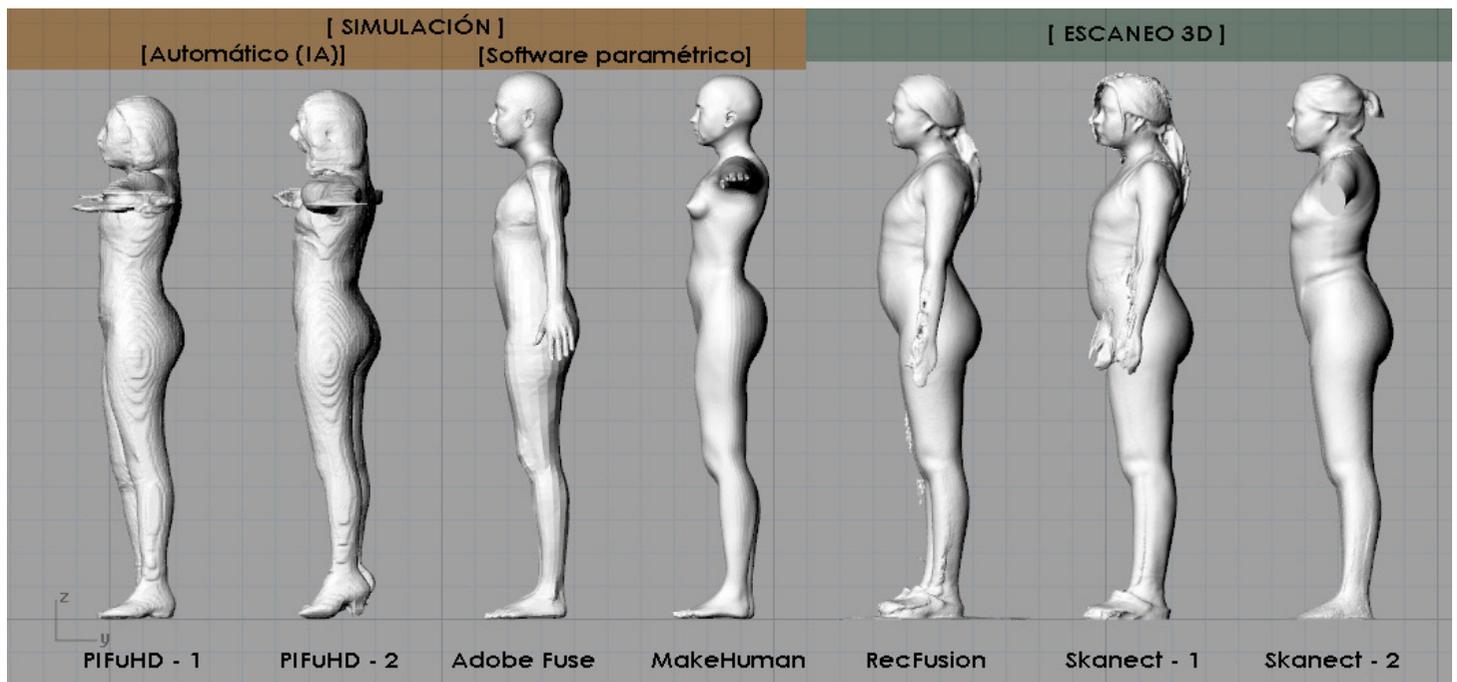


Imagen hh - Comparación de primeros intentos con diferentes softwares de modelado de personas reales. Se aprecia la calidad de los escaneos 3D reales versus los otros métodos. Se aprecia como es el método de escaneo una vez refinado es considerablemente superior a los demás. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a *PIFuHD*, si bien la inteligencia artificial solo necesita de 1 foto para proyectar un cuerpo en 3 dimensiones, aunque la imagen usada fue de alta resolución y limpiada (según las indicaciones) para que no tuviera elementos de la escena, los resultados fueron muy variables, incluso entre fotos prácticamente idénticas. Una desventaja además es que, si bien la silueta general del cuerpo estuvo relativamente bien resuelta, los problemas con los brazos y rostro/cabeza fue una constante, además, la IA tiende a poner por defecto tacones a los casos femeninos, lo que no es correcto para estas situaciones. Ergo, si bien es una tecnología experimental y prometedora, su estado actual no permite ser utilizada para el levantamiento 3D automatizado de casos de estudio antropométrico.

En cambio, en los casos de *Adobe Fuse* y *Make Human* los resultados fueron más adecuados a lo que se esperaría para ser usable en un método con arquitectura. Para ambos casos se usó fotografías recopiladas del método 2D para configurar las vistas lateral y frontal de los programas y así editar los parámetros con tal de hacer coincidir las siluetas. Se reconocen los resultados como

“suficientes”, ya que las siluetas al respetar las medidas antropométricas de interés arquitectónico, se mantuvieron suficientemente fieles y coherentes a la realidad. Sin embargo, en lo que respecta al desempeño de emular por completo las características más específicas del cuerpo, como en el caso de la *Imagen hh* donde la voluntaria tiene una ligera lordosis, ambos programas mostraron limitaciones en su capacidad de emulación. Por lo tanto, se reconoce su posibilidad de ser usados para representar casos de una forma simple y con cierto grado de rigor antropométrico, más no cómo una forma de generar estudios científicos serios y/o relevantes para estudiar la proyección espacial del movimiento de los cuerpos.

Finalmente, con respecto a los métodos de escaneo, luego de comprender más a profundidad y pulir sus capacidades se consiguió lo deseado. De los dos programas considerados, *Skaneect* y *RecFusion*, ambos generaron problemas al tratar de escanear el cuerpo completo de la voluntaria, el factor en común fue la duración del tiempo de escaneo. Mientras más extendido sea este, más problemas de desfase generará, esto aparentemente debido a las ligeras diferencias entre fotogramas al rodear a la persona producto a los temblores distales al estar quieto. Por lo mismo, se resuelve escanear a la persona en 3 partes para luego ser unificadas: Piernas y caderas, torso y cabeza, brazos y cabeza.

Para evitar los temblores distales de los brazos se colocó una superficie a la altura adecuada para la pose, esta superficie al ser plana luego es fácilmente borrable. De los dos programas se eligió el software *Skaneect*, dado que preserva un mayor conteo de polígonos (mayor resolución) y no generó problemas al retomar sesiones de escaneo previas, cosa que si pasó con *RecFusion*. Los escaneos por partes fueron unificados en el software propio y gratuito de Windows 3D Builder, las “suturas” de las uniones fueron procesadas en el software de Autodesk *Meshmixer*, ambos softwares usualmente usados para la edición e impresión 3D.

Un hecho peculiar al proceso se puede apreciar en la *Imagen hh*, donde entre ambas versiones de escaneo (*Skaneect* 1 y 2) pasó un intervalo de tiempo en que la voluntaria fue a sesiones de kinesioterapia para tratar la desviación lumbar (lordosis) mencionada. La diferencia entre la curvatura de la espina dorsal es evidente entre ambos escaneos, lo que confirma de primera fuente los artículos médicos que validan a este proceso de escaneo para su uso médico gracias a su alta resolución y fidelidad. (Pöhlmann et al. , 2016)

Como se mencionaba anteriormente, debido a motivos de pandemia, sumado al tiempo de procesamiento que se hubiese requerido versus los plazos propios de este trabajo, no se logró concretar todos los casos de estudio planeados, en donde se contemplaba en un inicio tener casos de estudios de los percentiles P5, P50 y P95 de ambos sexos. Si bien se logró dar con voluntarios de cada caso, por motivos de periodos alternantes de cuarentenas comunales solo se alcanzó a concretar cita con los casos P5 y P50 femeninos y P50 masculino, ante lo cual, para preservar la simetría del estudio solo se usarán los casos P50. Esto acorde a los registros más actualizados con los que se cuenta, según los datos del Ministerio de Salud en el 2018 corresponderían a [163cm] para el caso femenino y [176cm] para el masculino. Dicho esto, el proceso descrito se resolvió de la siguiente manera:

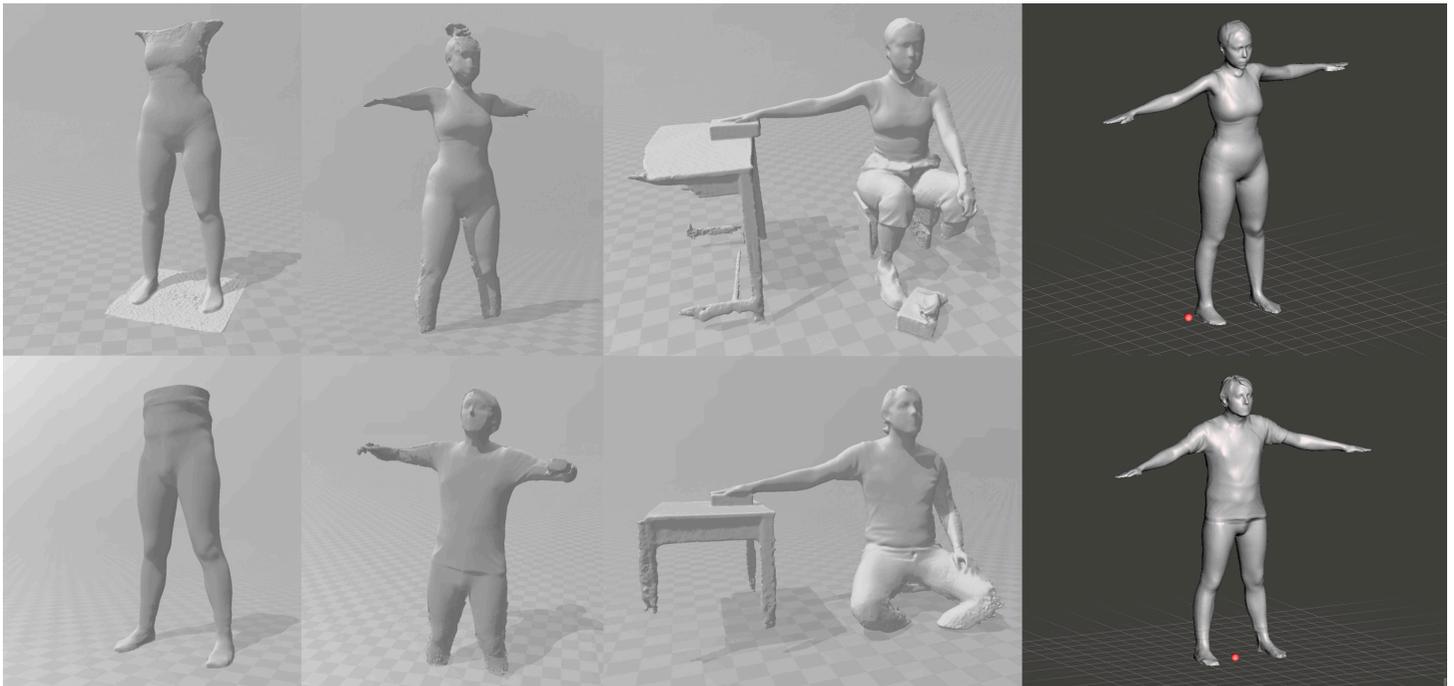


Imagen ii - Escaneos por parte para piernas, torso, cabeza y brazos en 3D Builder. A la derecha se muestra su unificación ya concluida en Meshmixer. La alta fidelidad de las partes escaneadas permite su fácil y correcto posicionamiento y unión. La "Pose en T" con palmas hacia abajo es un estándar dentro de los softwares 3D y de animación, por lo que se opta por ella. Fuente: Elaboración propia

Una de las grandes ventajas del método es que el escáner al saber con certeza distancias y volúmenes, asigna inmediatamente la escala correcta a los escaneos, teniendo todas las medidas ya incluidas y a la correcta a escala (milímetros en este caso). Con esto se confirmó con los datos antropométricos recopilados in situ dando las medidas solo con, en el peor de los casos, con 1 a 2% de desviación, cosa que se puede atribuir a aspectos de la pose o elasticidad del cuerpo. Con ello se entiende y se confirman los motivos por el que se está usando un método similar, y con la misma tecnología de escáner infrarrojo, actualmente en Argentina para hacer el registro antropométrico automatizado de su población. La alta fidelidad y eficiencia del proceso, más aún si está resuelto desde una interfaz automática, revela todo el potencial de su uso y que efectivamente se está ante uno de los procesos que marcará un antes y un después en las disciplinas de proyección humana.

Como una exploración final al método de escaneo, se trató de hacer un levantamiento inmediato en 3D de una habitación, con tal de poder posicionar a los modelos en sus exactos espacios. Sin embargo, las limitaciones de la capacidad del computador que se use en el escaneo son un factor no menor para considerar, ya que la cantidad de polígonos que genera una escena es muy elevada, y hacer su levantamiento en muchas secciones pequeñas a unir complicaría aún más el proceso. Se trató además de hacer la elevación por fotogrametría usando el software *MeshRoom*, dado el que no hay impedimentos de movimiento en una escena estática, más nuevamente el impedimento de la capacidad del computador generó problemas, resultando en demasiadas horas de procesamiento que no dieron fruto satisfactorio. Sin embargo, como se ve en la *Imagen jj*, se presenta un resultado parcial, en la sección de habitación escaneada todo está a la escala al igual que la persona escaneada, demostrado que se podría de tener mayor poder de procesado.



Imagen jj - Escaneo 3D de la sección de una habitación. Los resultados son de buena calidad, pero la complejidad de una escena grande requiere mayor poder de procesamiento, o equipo especializado como escáneres tipo Lidar. Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Registro del movimiento de los voluntarios al usar el espacio habitable

Como primera instancia, retomando lo expresado en la metodología bidimensional, se evaluó la realización del registro 2D de los movimientos de voluntarios para su uso en planimetría, y si bien se considera factible, esto tuvo varios “peros” y complicaciones.

Tomando en consideración el método de registro antropométrico 2D propuesto y demostrado, se trató de extrapolar para el registro temporal del individuo, a través de video o fotografía de larga exposición, con tal de registrar las acciones del vivir. Los resultados no fueron satisfactorios y se descartaron, e inclusive usando el método análogo de foto a foto no se logró asegurar del todo su validez para planimetría, con esa experiencia como base se exploró la naturaleza y eventual solución al problema.

La mayor complicación radicó en que efectivamente es necesaria una instalación especialmente dispuesta para el registro de las acciones. Dado que la vida y sus acciones no se resuelven en un medio bidimensional la manera adecuada sería, no solo generar una escenografía donde las paredes no sean un obstáculo visual, sino que además se cuente con cámaras especializadas con estabilización vertical y horizontal que puedan seguir constantemente (y/o automáticamente) a la persona, dejándola siempre en el centro del enfoque con tal de evitar las mencionadas deformaciones por perspectiva. Esto incluye, además, permanecer también a una distancia constante de la persona, acompañando su movimiento también cuando se desplace hacia la profundidad de su campo visual.

Por lo cual, la escenografía teórica para registrar movimientos en planimetría debería ser de una habitación tipo, con al menos dos paredes contiguas faltantes, con 2 cámaras de seguimiento simultáneas que registren el movimiento de la persona -una para cada eje de elevación- y otra que puede ser estática ubicada sobre el zenit de escena para registrar el movimiento en planta. Cada cámara estando al menos 4 metros de distancia del objetivo para ser al menos “suficiente” (siendo ideal 7 metros), como se destacó con anterioridad.

Todo esto como una preparación para luego generar imágenes similares a la *Imagen cc*, donde se haría una compilación estilo composición estroboscópica de los movimientos realizados y así ser llevados a su expresión en planos.

Se comprende entonces como un método factible, eso sí entendiendo que, ante la necesidad, el esfuerzo solo se vería justificado en la posibilidad de hacer un análisis a gran escala, para lo cual se retoma el ideal de incluir procesos que automaticen el registro dada la gran cantidad de post - procesamiento que implicaría traducir tanta información a su modo planimétrico con tal de generar un estudio transversal de la forma de vivir.

En lo que respecta al movimiento al registro del movimiento 3D, no se vieron las mismas dificultades. De las opciones contempladas en un origen, se evaluaron y se resolvió que las de análisis de video eran más apropiadas o cercanas a lo que sería un método como el evaluado para el registro bidimensional y no para el 3D. Por lo cual, de los softwares testeados se eligió *OpenNi MoCap*, dada su simple interfaz, sumada a la posibilidad de reconocer profundidad gracias al sensor de nube de puntos infrarroja y de poder usar más de un periférico simultáneamente para evitar errores en la captura.

Con eso se hizo pruebas de registro de movimientos con el programa dando resultados parciales pero adecuados. Al usar 2 escáneres el programa generó un mayor desempeño que solo con uno, dado que en movimientos donde el cuerpo gira usualmente se pierde el rastreo de los miembros ocultos, lo que no ocurre con 2 escáneres. La interfaz correspondería a lo que se ve en la *Imagen gg* en el modo MoCap y si bien el programa es en extremo simple (solo esa imagen en pantalla), y que los archivos se empaquetan en pequeñas secciones sucesivas, los resultados luego de analizarlos fueron satisfactorios. Esto es buen indicio para optar luego a tecnologías MoCap más profesionales y costosas de mayor fidelidad, como trajes con sensores incorporados.

Luego de la captura, para poder articular el modelo 3D escaneado hace falta unirlo primero con el “esqueleto” que le dará movimiento, proceso denominado *Riggeo* o *Rigging*, será luego este esqueleto el que al seguir las indicaciones registradas en el archivo MoCap deformará el modelo a su alrededor para dar movimiento a, en este caso, la persona.

El proceso de rigging puede ser hecho de forma manual en programas como *Blender*, pero dado que el proceso ya está automatizado por varios distribuidores, se recurrió a la plataforma *Mixamo* de *Adobe*, ya que es una de las más recomendadas en el medio, debido a sus eficientes resultados, sencilla interfaz y ser de uso libre. Para subir a la plataforma

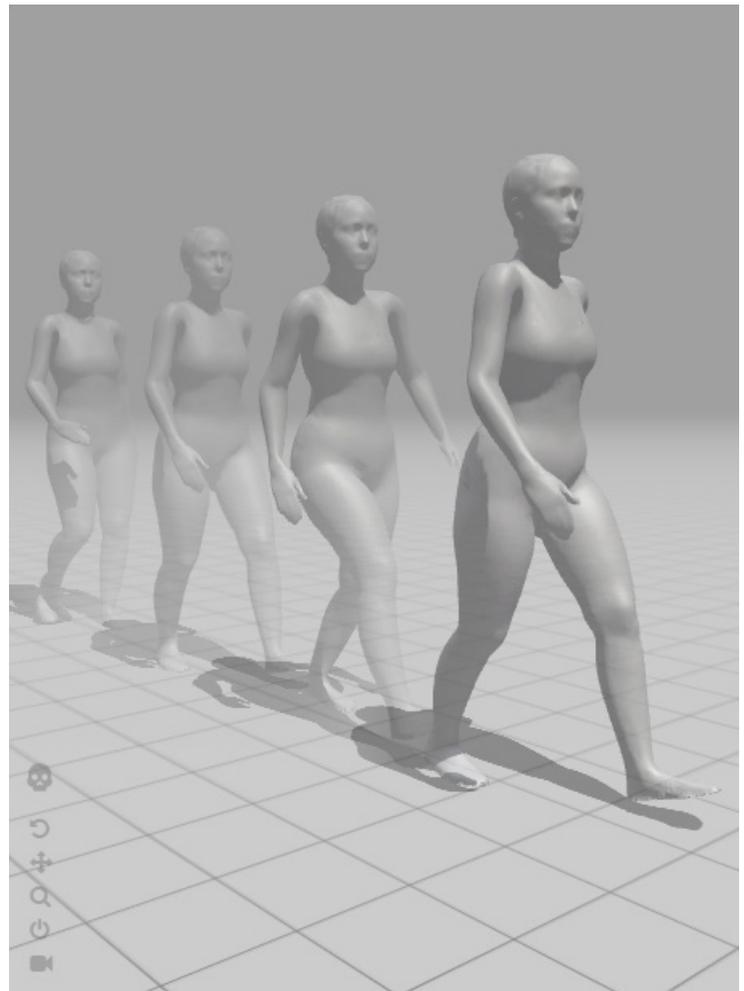


Imagen kk – Collage de superposición de fotogramas del modelo femenino caminando, uno de los movimientos disponibles del catálogo en Mixamo. Fuente: Elaboración propia

el archivo del escaneo, dada su alto conteo de polígonos (sobre 1 millón) hizo falta primero reducir un poco su resolución. Usando el programa *Blender* se redujo la cantidad sin alterar la geometría, llegando a 50.000 polígonos, cantidad óptima para ser manejada y aún poseer alta resolución.

Como ventaja adicional, como se aprecia en montaje de la *Imagen kk*, la misma plataforma ofrece una biblioteca de movimientos predefinidos a libre disposición. Con ello se comprende que se puede entonces, además de grabar el movimiento, optar a obtener archivos de movimiento de diferentes fuentes, o incluso generar una base de datos especializada para recopilar los actos del vivir y con ello procesar el comportamiento de diferentes cuerpos en el espacio ante la misma acción.

3.2.3. Proyección de la burbuja de movimiento

Una vez resueltos los rangos de movimiento se procede a elevar tridimensionalmente la burbuja de movimiento para explorar su uso en softwares en modo estático (sin animación), como lo son gran parte de los que se usan en arquitectura.

La conceptualización de la burbuja de movimiento nace de una forma abstracta, común en la enseñanza de la arquitectura, para referirse al potencial del rango de movimiento del espacio que una persona, o al espacio usado directamente al realizar una acción.

En la forma de “potencial” se considera símil al planteamiento de la Kinesfera de Rudolph Laban, arquitecto de formación que se dedicó y sentó las bases de la danza moderna. En la *Kinesfera* se evidencian los alcances y las zonas a las que puede llegar un bailarín con tal de expresar algo con su cuerpo, para lo cual inventa la *Coréutica* (forma de llevar los movimientos de danza a un lenguaje registrable, como una partitura).

La única diferencia entre la Kinesfera y la burbuja de movimiento es que la primera es, valga la redundancia, una esfera, ya que reconoce la posibilidad de rotación del bailarín. En cambio, la burbuja en su forma de uso estático se conceptualizaría, en propias palabras, como el potencial de volumen máximo trazable desde de una persona al ejecutar cualquier movimiento simple (de solo 1 articulación).

Con esto contemplado se hace empleo de las elevaciones bidimensionales generadas sobre los rangos de movimiento de los voluntarios. Se siguieron los siguientes pasos:

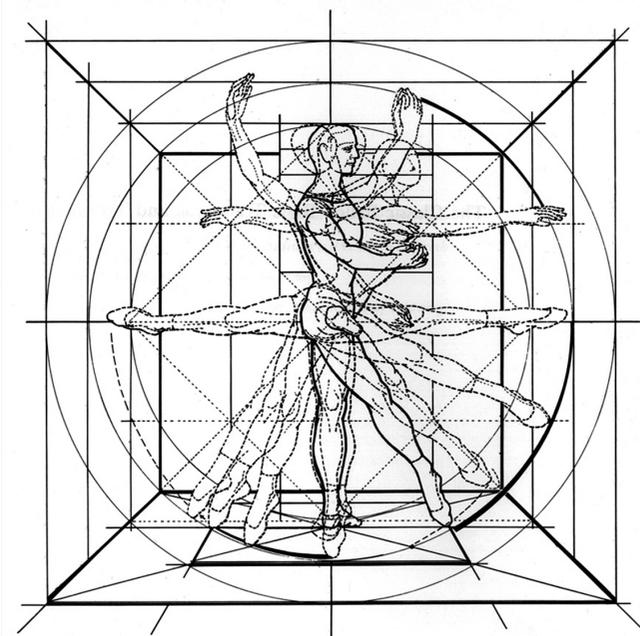
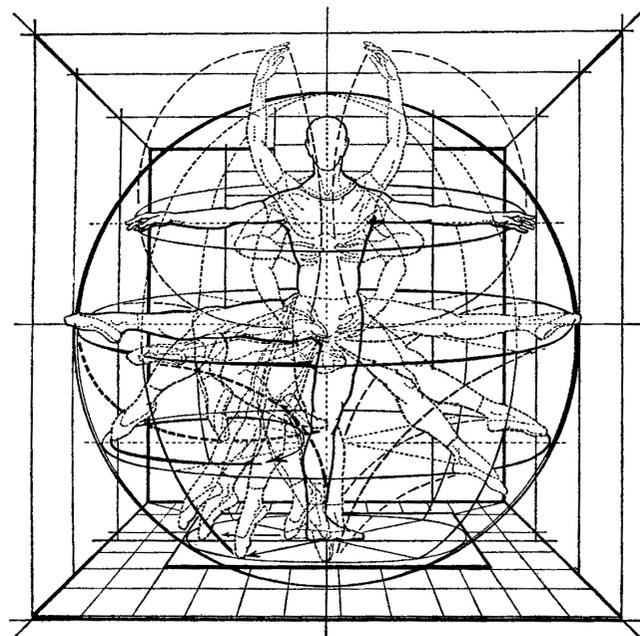


Imagen II - Kinesfera de Laban. Se reconocen además diferentes esferas de niveles de alcance en los movimientos según la pose, al estar situado en un solo punto. Fuente: (Mixta, 2021)

- Una vez que ya se cuenta con todas las siluetas de rango máximo trazadas (una para cada vista, separando rangos de miembros superiores e inferiores), como se aprecia en la *Imagen mm*, se exporta de *AutoCAD* a *Rhinoceros* para hacer la elevación tridimensional.
- Se usa las líneas de referencia para los ejes (en verde en Imagen mm) para hacer coincidir las diferentes formas irregulares.
- Una vez ya extruidas las siluetas se procede a hacer diferentes “Operaciones Booleanas” intersecando a los volúmenes resultantes para dar con la hemi-burbuja inferior y la hemi-burbuja superior, que finalmente se unifican en una sola.

Esta forma análoga de cálculo solo permite priorizar las formas más elementales de movimiento, por lo que solo se proyecta con base en la articulación principal del miembro, vale decir, solo hombros y pelvis para dar abatimiento triaxial-triplanar a brazos y piernas. Conjunto a esto se comprende que registrar la trazabilidad de movimientos considerando doble, triple, o más capacidad de movimiento según articulaciones menores en las extremidades implica una compensación de la postura para su equilibrio, como es planteado en la ilustración de la Kinesfera, para lo cual sería necesario además de los métodos explorados de captura de movimiento, una forma de trazar en el espacio el volumen usado por los movimientos, lo que se espera explorar y resolver más adelante.

También se descartó el movimiento posible de la espalda en flexiones frontales y laterales, ya que si bien su movilidad no es menor (40° hacia der. e iz. en Vista frontal ; 80° flexión abdominal y 30° flexión lumbar en Vista lateral), los movimientos de esta naturaleza no son utilizados en situaciones de permanencia, dada fatiga inmediata del músculo, o más seriamente por contraindicación de posible daño a largo plazo; vale decir, si bien los movimientos de la columna son relevantes y considerables, su uso está ligado a situaciones de uso transitorias, más no de labores propiamente ergonómicas, por lo que si bien influyen en el potencial máximo de alcance, como se demostró en la *Imagen dd*, su uso eventual no es representativo en este tipo

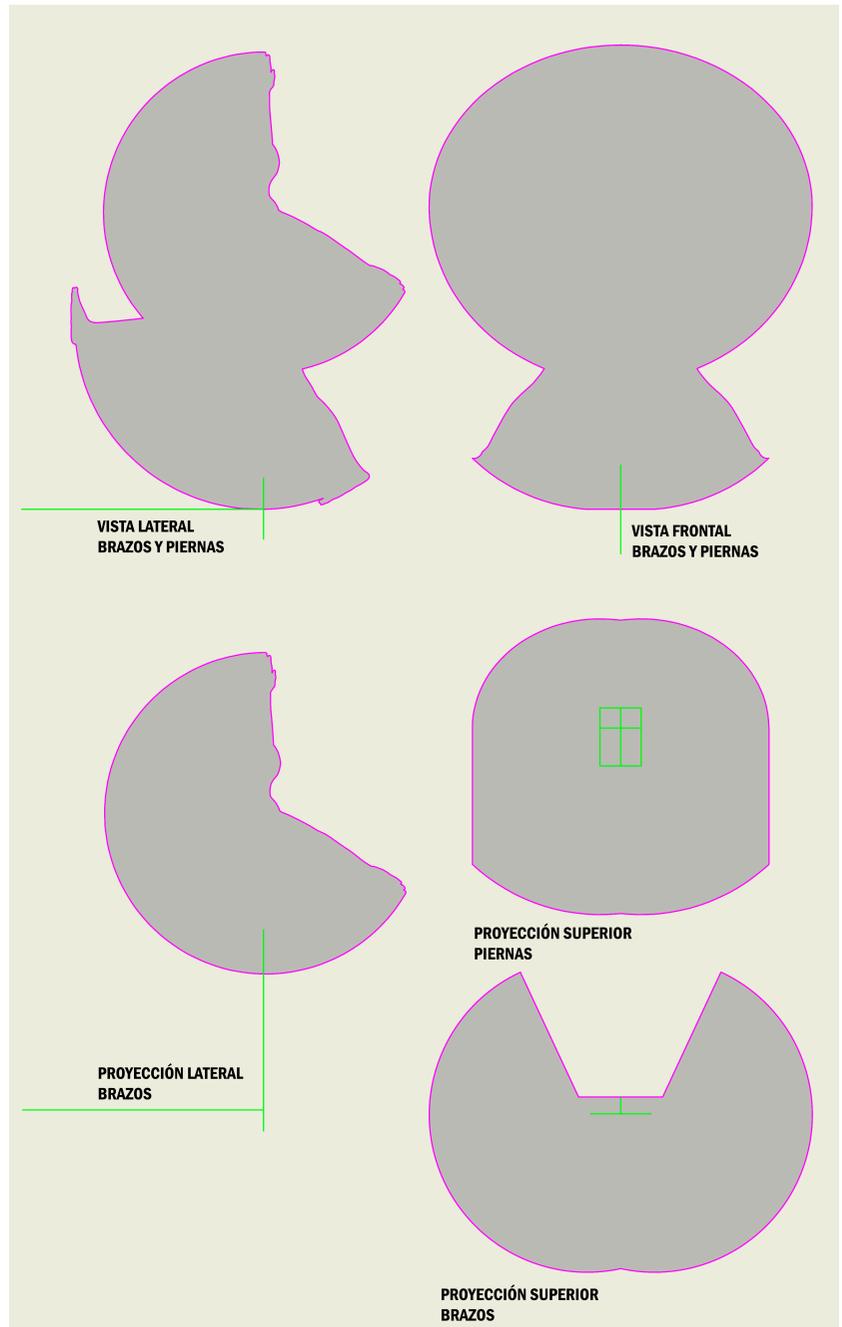


Imagen mm - Siluetas proyectadas del movimiento articular en cada eje, usadas para hacer la elevación de la burbuja de movimiento. Fuente: Elaboración propia

particular de demostración gráfica.
Con esto como base, la elevación dio como resultado:

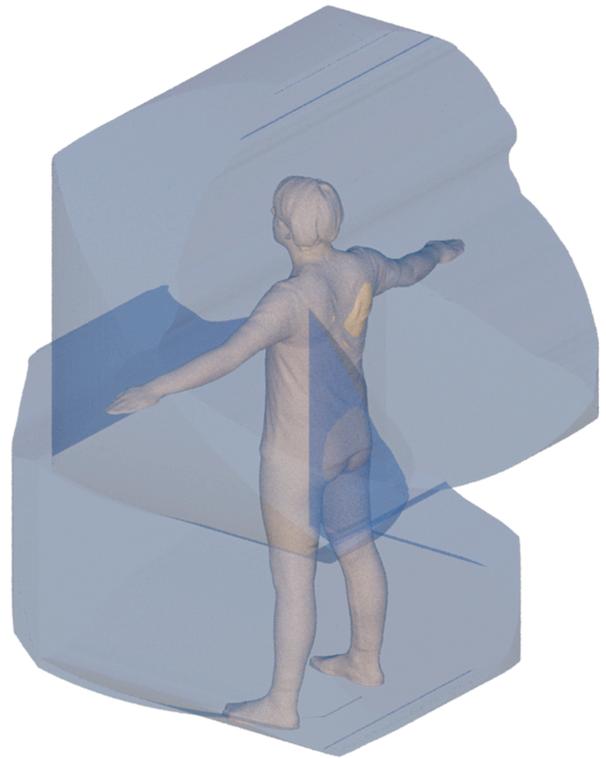
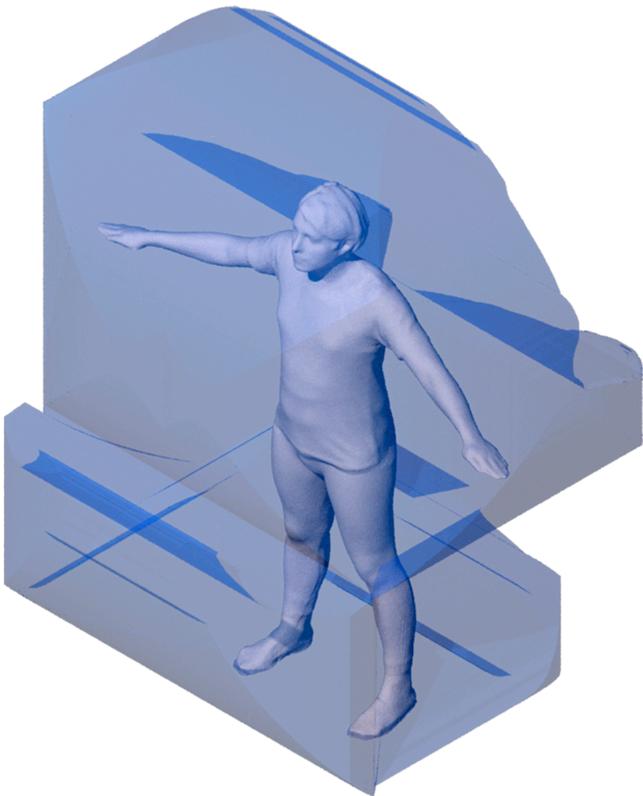
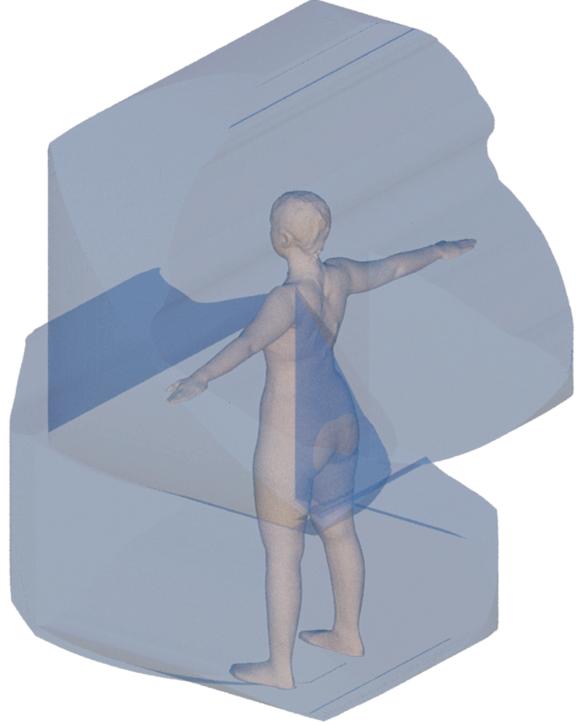
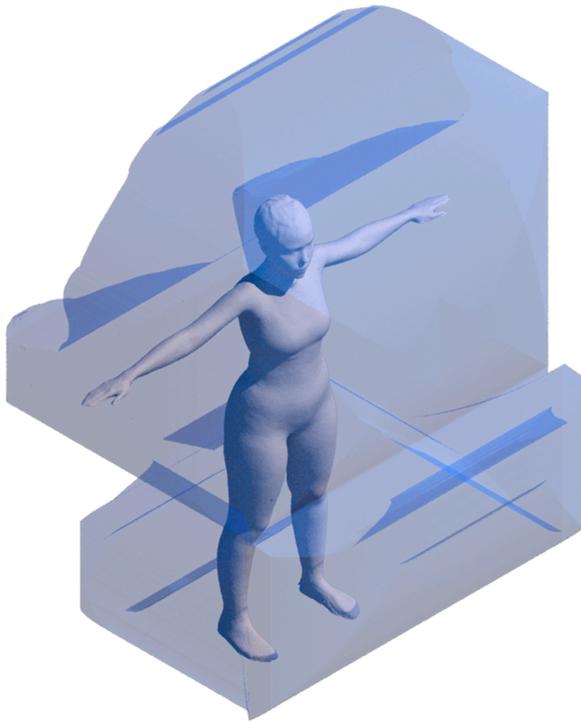
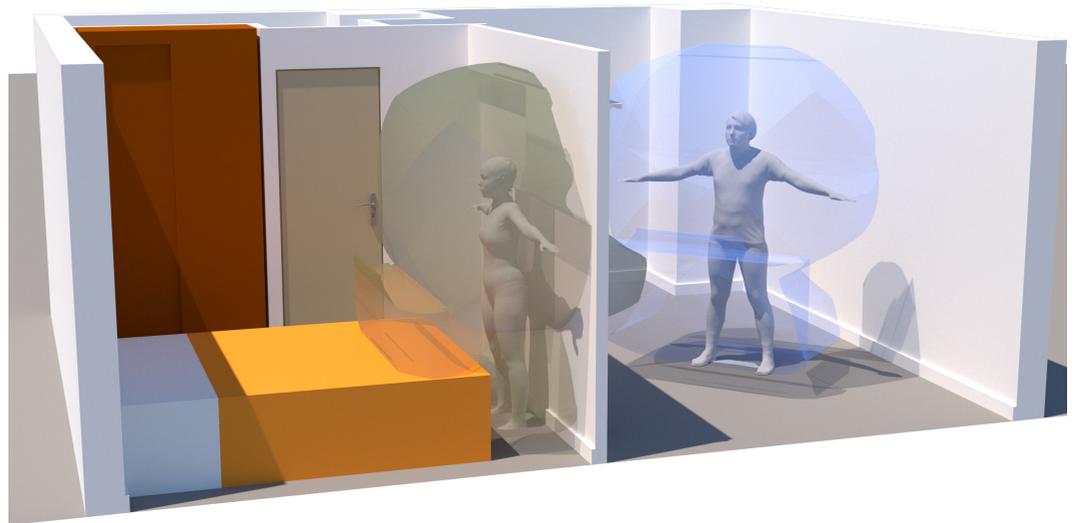
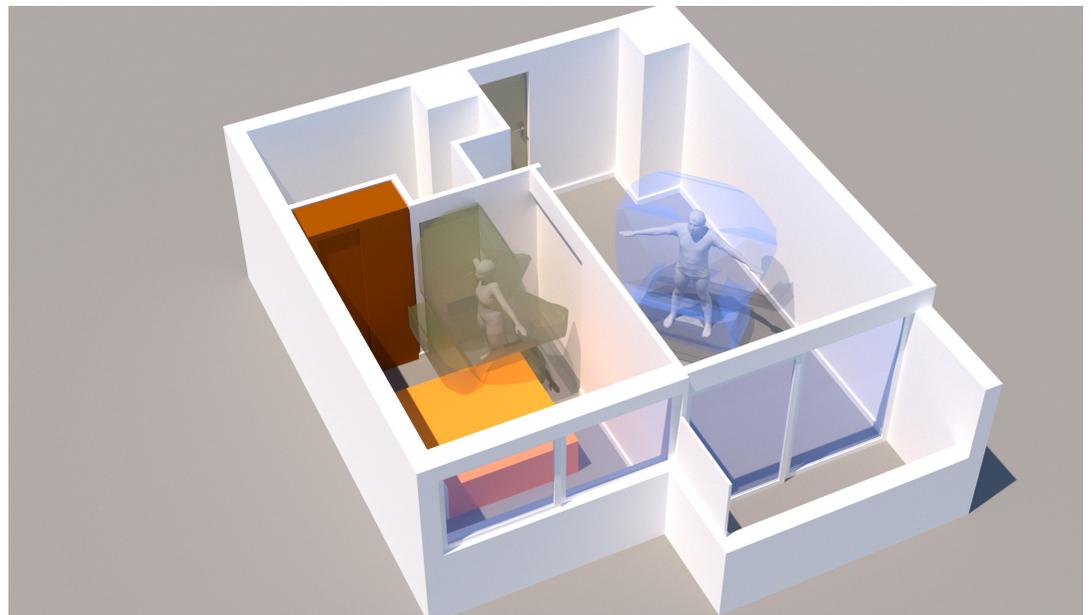


Imagen 00 - Proyección de la burbuja de movimiento en tres dimensiones de ambos voluntarios escaneados. Su elevación en modo estático permite usar los modelos escaneados para demostrar su cupo en el espacio sin necesidad de animar movimientos. Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia como es que la parte frontal del cuerpo concentra la mayor parte del volumen de uso, mientras que la posterior es considerablemente menor. Esta relación asimétrica en la orientación de la persona con el espacio es una de las relevantes a explorar cuando se evalúe la disposición, relación de las acciones y el cupo que estas tienen con los elementos de la vivienda.



Explorando su potencial entonces se ubican estos modelos en un levantamiento tridimensional básico del Departamento A, para evidenciar su comportamiento ante los volúmenes. Si bien, como se anticipaba, el que su uso estático no sirva para demostrar toda la complejidad de los movimientos del habitar, sí que logra develar el cupo y potencial real que tendría una persona al habitar.



Particularmente en caso del Depto. A, se ve cómo es que sus circulaciones y tamaños promedio no gozan de holgura alguna. Su uso en los demás lograría generar efectos similares, demostrando cupos aptos para cálculos básicos de espacialidad y habitabilidad.

Imagen pp - Puesta en escena de modelos en burbujas de movimiento en elevación tridimensional del Depto A. Se aprecia como es que su volumen evidencia el reducido espacio. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, si bien este método genera un volumen representativo de forma esférica, que no toma en consideración algunas limitaciones interplanares y además con imperfecciones en las uniones de los volúmenes (con aristas en partes realmente curvas, por ejemplo), aún se aprecia como al ser un buen aproximado del rango real su utilización en el diseño es eficiente. Con esto se ve como su uso de espacios 3D sin dudas es de gran utilidad para evidenciar el cupo de la persona y su capacidad de movimiento dentro del proyecto, por lo cual, desarrollar su forma más perfeccionada se considera un menester y una gran herramienta de proyección del cupo antropométrico, aun siendo usada en su forma estática.

DESARROLLO DE LOS RESULTADOS

4.0. Análisis y comparación

Luego de explorar y consolidar una propuesta para las metodologías que serán usadas como parte de esta nueva manera de proyectar el espacio arquitectónico en torno a consideraciones antropométricas, en este capítulo se pondrán a prueba los resultados obtenidos con tal de demostrar su factibilidad y verosimilitud a la hora de usarse como herramientas de diseño y proyección “antropo – arquitectónicas”.

Eso sí, antes cabe destacar que para continuación del capítulo anterior en conjunto con este, hubo algunos de los aspectos que se tuvo en consideración y que no se pudieron desarrollar por motivos de tiempo y cuarentena. Estos serían la de una mayor recopilación de voluntarios para su elevación 2D, y la consideración del estudio de métodos propios y casos respectivos a discapacidades motrices.

Sin embargo, y solo como una forma de ilustrar las posibilidades, fuera de la realización de este trabajo ya fueron exploradas aproximaciones a esto, donde el método para análisis 2D fue concebido realizándose en el seminario de investigación, de propia autoría, que sentó las bases teóricas para el desarrollo de estos estudios. Con título de “Antropometría en la Arquitectura: Una aproximación a los paradigmas de la estandarización a escala humana” y realizado en primer semestre del año 2020, se hizo hincapié en como las formas históricas y clásicas para concebir el cuerpo han sido heredadas desde tiempos antiguos, teniendo relación directa con la arquitectónica que a veces se ha diluido.

Aunque si bien, el foco del análisis antropométrico se centró en el análisis de las proporciones humanas en base a tomar la cabeza como unidad de referencia, lo que fue denominado como Coeficiente Céfalo-Corporal (abreviado “ccc”) más es que en las formas antropométricas modernas, el trabajo aún así logró llegar a conclusiones sólidas gracias a lo fidedigno de este mismo método de registro 2D.

Entre los resultados destacados, está el planteamiento de una carta abierta a generar una nueva ilustración a la usanza del clásico “Hombre de Vitruvio”, que no sea solo una referencia a la forma de este, sino que sea una real ganancia para el diseño arquitectónico, al sintetizar información relevante e inclusiva, fácil de difundir y comprender, que permita asegurar los espacios para todos los tipos de forma de habitar. Con ello se demuestra el potencial que se puede generar al aunar un método veráz con información relevante para el diseño de los espacios habitables.

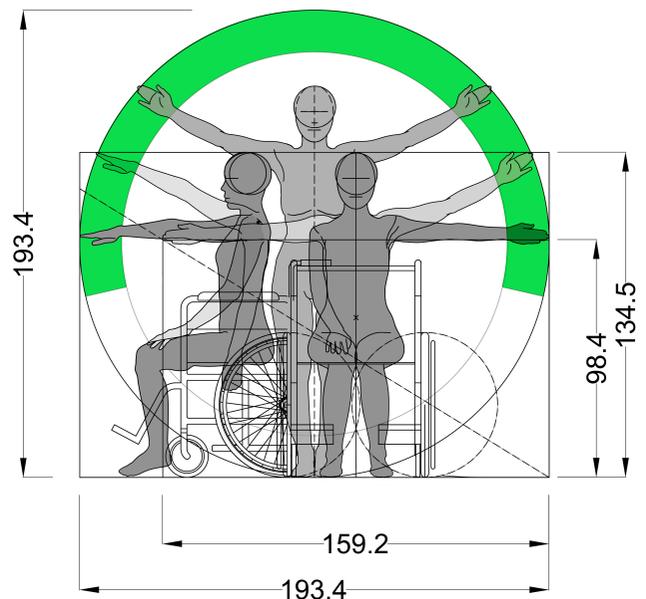


Imagen extra: Exploración y carta abierta a la creación de una nueva ilustración tipo “Hombre de Vitruvio” que incluya la información relevante para considerar el diseño accesible. La imagen se hizo en base a datos propios de los estudios, y los rangos fueron corroborados como correctos en base a las guías de la Corporación Ciudad Accesible.

Tomando esta experiencia previa como base, en primera instancia para este proceso se contempla el explorar y establecer parámetros antropométricos que sentarán la base de conceptualización para las nuevas formas de proyectar arquitectura. Para esto se considera el análisis de los registros nacionales e internaciones de las medidas corporales, lo que será el inicio de este capítulo.

4.1. Comparación y contraste de los estándares antropométricos nacionales e internaciones

Uno de los aspectos más criticados a los manuales de diseño como los de Le Corbusier o Neufert es la estandarización para una única estatura promedio, pero luego de analizar los textos de antropometría y ergonomía se aprecia como no hay muchas alternativas a la forma, siempre que nace una nueva propuesta de restablecer un punto preexistente y cambiarlo acorde “x nuevo criterio” no se altera la manera en que se sigue procediendo, solo se cambia el “dónde se pone la vara”.

Dicho de otra manera, enfoques como el texto de Panero & Zelnik sin dudas es uno (sino el único) de los más acertados, donde se da información pertinente para el uso de los diferentes percentiles, en hombres y mujeres, en distintos tipos de acciones y con distintos tipos de configuraciones espaciales. Se dan así todas las herramientas para que el diseñador pueda trabajar con confianza.

Sin embargo, en lo evaluado en los textos de Mondelo se ve como al no poder predecir al usuario solo se tenga que diseñar a ciegas, idealmente para un máximo teórico (Maximín), lo que choca directamente con los intereses del mercado, como se vio en el *Capítulo 1.2 de Factores indirectos a la causa arquitectónica*. Por lo tanto, ya se tiene conocimiento de que lo ideal a considerar son los máximos percentiles, se tiene conocimiento de las formas que son respaldadas por la teoría, pero aún con ello logran ocurrir constantemente cosas que atentan contra lo ideal, inclusive en sus formas más mínimas.

He ahí el punto de inflexión, entre la teoría y la praxis pasa algo. Lo primero sería la búsqueda, **conscientemente falaz**, de algún “estándar mínimo universal humano” tal de poder verificar si es que siquiera se estaría cumpliendo cuando adrede se ignora todo ideal, un sucedáneo mal ejecutado de la forma tradicional de establecer “estándares de manual”.

Por lo cual, para poder establecer si realmente existiera un mínimo habitable para algún tamaño humano, se debe hacer un análisis luego de conocer las diferentes tallas humanas en diferentes países, buscando entre los datos si se comparten algún factor común. Se sabe, por ejemplo, que ningún humano registrado hasta la fecha ha llegado a los 3 metros de estatura, siendo el récord histórico registrado 2,72m y la persona más alta viva actualmente 2,51m (GuinnessWorldRecords, 2021), basta con tener consciencia de eso y ya se puede empezar a trazar umbrales de rangos máximos y mínimos.

Recopilando datos, se tabuló sobre la información antropométrica de los países de Latinoamérica, ya que comparten una realidad una realidad más cercana a Chile; Estados Unidos de Norteamérica, dada su naturaleza cosmopolita; España, debido a su influencia en la herencia de Hispanoamérica; y Japón, como referente de país ejemplar en su registro antropométrico, además de ser un valioso caso de estándar ajeno al continente americano.

Como era de esperar, los rangos de cada país son muy diferentes, por lo que además se recalca el evidente sinsentido de comparar, o hasta emplear, realidades diferentes a las propias para el diseño espacios interiores. Dicho esto, los resultados fueron los siguientes:

PERCENTILES DE ALTURA PROMEDIO DE MUJERES Y HOMBRES EN DIFERENTES PAÍSES

PAÍS	ESPECIFICACIÓN	MUJERES					HOMBRES				
		-2DE	-1DE	MEDIANA	+1DE	+2DE	-2DE	-1DE	MEDIANA	+1DE	+2DE
CHILE		-2DE	-1DE	MEDIANA	+1DE	+2DE	-2DE	-1DE	MEDIANA	+1DE	+2DE
	ADULTOS 19 AÑOS (2018)	150,1	156,6	163,2	169,7	176,2	161,9	169,2	176,5	183,8	191,1
		P5	-1DE	MEDIANA	+1DE	P95	P5	-1DE	MEDIANA	+1DE	P95
	ADULTOS TRABAJADORES (2016)	148,8	153,2	159,3	165,4	169,2	160,6	164,5	171	177,5	182
EEUU		P5	P25	P50	P75	P90	P5	P25	P50	P75	P90
	ADULTOS 19 AÑOS (2015-2018)	153,1	158,1	161,2	165,2	170,5	162,7	170,8	176,1	179,4	183,9
	ADULTOS DE 20 AÑOS Y MÁS	P5	P25	P50	P75	P95	P5	P25	P50	P75	P95
	ALL RACE AND HISPANIC-ORIGIN GROUPS	149,8	156,4	161,3	166	172,5	162,8	170,1	175,4	180,2	187,4
	NON-HISPANIC WHITE	151,8	157,8	162,2	166,9	173,3	165,6	171,7	176,7	181,4	187,8
	NON-HISPANIC BLACK	151,5	158,2	162,7	166,7	173	164,7	171,3	175,9	180,5	188,1
	NON-HISPANIC ASIAN	146,4	152,2	156,3	160,2	166,3	158,4	165,6	170,4	175,8	182,1
	HISPANIC (INCLUDES MEXICAN AMERICAN)	146,5	152,9	157	161,7	168,9	158,1	165,4	170,3	175,4	182,8
	MEXICAN AMERICAN	146,7	152,4	156,3	160,9	167,8	158,4	165,2	170	175,2	183,6
	PANERO & ZELNIK	P5	P20	P50	P70	P95	P5	P20	P50	P70	P95
	ADULTOS DE 18 A 79 (USA 1965)	149,9	155,2	159,8	163,6	170,4	161,5	167,6	173,5	177	184,9
MÉXICO (GUADALAJARA, JALISCO)		P5	-1DE	MEDIANA	+1DE	P95	P5	-1DE	MEDIANA	+1DE	P95
	ADULTOS (19-24)	148,5	152,3	158,6	164,9	169	160,5	164,5	170,8	177,1	181,3
	TRABAJADORES INDUSTRIALES (18-65)	147,1	151,5	156,7	161,9	165,8	157,6	161,2	167,5	173,8	178
CUBA		P5	-1DE	MEDIANA	+1DE	P95	P5	-1DE	MEDIANA	+1DE	P95
	ESTUDIANTES 18 AÑOS	148,8	152,5	158	163,5	168,9	160,6	164,4	170,2	176	179,8
COLOMBIA		P5	-1DE	MEDIANA	+1DE	P95	P5	-1DE	MEDIANA	+1DE	P95
	POBLACIÓN LABORAL (20-29)	148	151,1	156,9	162,7	166,4	159,5	163,6	170,1	176,6	181,1
	POBLACIÓN LABORAL (30-39)	148,3	150,4	155,8	161,2	166,1	158,3	162,7	168,9	175,1	178,5
	POBLACIÓN LABORAL (20-59)	146,7	149,9	155,8	161,7	166,1	158	162,3	168,8	175,3	179,2
VENEZUELA		P5	-1DE	MEDIANA	+1DE	P95	P5	-1DE	MEDIANA	+1DE	P95
	ADULTOS 19 AÑOS	147,8	151,6	157,5	163,4	167,3	160,3	164,3	170,5	176,7	180,6
ARGENTINA		-2DE*	-1DE	MEDIANA	+1DE	+2DE*	-2DE*	-1DE	MEDIANA	+1DE	+2DE*
	ADULTOS 19 AÑOS (1987)	148,5	154,6	160,7	166,8	172,9	159,2	166	172,8	179,6	186,4
		P3	P25	P50	P75	P97	P3	P25	P50	P75	P97
	ADULTOS 19 AÑOS (2009)**	149,3	156,5	161,8	165	172,2	160,1	168,4	173,6	177,8	185,8
ESPAÑA		P3	-1DE	P50	+1DE	P97	P3	-1DE	P50	+1DE	P97
	ADULTOS 18 AÑOS (2009)	152,2	157,6	163,8	170	175,4	165,6	170,6	176,3	182	187
JAPÓN		P3	P25	P50	P75	P97	P3	P25	P50	P75	P97
	ESTUDIANTES 17 AÑOS (2019)	147,9	154,1	157,7	161,3	167,8	159,9	166,6	170,5	174,4	181,6
		-2DE*	-1DE	MEDIANA	+1DE	+2DE*	-2DE*	-1DE	MEDIANA	+1DE	+2DE*
	ESTUDIANTES 17 AÑOS, ESC. PUBLICAS (2019)	141,8	152,4	157,7	163	173,6	153,1	164,7	170,5	176,3	187,9
	ESTUDIANTES 17 AÑOS, ESC. PRIVADAS (2019)	142	152,8	158,2	163,6	174,4	152,6	164,8	170,9	177	189,2

(*) DESVIACIÓN ESTANDAR CALCULADA SEGÚN LO PUBLICADO

(**) DATOS CALCULADOS DE LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA NORMALIZADA DE LA TABLA DE 1987

Imagen qq - Tabla de comparación de estaturas en diferentes países. La información adquirida es dispar, dado los intereses variados de como enfocar los rangos máximos y mínimos. Cabe aclarar $\pm 1DE$ (Desviación Estándar) = P15,85 y P84,15 ; $\pm 2DE$ = P2,3 y P97,7. El uso de D.E. establece información con la media como eje, estando $\pm 1DE$ aprox. ~68,3% de los casos, y $\pm 2DE$ aprox. ~95,4% de los casos, por lo que se calculó su equivalencia. Fuentes (mixtas, en anexos; 2021)

RANGO DE ALTURA PROMEDIO DE MUJERES Y HOMBRES EN DIFERENTES PAÍSES

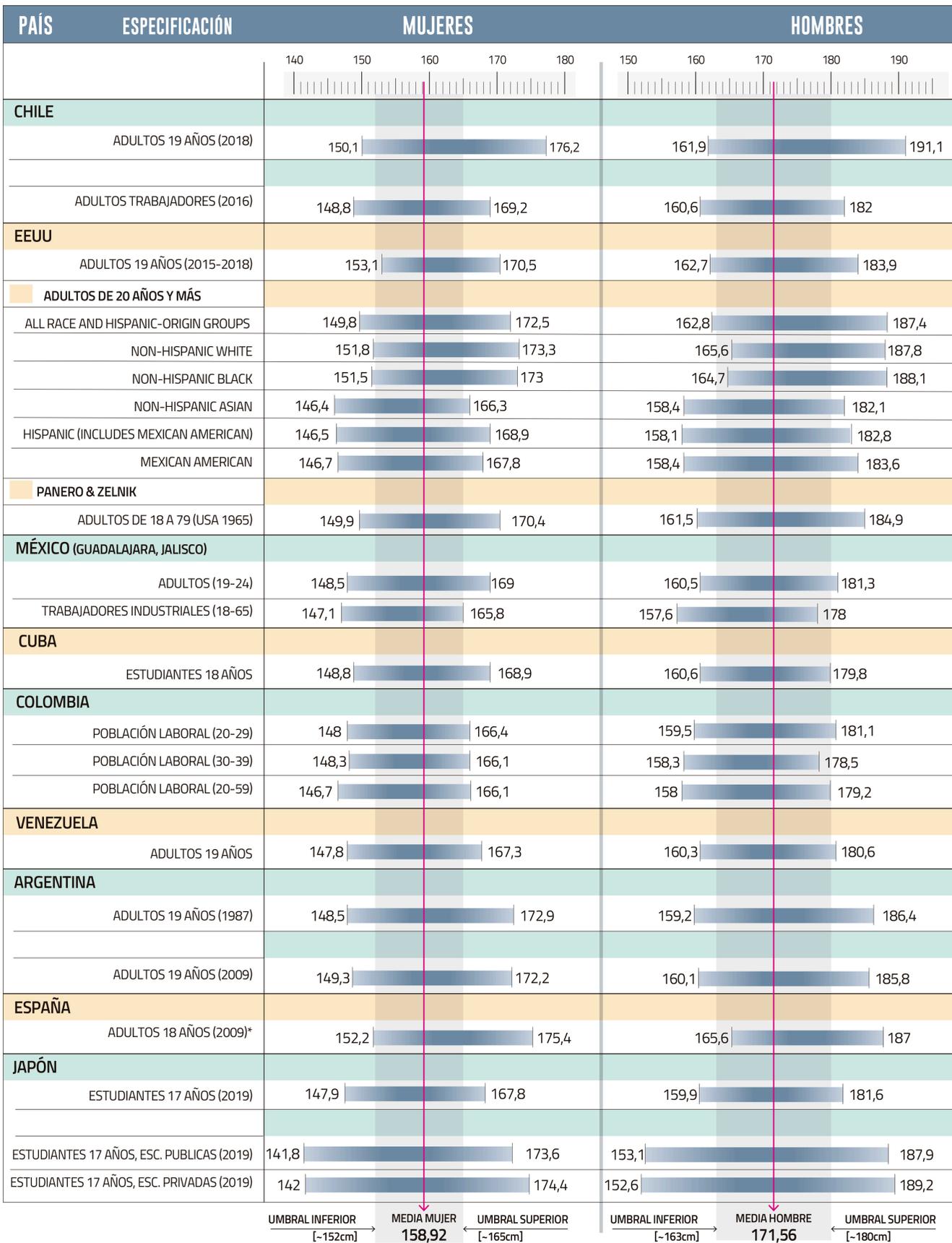


Imagen rr - Tabla de rangos hombres y mujeres. Al graficar los máximos y mínimos disponibles en las tablas de hombres y mujeres se puede apreciar las diferencias entre zonas de confort que existiría en cada país, según género biológico. La media estaría calculada de forma simple y no considera magnitud de población, en conjunto, los umbrales marcados demuestran "una zona de seguridad" que sería transversal a todos los casos, bajo la lógica clásica del promedio. (Fuente: Mixta, 2021)

COMPARACIÓN UMBRALES DE MUJERES Y HOMBRES

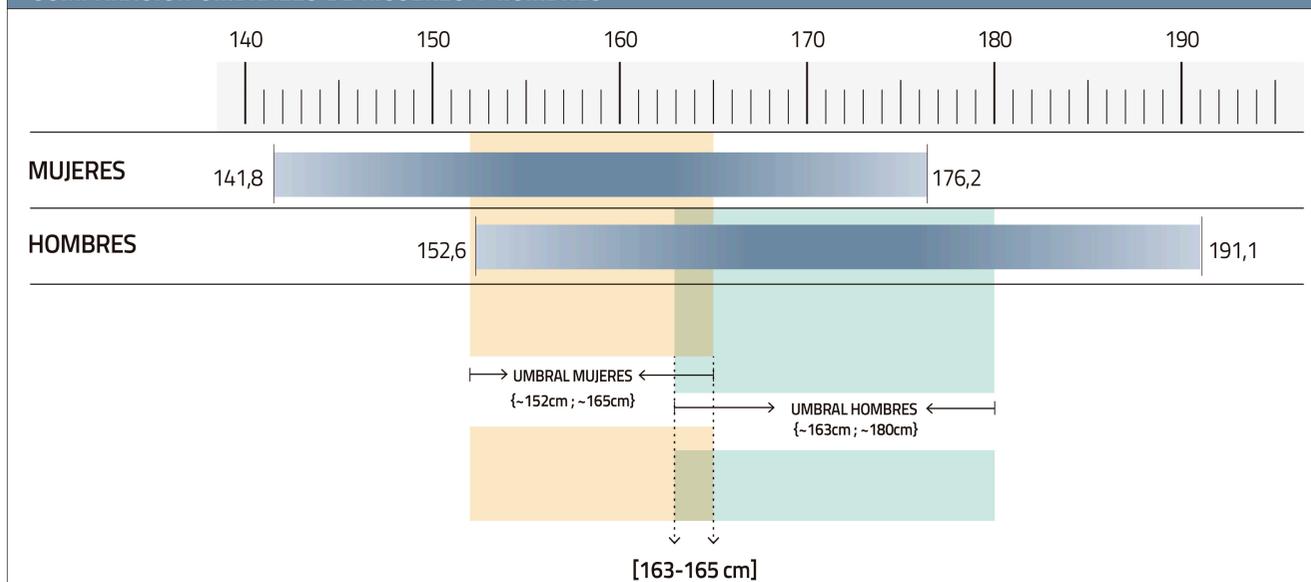


Imagen ss – “Tabla universal” de rangos en común hombres y mujeres, se aprecia la gran cantidad de población que quedaría fuera de un cálculo así. Al unificar todos los datos y superponerlos junto a los umbrales calculados, se aprecia una pequeña zona de solapación en donde se encontraría el (falaz) mínimo teórico transversal y universal que se busca. Con esto se puede comprobar que muchos espacios siquiera cumplen con esto como estándar. Fuente: Elaboración propia

Al graficar los datos en estaturas lo que se obtiene una zona en común entre hombres y mujeres entre estaturas de diversos países, pequeño umbral cuyos bordes se pueden establecer como talla mínima común de [163] para el caso femenino y [165cm] para el masculino. Esto, por supuesto, si bien se puede conceder de cierta forma como un “cálculo válido”, se reitera que en términos de la teoría estudiada de las disciplinas **esto es totalmente falaz**. Pese a ello, su determinación permite tener una medida con la cual comparar las situaciones habitacionales actuales, por lo que, si es que no se llega a cumplir ni siquiera un mínimo falaz, entonces realmente se estaría ante un caso crítico. Dicho esto, considerando las personas mínimas de [1,63/1,65m], a quienes se denominarán “Minimín” en referencia a la obra de Mondelo, se puede ver como fácilmente se encuentran casos habitacionales no compatibles con la primera medida antropométrica considerada para su uso con la arquitectura, la envergadura máxima (brazos extendidos), que suele ser del mismo largo (aprox.) que la estatura.

Esto es precisamente lo que se ve en los planos estudiados, particularmente los de Santiago Centro y Estación Central (B y C), donde se aprecia la habitación de 1,5m x “3,0m”¹⁴ que se está acuñando actualmente como la habitación mínima. Solo se considera el cupo de la cama como fin único para la habitación, generando además de poco cupo factico, una sensación de encierro, ya que en promedio toda persona que mida 1,5m o más (o sea, casi toda población adulta) podrá tocar de pared a pared, reduciendo su capacidad de movimiento.

Con ello nace entonces una de las primeras consideraciones para el espacio mínimo de una habitación/dormitorio personal, la altura de la persona que se considere como estándar podría/debería ser el ancho mínimo que se tenga de pared a pared en la habitación, mientras el largo al menos una cama + un pasillo.

Establecer la envergadura máxima, o dicho más cinéticamente “el ancho de abatimiento máximo de los brazos”, como un estándar habitacional mínimo tiene motivos similares a lo que ocurre con los bigotes de un gato. Los felinos poseen alta sensibilidad táctil en estos, tal que es conocido su uso,

¹⁴ Se usa comilla ya que incluyen closet en la medida, siendo el espacio real menor a eso.

además de para orientarse en la oscuridad, como un “test de cupo”. Esto sería un uso similar a lo que se revisaba en la teoría de proxémica de E. Hall, ya que los bigotes miden casi lo mismo que su ancho, el gato lo usa para saber si cabe en cierto espacio, lo que en proxémica sería demostración corporal de los límites de su *Espacio Íntimo* en *fase próxima*.

Con esto se apela a que la sensación de comodidad, casi por instinto natural, estaría ligada a los alcances propios del cuerpo, y en este caso la sensación de confort estaría propiciada por no tener invadida o impedida su Zona Causal-Personal en fase próxima, o lo que sería lo mismo, su burbuja de movimiento.

Vale decir, una habitación cómoda sería la que considere y asegure al menos 1 burbuja de movimiento sin obstáculos para su habitante, siendo la medida de envergadura máxima (brazos extendidos) uno de los datos relevantes y que, por fortuna, suele ser igual o cercano ¹⁵ a la altura de este (Dra Ramos Rosario, et al, 2018) (Renata Borba de Amorim, et al, 2008).

Contemplando entonces esta medida como una posible forma de establecer un parámetro antropométrico como un estándar de habitabilidad en la arquitectura, se retoma y desarrolla la paradoja descrita en el capítulo de Neufert:

- Establecer un estándar para cuerpos humanos es incorrecto.
- Por lo cual hace falta comprender las tallas de las personas, junto a sus necesidades.
- Una vez comprendidas es menester poder asegurarlas para todos. Pero ante la incertidumbre de talla del usuario no se puede apostar por entregar una talla que no sea adecuada, sumado a que no sería factible construir para diferentes tallas dado que eso causaría muchas complicaciones a la construcción, y mucha desigualdad.
- Para simplificar y poder llegar a todos, falta entonces establecer un estándar. Y es que esta “contradicción”, que también se menciona en la ergonomía y antropometría podría, ante un cambio de enfoque, ya no tener efecto en su consideración arquitectónica.

Sí, en general es aberrante ignorar todas las tallas de una población y diseñar para un estándar, o dado el caso para asegurar que “todos quepan”, solo para el 5% mayor; en un ejemplo presentado por Mondelo, hacer esto en una silla haría que la gran mayoría no pudieran apoyar los pies en el suelo, causando problemas de circulación para casi todos. Pero ahí está la diferencia entre el mueble y el inmueble, para eso el mueble puede contar con ser configurable, adaptable, incluir dentro de sus posibilidades de calibración personal a los rangos estudiados, el inmueble, en cambio, que no es tan flexible, sí puede basarse en “estandarizar como mínimo un máximo”, donde los de los rangos inferiores tendrían algún superávit y los mayores tendrían lo ideal.

Por lo cual, se resuelve como primera instancia, que un ideal en el caso de Chile podría estar en asegurar al menos un ancho mínimo correspondiente a la estatura del 90 Percentil (calculado 186,24cm desde tabla Minsal 2018) de la población; más 10cm (5cm x lado) como ajuste de seguridad, mismo que se usa en la legislación para los muebles y que cubriría la diferencia usual calculada en las envergaduras máximas de diferentes personas. O sea, una habitación al 90 percentil debería medir en su ancho no menos de 196cm¹⁶ o 200cm redondeado, por 280cm de largo (cama más apertura de puerta/pasillo) como ya era usual.

Todos estos cálculos son sin considerar elementos del mobiliario más que la cama, ya que la presencia

¹⁵ Luego de analizar datos de ello, y considerando diferencias en largo de extremidades y/o elasticidad articular, se calcula que la envergadura máxima se encontraría usualmente en el rango de [Estatura ± ({1, ...,4 cm}x2)]

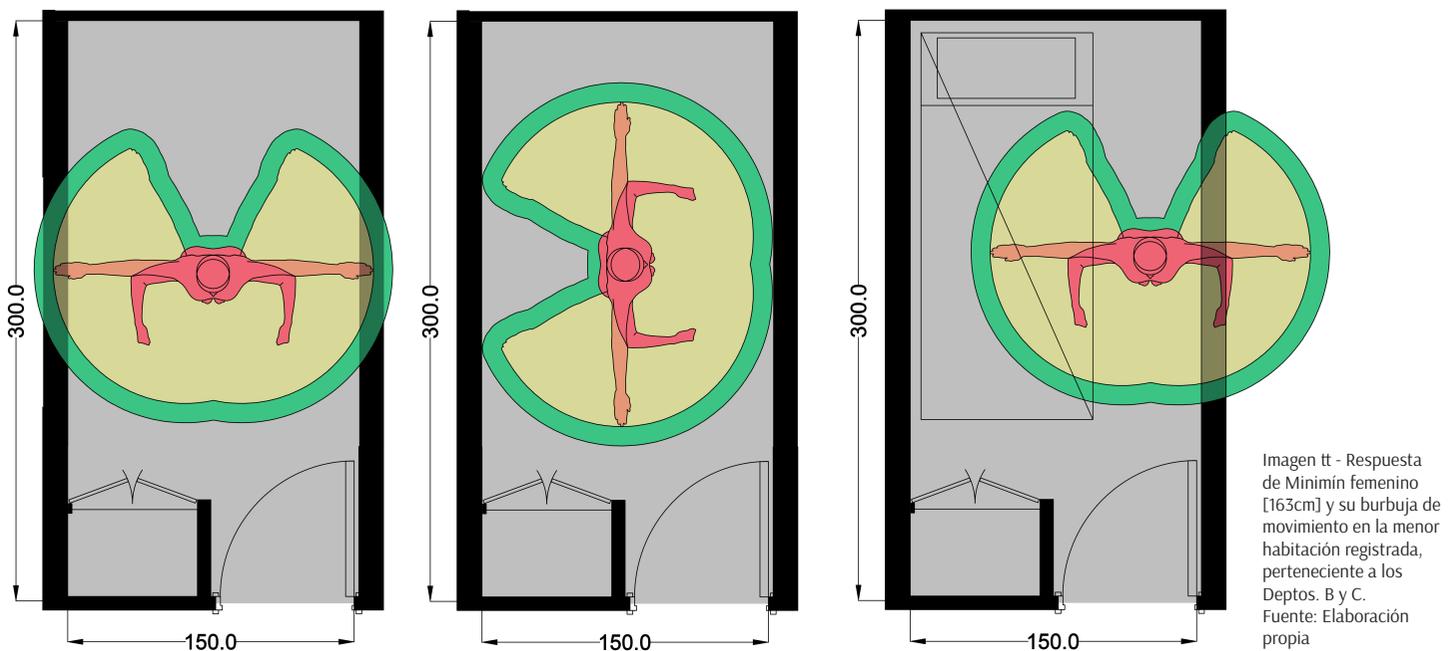
de estos quedará a discreción del usuario a futuro. Por lo cual, los demás parámetros a definir se rigen también ante la capacidad, por ejemplo, de poner o no un escritorio (como los planteamientos de Karel Teige). Además, al igual que la legislación actual, no se acepta el diseño de closet que no esté empotrado en la pared, los casos de habitaciones como las vistas en los departamentos B y C demuestran la precariedad que causan (en ese caso, por ejemplo, habitación de 4,5m² cuando en realidad es de ~4,1m²).

Luego, al igual que las legislaciones de pacto internacional como las de la Unión Europea, se podría ir cumpliendo progresivamente con plazos hasta llegar a percentiles mayores, por ejemplo, estableciendo primero P90, y cada 10 años pasar a P95 y finalmente a P97.

En una segunda instancia, basado en la siguiente medida considerada y apelando a las formas de cómo se configuran los rangos en la legislación nacional, podría tratarse en las diferentes configuraciones que genera el ancho de codo a codo (P90=~106cm), más 10cm, más un ancho de cama (1plaza = 0,9x2m). La permutación de la configuración de estas medidas además permitiría redefinir el estándar de habitación simple en la vivienda social en Chile.

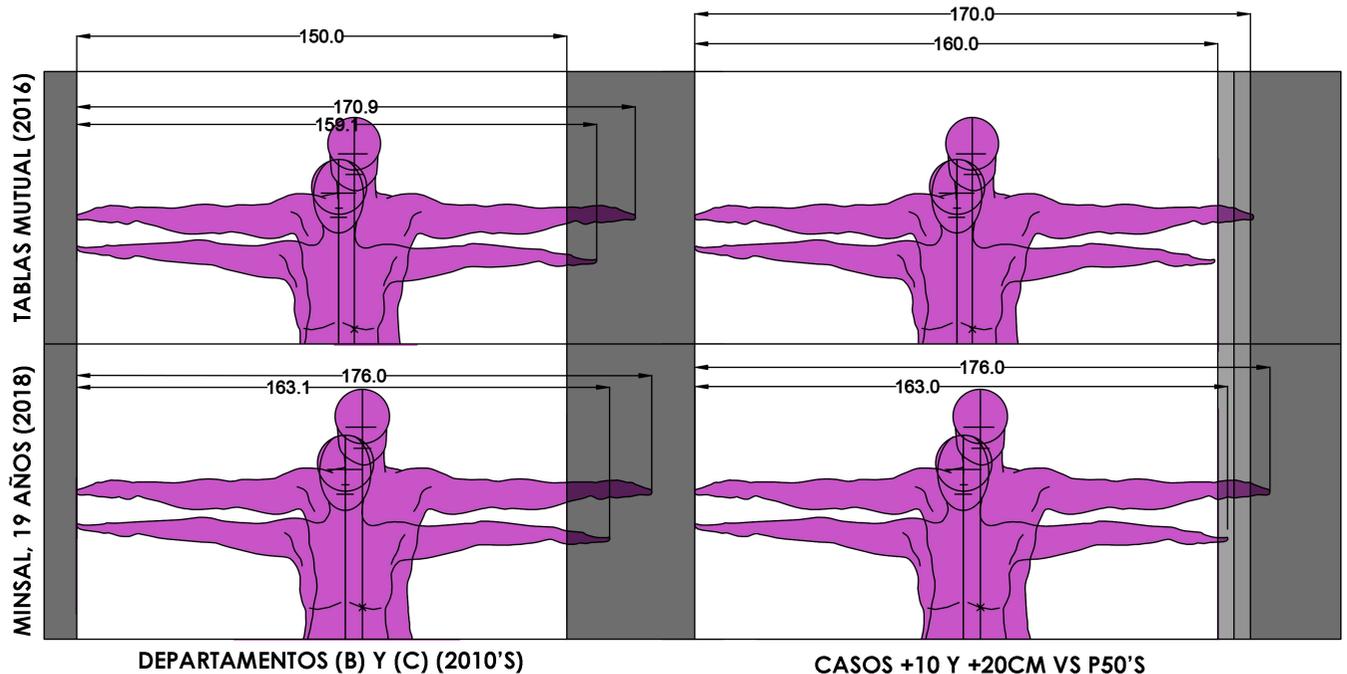
Al poner a prueba la mencionada habitación más pequeña registrada con los parámetros establecidos, habitación menor a las del *Existenzminimum*, no solo queda en evidencia la falta de espacio en esta, sino que la profunda carencia de espacio ante las medidas del cuerpo de los diferentes percentiles de Chile. Se evalúa además del cupo en su ancho de 1,5m, casos con 10 y 20cm extra, acercándolo a lo que debiera ser su mínimo como lo designado para vivienda social (Cama + pasillo = 1,7m). Todo con tal de esclarecer si es que se puede validar de alguna forma estos espacios.

Los resultados fueron los siguientes:



¹⁶ Se puede conceder [195cm] con tal de generar sumas más limpias, dado que 1cm es menos del 1% del total y estaría en el rango de holgura asignado para el percentil.

Se emplea la ubicación del Mínimín femenino, el menor de ambos, con su burbuja de movimiento en planta para evidenciar su respuesta. En verde una holgura de 10cm extra, en amarillo su alcance real y rojo su envergadura de codo a codo. Se ve cómo es que la habitación solo respondería bien en solo un eje (a lo largo) y sin cama. Al ubicar esta se aprecia como es que ni siquiera su circulación lateral de 50cm responde adecuadamente.



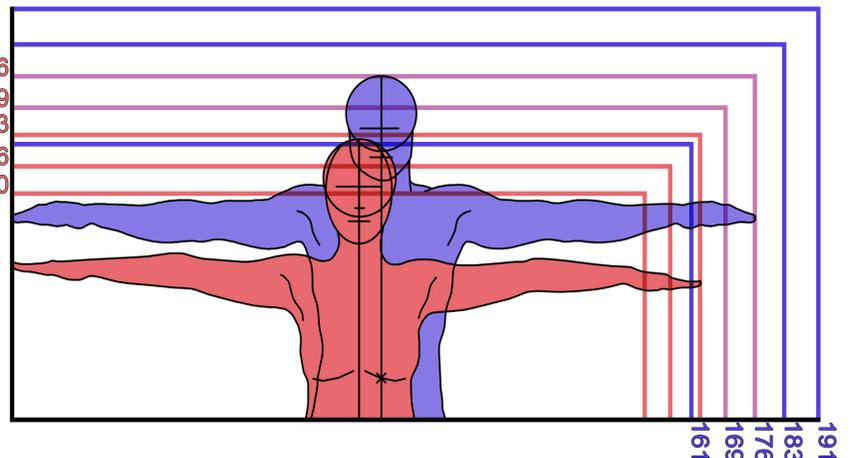
Ya demostrada la ineficacia del espacio ante el modelo de Mínimín, se compara la respuesta ante las envergaduras de ambos rangos medios (P50), la que sería la forma más usual de establecer un estándar (Neufert, por ejemplo). Para esto se hace uso de las tablas disponibles de antropometría de Chile, la de la Mutual de Seguridad (2016) y la del Minsal (2018) para su mayor rango registrado, de 19 años. Se aprecia como es que establecer medidas ampliadas a casos habitacionales particulares, sin considerar los estándares antropométricos, siguen perpetuando rangos no aptos. En este caso, se aprecia como es que en el aumento de +10 y +20cm al caso no logran satisfacer los casos masculinos en ninguna forma, y solo el menor de los femeninos que corresponde a la tabla de 2016 [159cm]. Esto, por lo tanto también se extrapola a la medida de la habitación mínima individual de la vivienda social, que posee [1,7m] de ancho (caso +20), caso planteado de otra forma, al emplear una circulación de 70cm al lado de la cama, pero que ante este cálculo de cupo se demuestra que sigue siendo un tanto insuficiente (para algo más que dormir y/o tener confort espacial).

Imagen uu - Alcances de los diferentes P50 según los estudios disponibles de antropometría chilena. Se aprecia como añadir arbitrariamente centímetros extra (10;20cm) no genera respuestas adecuadas, ni siquiera para los rangos medios. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se comparan las diferencias de estatura y envergaduras de los rangos claves (determinados por desviación estándar), de la tabla del Minsal (2018).

(Imagen w)

Imagen vv - Diferencias de magnitudes entre los diferentes casos clave, estipulados en D.E. (Equivalencia ~P3, P15, P50, P85, P97). Se demuestra en secciones de cuadrados la gran magnitud de diferencia entre los percentiles femeninos (Rojo) y masculinos (Azul) y en morado los que se comparten. Fuente: Elaboración propia

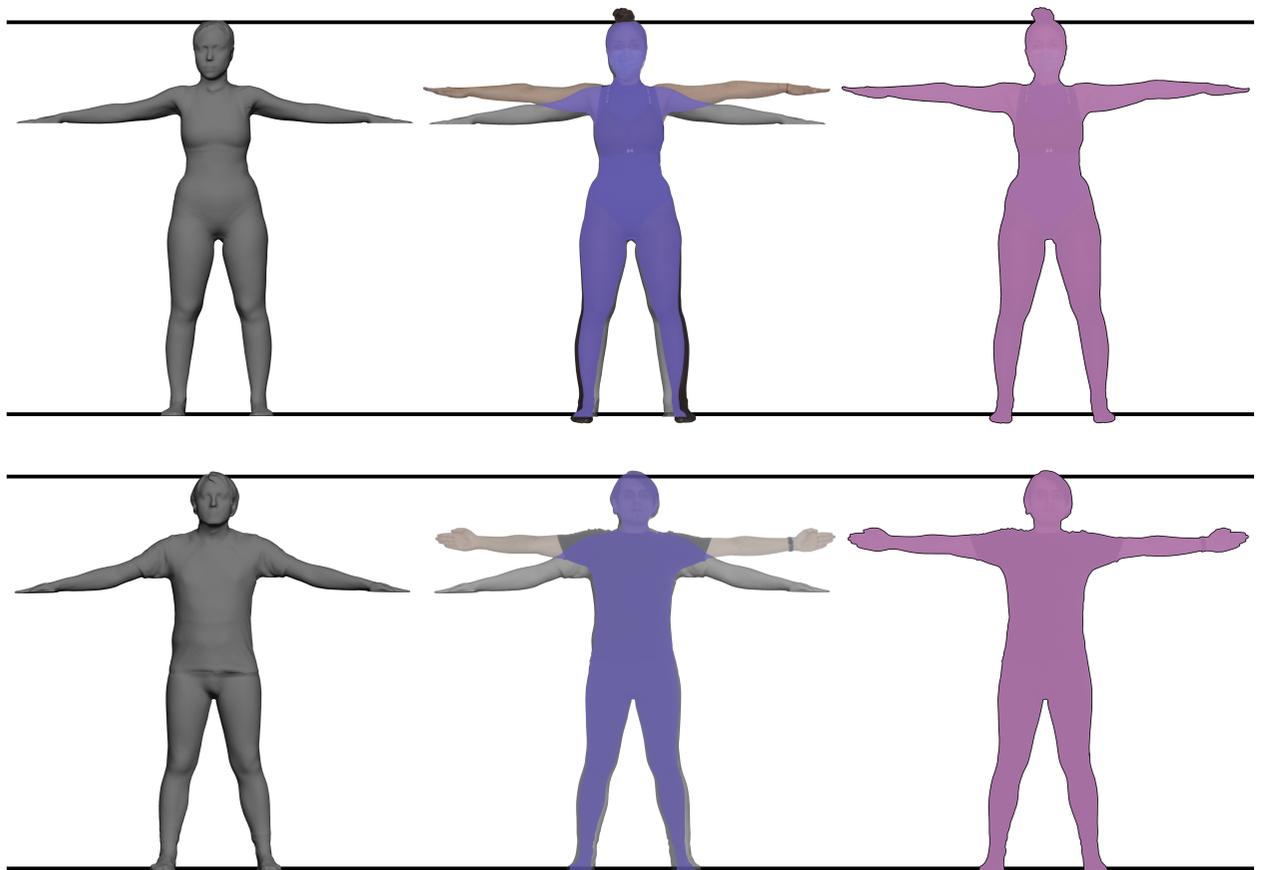


La gran diferencia que existe entre los diferentes percentiles deja en evidencia la -no menor- diferencia en cantidad de espacio que requeriría cada uno de los casos. Se aprecia además como se comparten algunos casos, particularmente el P50 masculino con el ~P97 femenino [176cm], lo cual tentaría a designar a este como un estándar habitable, más según lo demostrado en el caso anterior, se ve como no es recomendable sin considerar las demás medidas y calces basados en las demás medidas antropométricas. Más aun considerando lo ya estudiado, se aprecia como dejar fuera todos los casos superiores al P50 masculino sería un sinsentido y una impertinencia.

4.2. Contraste y complemento entre los resultados de proyección en 2D y 3D

Una vez ya obtenido los resultados de cada método se comparan entre ellos con tal de evidenciar cuales serían sus diferencias, ventajas y fidelidad en común. Para esto se usa una base de dos líneas paralelas como símil del entorno calibrado para replicar, a simple vista, las condiciones generadas en el set del método 2D. Resalta la posición de la línea de suelo en el borde interior de los talones, que demarca la llegada del eje de gravedad con el suelo y por ende sería el punto neutro de perspectiva con la parte más alta de la cabeza. Junto con eso se presenta la imagen real (aunque opacada¹⁷) en vez de su versión redibujada en *AutoCAD* para dejar constancia del resultado original del registro. Las imágenes del escaneo 3D se presentan en elevación frontal y vista ortogonal, vale decir, sin ninguna deformación por perspectiva, generando el resultado ideal que se busca para poder llevar personas a las planimetrías. Con esto como antecedente se dieron los siguientes resultados:

Imagen ww - Demostración y contraste de las similitudes logradas entre los métodos de recopilación 2D y 3D. En violeta las siluetas reales de las fotos sin editar de los voluntarios, en gris las siluetas escaneadas en vista frontal ortogonal, en azul el área resultante de la superposición de ambas imágenes. Se aprecia y demuestra la alta fidelidad de ambos métodos.
Fuente: Elaboración propia



¹⁷ Previo a la publicación se informó y consultó sobre las posibilidades de mostrar o no el rostro. Para comodidad se concedió a los requerimientos y se presentan con un grado de censura, además de uso de mascarilla en el caso femenino (la cual obviamente no fue usada en las fotos no publicadas que fueron redibujadas en AutoCAD)

Se demuestra en esto como es que al ejecutar ambos métodos con todas las precauciones y consideraciones mencionadas se logra dar con una gran coherencia entre ambos, a tal punto, que la superposición entre ambas siluetas solo destacan las diferencias entre las poses de las extremidades, sirviendo de confirmación de que tanto el modo 3D como el 2D tendrían, no solo coherencia antropométrica con los casos reales, sino que además serían útiles para ser usados tanto en planimetrías como en elevación 3D.

4.3. Consideraciones finales sobre el desarrollo de los métodos

Si bien el rigor y consideraciones necesarios de emplear a la hora de ejecutar estos métodos propuestos es uno de los factores más relevantes, no son nada ajeno a métodos que ya existían previamente y que, de una u otra manera, su uso y consideración con la arquitectura no ha sido bien explorada o desarrollada.

Se demuestra también la relevancia en los resultados que se pueden generar y con ello de los análisis que puede propiciar. Esto validado no solamente desde el grado de la precisión, sino desde el aspecto de que la gran cantidad de las tecnologías y formas utilizadas son de gran accesibilidad, abriendo el panorama a que se expandan estas metodologías hasta llegar a aunarse con las formas más profesionales y específicas de cada campo.

Además, sobre la estandarización en torno a un tipo de cuerpo, sorprende de cierta manera como es que al sugerir una medida de Percentil 90 (P90) en Chile, siendo esto [186cm], se sobrepase incluso a los [183cm] planteados en el Modulor o más aún a los [175cm] planteados en el texto de Neufert. Esto, claramente desconcierta a primera vista, pero no transgrede ninguno de los planteamientos estudiados, ya que, a diferencia de los dos manuales que usan esto además como una guía para el diseño industrial de los elementos del mobiliario, la consideración arquitectónica por su partida individual no sufre de una trasgresión a la ergonomía porque los percentiles inferiores queden con superávit.

Vale decir, se comprende y se acepta que el diseño de interiores y la arquitectura posean al mueble como interfaz de diálogo, pero hay que tener siempre en consideración que los estándares antropométricos que rigen a cada uno son diferentes, por mucho que los datos pertenezcan a los mismos individuos. Más aún, ante las soluciones que actualmente se vuelven más masivas y populares, como camas y mesas plegables para justificar o validar espacios reducidos, se expresa profundo rechazo, pero ante el panorama actual estudiado solo se puede concluir que:

“En un mundo bien proyectado, donde reinen los ideales, el diseño de interior y mobiliario no tendrían que suplir las carencias de la arquitectura”

PROPUESTA FINAL DE METODOLOGÍA

5.1. Cálculo y estipulación de parámetros de umbral para diseñar espacios con habitabilidad pertinente a los estándares antropométricos de la población

Como se resolvió en el capítulo anterior, el definir las dimensiones mínimas de los espacios con base en las medidas de antropometría, según las consideradas más relevantes en su correlación arquitectónica, es una manera eficiente y correcta de poder establecer rangos de habitabilidad pertinentes, transversales y adecuados para todo tipo de usuario.

También se resuelve al igual que otros autores, como Mondelo con su planteado “Maximín”, que para estos casos particulares la única forma más pertinente de proceder es estandarizar para los percentiles mayores con tal de asegurar para ellos un suficiente, y para los demás un excedente, lo que en arquitectura sería viable dado que el problema tradicional y actualmente han sido los espacios insuficientes, no los que gozan de un superávit.

Contemplando entonces como podría ejecutarse una implementación legal de estos estándares basados en la antropometría, se resuelve y se hace rescate de una metodología descartada y fuertemente criticada por Mondelo, la cual se aprecia en la *Imagen XX*. En su libro él critica como es que autores han llegado a extremos tan aberrantes como para establecer y estandarizar todas las medidas antropométricas en correlación a la altura total de la persona. Esto, que sin dudas es aberrante en términos de una disciplina científica de análisis poblacional, podría no serlo en el contexto de un planteamiento legal.

Considerando la existencia base de un estudio antropométrico de nivel nacional, como el actualmente ejecutado en Argentina, se podría establecer el percentil sobre el cual ejecutar un estándar y, finalmente con único motivo de simplificar y hacer más fácil su difusión y memorización, calcular la correlación proporcional de las medidas de interés arquitectónico con respecto a la altura.

Siendo consideradas las medidas envergadura máxima para libre movimiento; distancia codo a codo para posibilidad de uso de un escritorio o mueble de uso manual; el alcance vertical para la distancia suelo a cielo; alcance de brazo para uso de muebles y mesas; distancias de pierna para uso de asientos y movimiento; y el máximo sagital para su cupo en el eje perpendicular a la envergadura.

Se promedian sus valores en los datos disponibles y con ello se calcula el coeficiente necesario para relacionarlo a

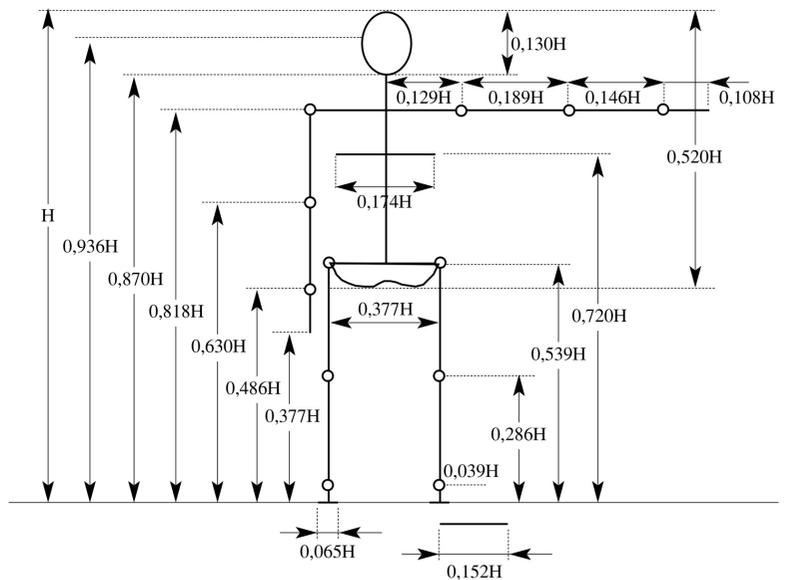
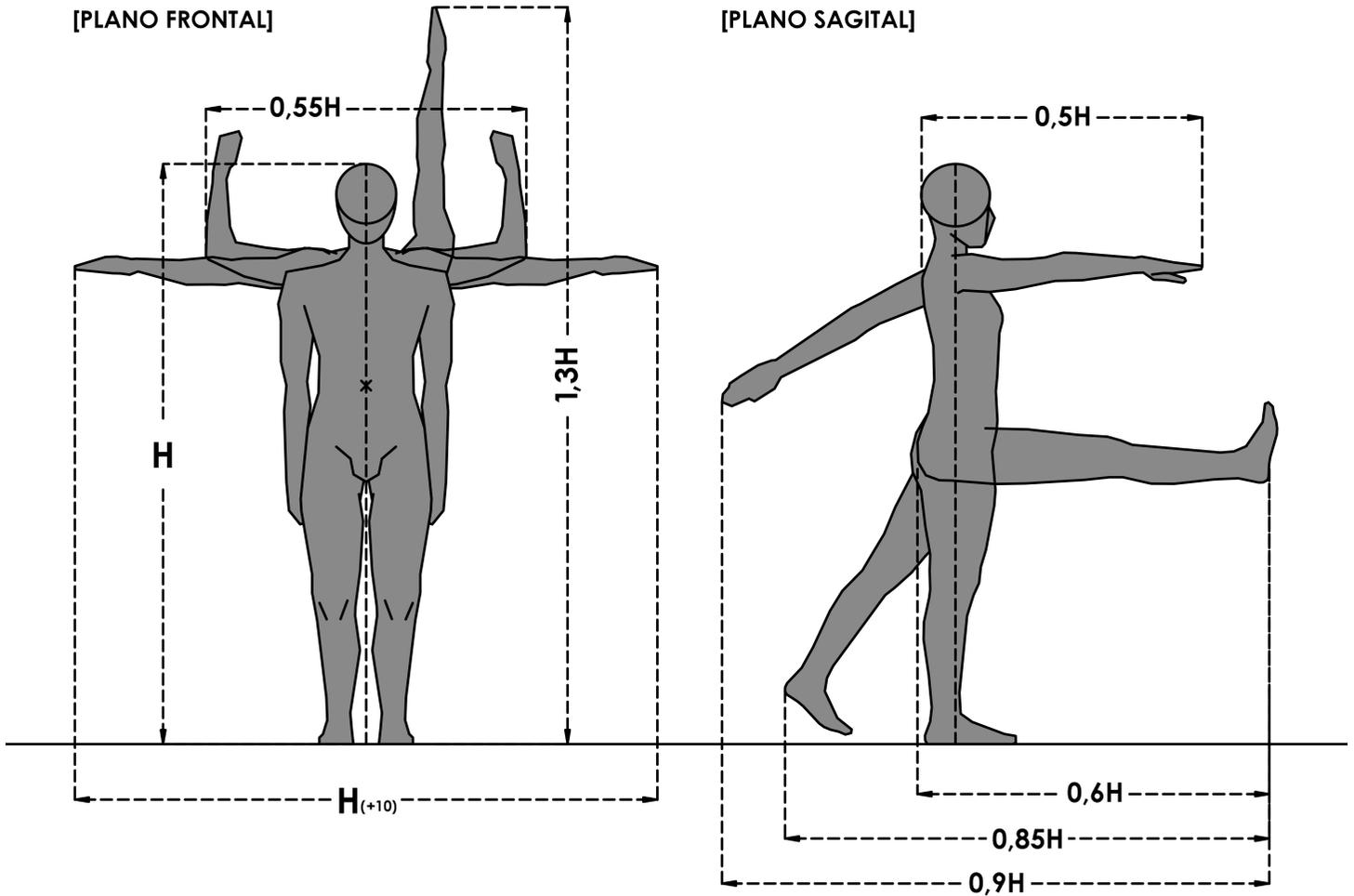


Fig. 3.1 Determinación errónea de las dimensiones del cuerpo humano a partir de la estatura.

Imagen xx - Metodología a la cual Mondelo critica en su 3er libro. La imagen muestra como se determina las medidas de un cuerpo en torno a fracciones de la altura total. Fuente: (Mondelo P., Ergonomía 3 - Diseño de puestos de trabajo, 1998)

la estatura. Además, si bien se sugiere emplear un margen de seguridad de 5cm a cada lado de cada medida (+10cm), se establece como sugerencia y solo como menester en la envergadura máxima, dados los argumentos antes explayados.

Dicho esto, la ilustración que resumiría las medidas como estándares constructivos sería:



		Estableciendo P90 - Minsal	Factor	cm	Redondeado
Plano frontal o anterior	Altura		H	186,24	185
	Envergadura máx. frontal		H+(10cm)	196,24	195
	Alcance Codo-codo		0,55H	102,432	100
	Alcance vertical máximo		1,3H	242,112	240
Plano Sagital o lateral	Alcance anterior brazo		0,5H	93,12	90
	Alcance Talón-Glúteo		0,6H	111,744	110
	Alcance máximo pierna		0,85H	158,304	160
	Alcance máximo sagital		0,9H	167,616	170

Imagen yy - Propuesta para estipulación de parámetros antropométricos como base legislativa para diseño de espacios interiores. Ante la falta de un estudio antropométrico de mayor muestra, se estipulan las dimensiones en torno a la altura del Percentil 90 (P90) más alto (masculino) en del estudio del Ministerio de Salud en 2018. Fuente: Elaboración propia. Imagen yy - Propuesta para estipulación de parámetros antropométricos como base legislativa para diseño de espacios interiores. Ante la falta de un estudio antropométrico de mayor muestra, se estipulan las dimensiones en torno a la altura del Percentil 90 (P90) más alto (masculino) en del estudio del Ministerio de Salud en 2018. Fuente: Elaboración propia.

Con estas medidas propuestas ya se podría resolver como los parámetros generan nuevos espacios. Con ello se desarrollan las primeras plantas tipo que emplean estas medidas, demostrándose su uso en planta de la burbuja de movimiento. Se generan 5 variantes de diferentes estándares para dormitorio único, junto a 4 para dormitorio matrimonial:

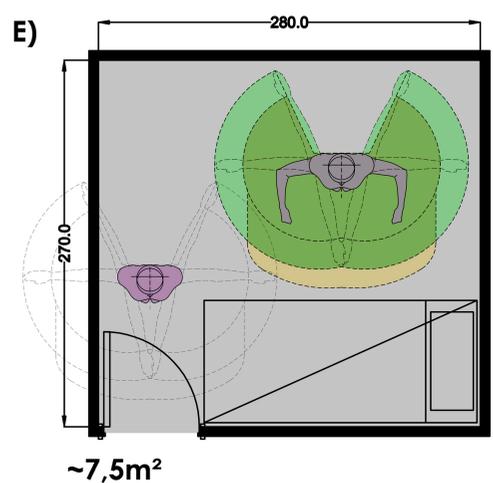
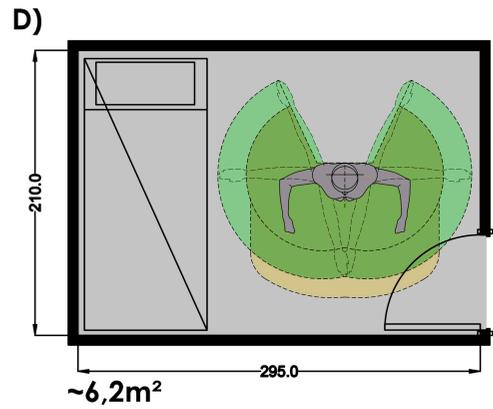
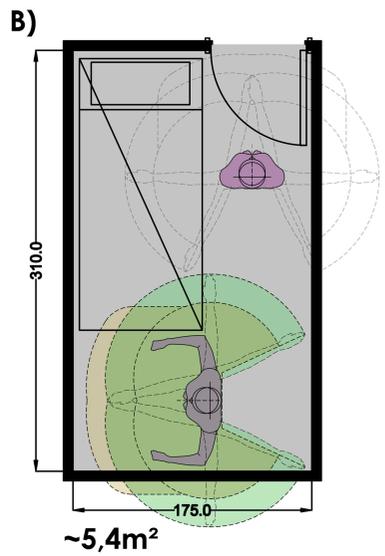
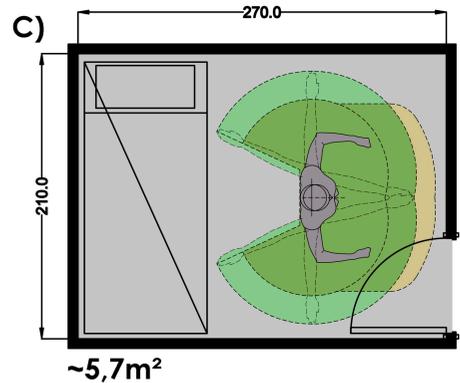
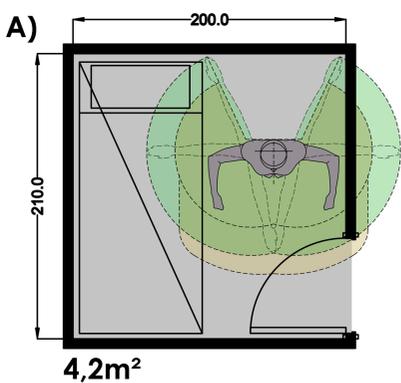
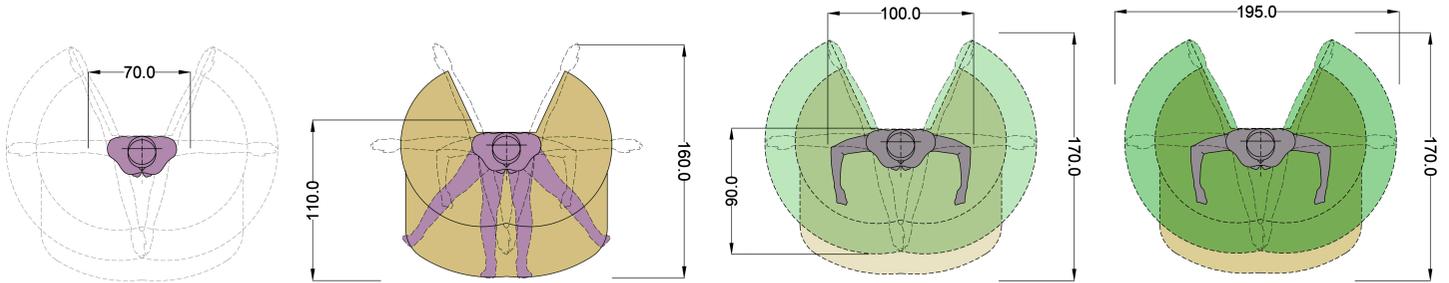


Imagen zz – Expresión gráfica de la propuesta, imagen de los alcances de burbuja de movimiento de usuario P90 en diseño de planimetría. Se enfatizan con color los diferentes alcances propuestos según la calidad espacial y cupo que se planea dar. La primera cota señalada (70cm) corresponde al estándar de circulaciones y puertas usado actualmente en la legislación. Fuente: Elaboración propia

Imagen AA – Diferentes configuraciones de espacios, la tipología A y B son una respuesta directa a la habitación individual de vivienda social. Las tipologías C a la E gozan progresivamente de mas holguras según las orientaciones con la que se proyectan los alcances de la burbuja. Fuente: Elaboración propia

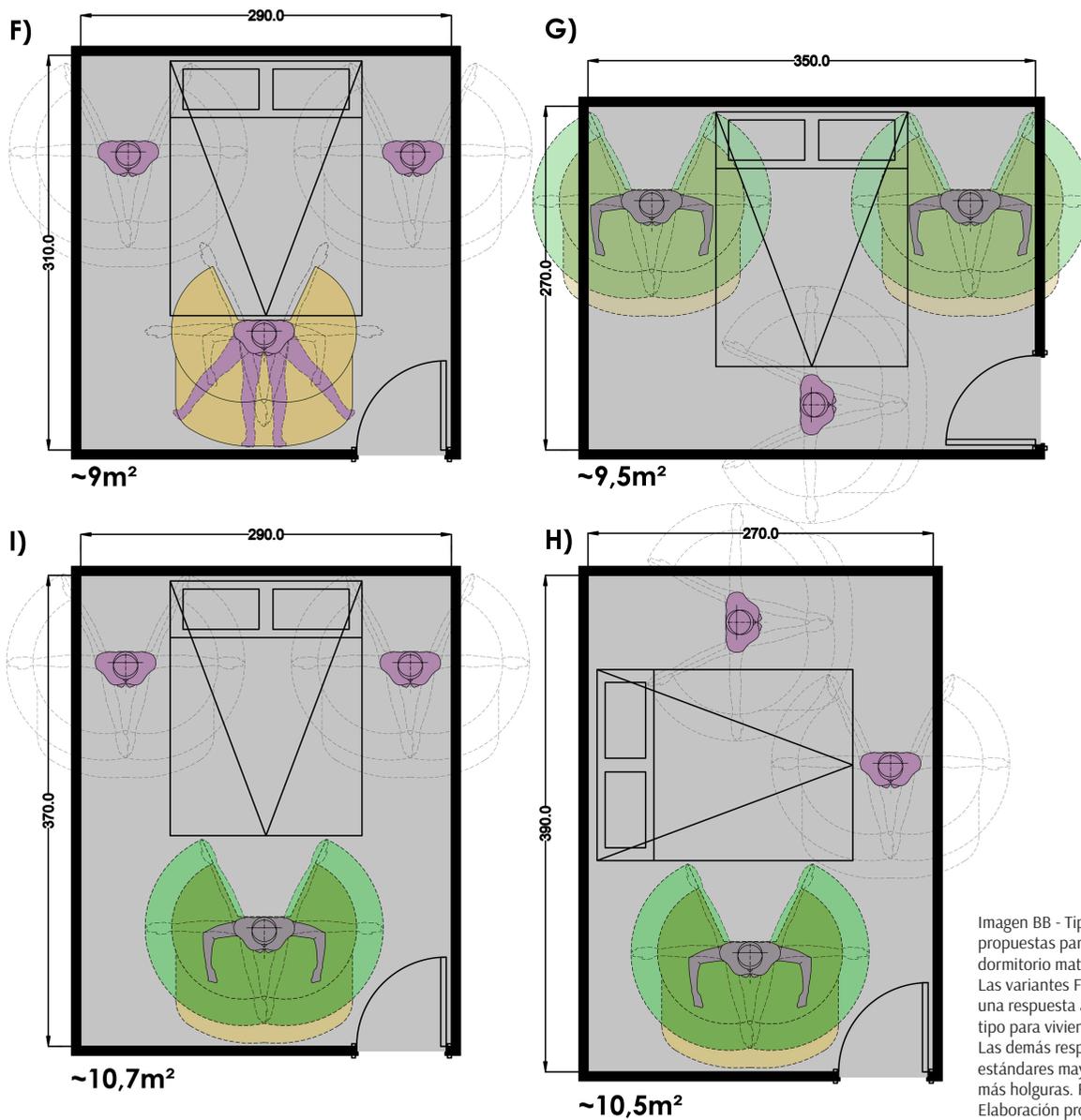


Imagen BB - Tipologías propuestas para dormitorio matrimonial. Las variantes F y G son una respuesta al actual tipo para vivienda social. Las demás responden a estándares mayores con más holguras. Fuente: Elaboración propia.

aprecia en el desarrollo de dormitorios individuales como es que sus áreas se acercan progresivamente a lo que se planteaba en los casos del Existenzminimum de Teige, e inclusive a unas planimetrías de Klein; particularmente en los casos C y D, cuyo tamaño que ronda a los 6m² remite a lo mencionado por Teige sobre que ninguno de sus colegas solía sugerir un estándar mayor a ese, comprendiéndose ahora el motivo.

En las tipologías A y B se hace dos variantes de la tipología individual de vivienda social, que no llegaba a [195cm] de ancho, más esto se considera no del todo necesario, ya que al optimizar el espacio añadiendo el cupo codo-codo en vez del estándar de pasillo o sumado a este, se logra un gran aumento en el potencial de uso y habitabilidad sin requerir de mucha superficie extra. Lo mismo se ve en el caso del dormitorio matrimonial con los casos F y G, donde aumentos no mayores (1,7 a 2,2m²) aumentan considerablemente su potencial y comodidad.

Además, como complemento, se demuestra su potencial latente al poner a prueba los planos originales, sorprenden las respuestas adecuadas que se presentan:

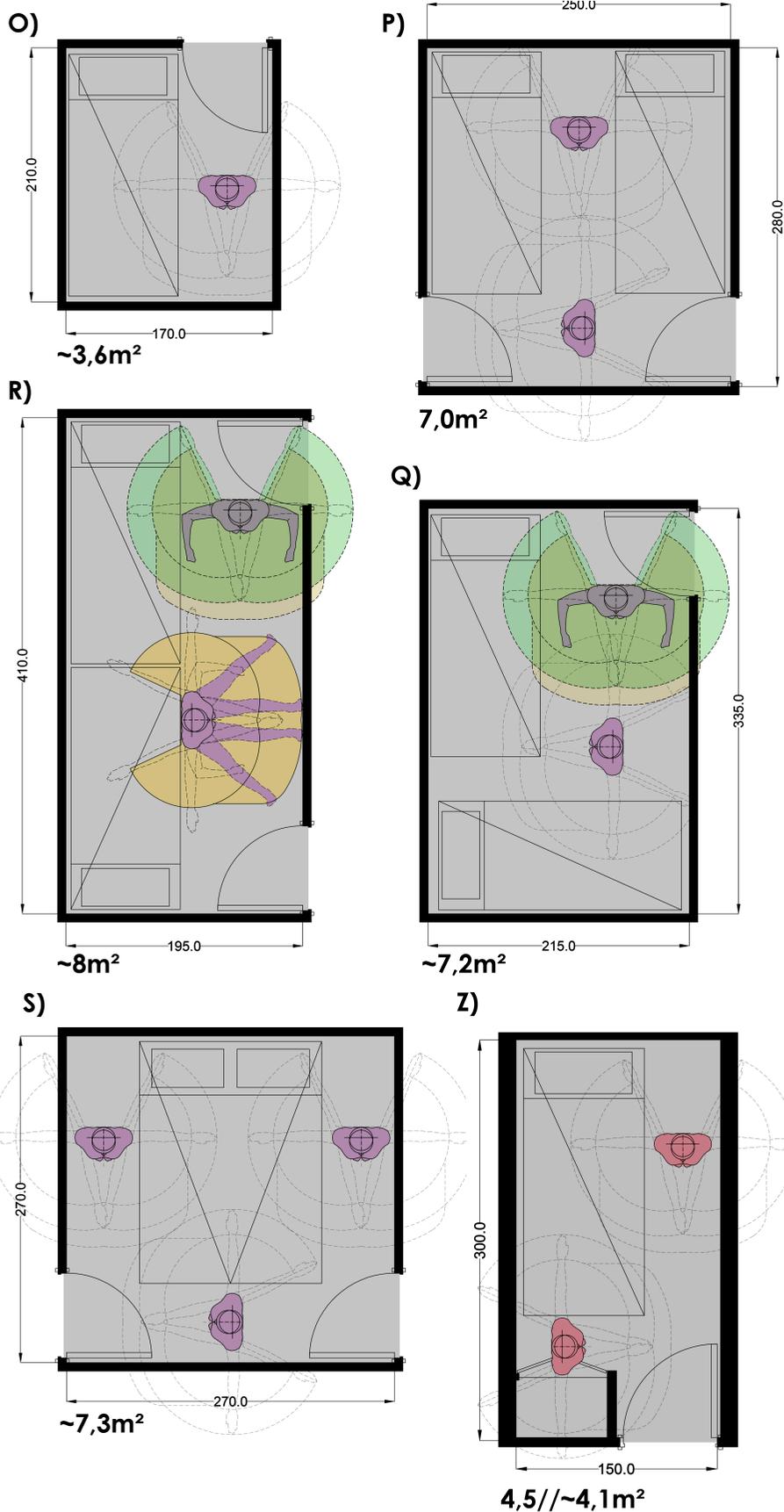


Imagen CC – Respuesta de los planos de las diferentes habitaciones de vivienda social al método de burbuja. Se aprecia como en todos los casos los desempeños suelen ser "suficientes", en especial casos R y Q. La habitación Z corresponde al caso de los departamentos estudiados, se destaca en rojo ya que ni siquiera se cumple con 70cm para circulaciones. Fuente: Elaboración propia

Al comprobar como los estándares de habitación social se desenvuelven ante la capacidad de uso de espacio, se logra dilucidar que en efecto estos podrían ser calificados como “suficientes”, esto en el sentido de que la persona al menos tenga siempre disponible y asegurado el correcto espacio para circular. Más aún, destacan los casos R y Q, ya que al ser una habitación compartida la inclusión de dos camas permite el desarrollo de espacio apto (aunque de uso alternante, no precisamente simultáneo).

Esto último se maximiza con la consideración de usar, por ejemplo, una cama tipo camarote, donde el espacio disponible pueda ser usado, explotando su potencial. Ante lo cual, se destaca el aumento de la altura del cielo a [2,4m] según el estándar antropométrico P90, ya que, si bien [+10cm] a la altura mínima legal actual pueden no considerarse mucho o sustancial, en términos de la gran y diversa cantidad de soluciones que se venden para ahorrar u optimizar espacio, como los mismos camarotes, es necesario contar una mayor altura.

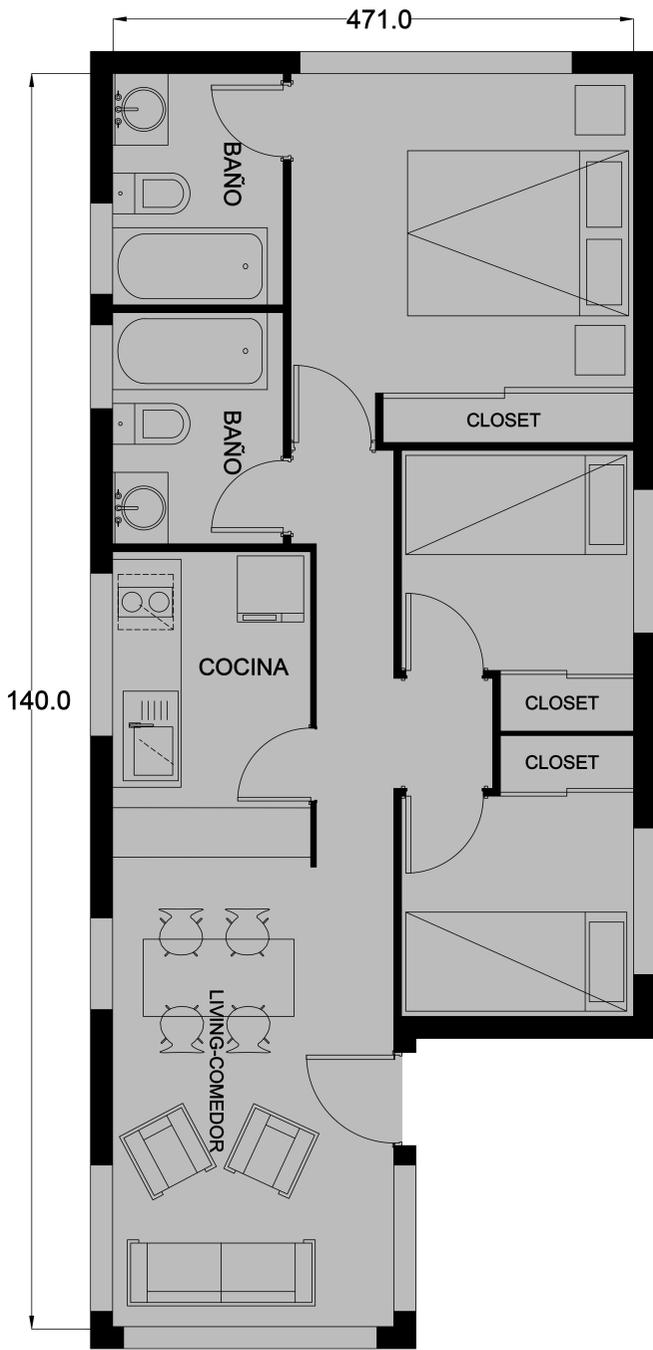
Además, se demuestra que bajo ningún criterio casos como la habitación Z cumplen con algo que se podría denominar siquiera como “óptimo”, ni en el estándar legal social, ni en análisis de burbuja con estándar Minimín, ni mucho menos Burbuja de movimiento del estándar a P90 propuesto. Esta habitación en particular, correspondiente a lo que actualmente se ve como la habitación individual tipo de los departamentos modernos, es un caso un tanto alarmante y hasta simbólico del panorama actual y futuro.

Es por ello que solo se puede desprender el que, por mucho se sea altamente complejo el generar legislación que determine o restrinja la propiedad privada, si se considera menester que exista algún tipo de mínimo establecido que impida casos como estos, siendo, por ejemplo, evitable estableciendo como ley los usuales [70cm] de pasillo para las circulaciones.

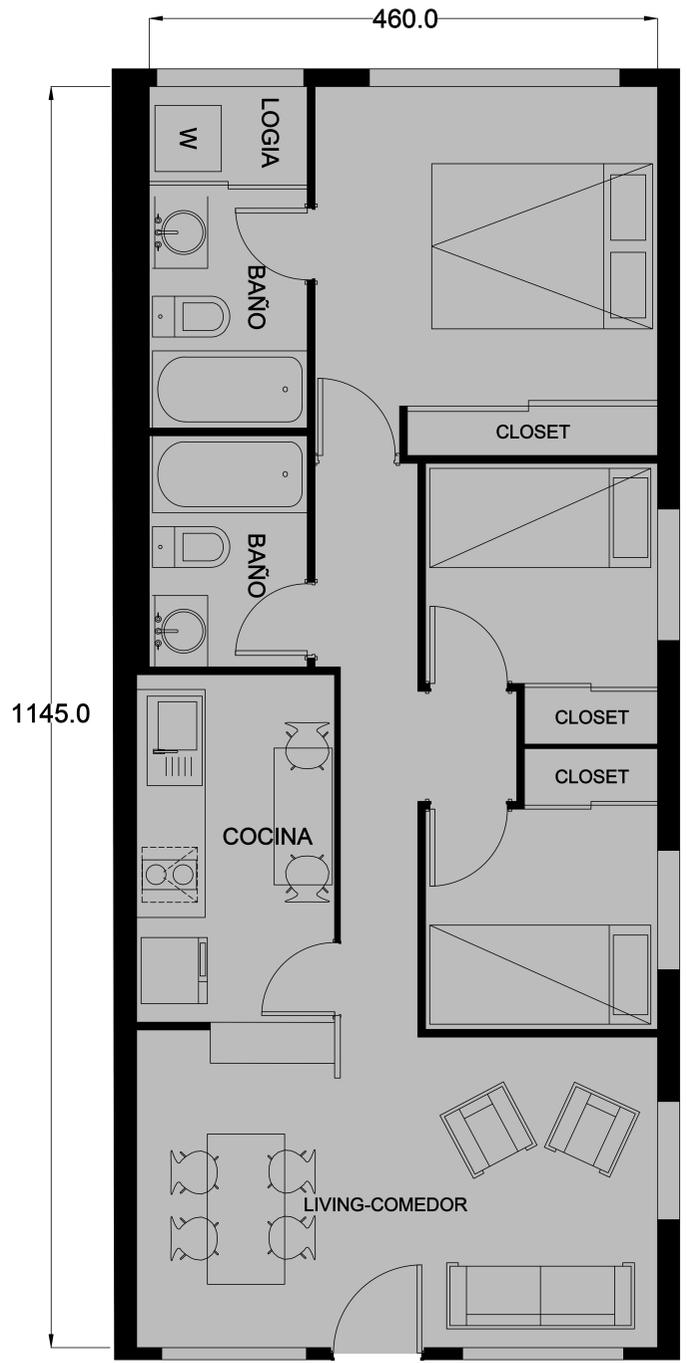
Finalmente, tomando en consideración los parámetros establecidos por la legislación, las tipologías de mobiliario comunes que se vio en los departamentos, las configuraciones estudiadas de A. Klein en el *Existenzminimum*, juntos a las propuestas en este capítulo (particularmente habitaciones A y F), se resuelven las siguientes planimetrías para vivienda social, tanto en versión casa en terreno [47m²] y edificación en altura [55m²].

Como se puede ver en la *Imagen DD*, se hacen concesiones intencionales a algunas formas, por ejemplo, las habitaciones individuales tienen un espacio intersticial de ingreso, forma clásica vista en planimetrías de Klein (aunque no necesariamente prácticas a estos casos). También de los mismos ejemplos se rescata el fomentar la privacidad de cada habitación ubicando un elemento amortiguador de ruido entre divisiones, en este caso los closets. Además, se consideran 2 habitaciones individuales según el promedio hijos por familia (1,56) registrado en el último censo del país (INE Chile, 2021).

Con esto se busca demostrar que, manteniendo básicamente los mismos elementos ya existentes y comunes, alterando ligeramente las dimensiones y usando los estándares antropométricos como una forma de asegurar la habitabilidad, se puede aumentar bastante la calidad espacial de las viviendas, lo que resalta a la vista del ojo experto.



[47m²]



[55m²]



Imagen DD - Planimetrías de propuestas de nuevas tipologías para vivienda social. Se considera una configuración alargada más que cuadrada por consideraciones urbanistas. La vivienda en altura se proyecta como un conjunto de departamentos pareados y simétricos, forma común a muchos conjuntos sociales en altura. Fuente: Elaboración propia.

5.1.1. Análisis del volumen del movimiento de las acciones del habitar

Como se decía en los capítulos anteriores, si bien el análisis del Potencial de movimiento, con lo que sería la proyección de alcances de la Burbuja, es una buena manera de comprender el cupo de la persona en un espacio junto a las posibilidades que tendrá para darle uso, con franqueza su capacidad de análisis queda marginada y no tiene comparación a la hora de compararse con lo que sería la posibilidad de un análisis en tiempo real de los actos del vivir.

Esto, claramente, involucra dimensiones y aspectos mucho más complejos que simplemente la posibilidad de utilizar cómodamente o no un espacio. Está el uso del mueble, como la interfaz que existe entre el humano y la habitación; están las relaciones interpersonales, que marcaran distancias cómodas según la relación entre sus habitantes; están las acciones mismas, ya sean vitales o “banales” según la relevancia con las que se consideren; las circulaciones; los almacenajes; las limpiezas, etc.

Para todos estos aspectos tan complejos es que se propone registrar los actos del habitar, todo con tal de luego poder calcular el volumen de su uso y, con ello, al comparar la misma acción realizada por diferentes cuerpos de diferentes tallas poder resolver si es que existen diferencias significativas de esto, por mucho que el análisis 2D ya nos dé las primeras luces de esto.

Una vez ejecutados todos los métodos descritos, los resultados fueron parciales, ya que, si bien se logró ejecutar los escaneos 3D con los movimientos escaneados, el cálculo del volumen de las acciones es algo que sin dudas excede el nivel de conocimiento básico o siquiera estándar de los programas usados, cosa que ya era advertida desde un inicio.

Sin embargo, ante la anticipación de este mismo panorama, fue que con tiempo de antelación se contactó a especialistas en el campo que sí pudiesen sobrellevar a este límite teórico-práctico en la ejecución, lo que llevó a una gran colaboración e interesante proyecto digno de desarrollarse como tal. Esto entonces se convierte en material de todo un método final para el desarrollo unificado de lo explorado durante esta investigación.

5.2. Desarrollo del método de análisis espacial basado en kine-antropometría tridimensional

Recopilando todas las metodologías exploradas, sean de teoría antropométrica como de registro de voluntarios, movimiento y espacio, se hizo búsqueda de una empresa especializada que pudiera aunar todo esto en una sola herramienta.

Buscando con base en los desarrolladores de software en Chile que tuvieran experiencia con las tecnologías de captura de movimiento, se llegó a dar con **Mezcla Estudio**, desarrolladores con más de 10 años de experiencia y realizadores de diversos proyectos Fondecyt, los que los convierte en uno de los expertos idóneos para esta labor.



Imagen FF - Logo de Mezcla Estudio. Fuente: Mezcla.cl, 2021.

Una vez presentado el proyecto y los antecedentes de lo preexistente, se procedió a hacer una evaluación de factibilidad. Entre lo cual se hizo una diagramación del funcionamiento teórico del

software, y finalmente considerado viable todo lo resuelto en la metodología de la investigación, se procedió a su realización.

Con ello se crea la versión demo de *Bubble Trace*, software que recopila modelos de personas escaneadas en 3D, escaneos de movimiento y elevaciones de espacios reales en un solo entorno con tal de ver evidenciar de forma visual el volumen utilizado en el habitar y como es que el espacio responde a esto.

Dada la fase inicial del programa se seleccionó los casos habitacionales más representativos, lo que serían los casos de departamentos A (30,7m²) como el caso menor, departamento C (40,6m²) como representante del promedio actual, y la vivienda social D (44m²) que siendo un caso específico de vivienda social ligeramente por debajo de lo usual también es un ejemplo digno de análisis y contraste.

Reiterando lo explorado en los capítulos de metodología, el enfoque de usar tecnologías accesibles y de alta disponibilidad es que cualquier usuario o diseñador pueda valerse de sus propios casos de estudio y usarlos, además de los predeterminados. Vale decir, el software tiene como fin futuro un desarrollo inclusivo, que aceptaría el análisis de todo tipo de cuerpo, sea género, edad, discapacidades en particular, etc. Por lo que valerse de una base de datos de gran tamaño, como lo sería un estudio a nivel nacional, sería el caso ideal y que no estaría lejos de lo que actualmente ya es posible y se ha implementado.

La forma en que se calcula el volumen del movimiento está basada en el concepto de la burbuja de movimiento, lo que le da el nombre al programa. Al trazar el volumen de la silueta en el espacio durante su movimiento se genera un efecto muy similar a lo que se puede apreciar en la *Imagen HH*, el volumen que forma el aro al moverse en el espacio es evidenciado

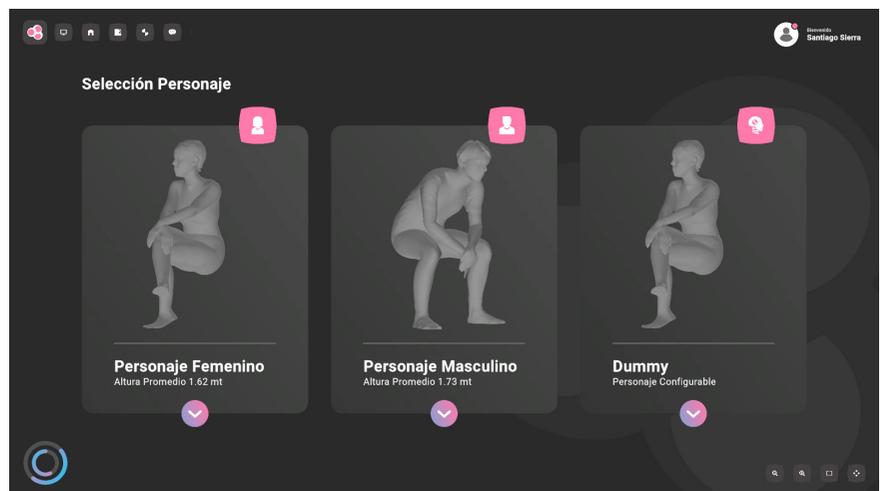
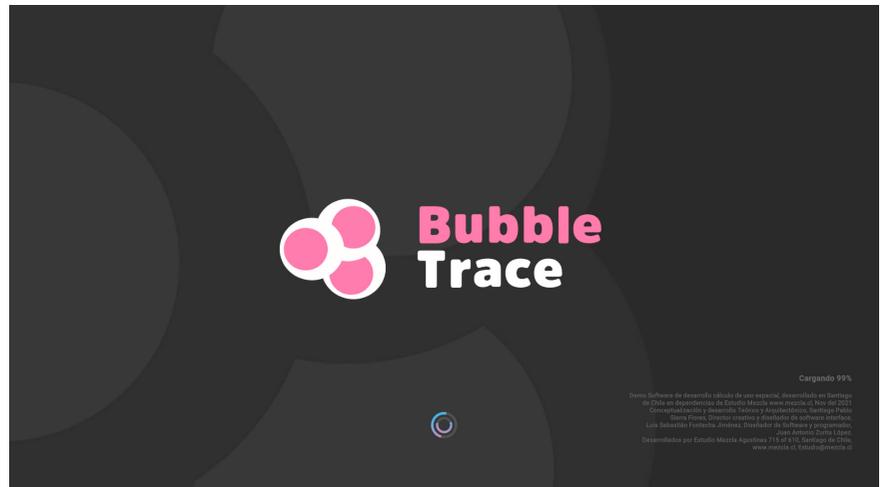


Imagen GG - Primera maqueta de la interfaz del software. Se selecciona el caso de persona escaneada F-P50, M-P50, o Dummy (Configurable); luego se elige el caso habitacional, disponibles 3 de los 5 estudiados (Deptos A, C y D), y finalmente la acción (teclado). Fuente: Mezcla estudio, 2021.

de manera clara por la burbuja que este genera, por lo que, si esta burbuja fuera de un material sólido y rígido, se podría medir fácilmente el volumen que alberga y con ello, el volumen del espacio que usó al desplazarse.

Dentro del software esta forma de análisis se divide en dos, cómo es expresado a través del programa, y cómo es calculado. La expresión gráfica de este es a través de presentar muchas capturas sucesivas con alta frecuencia de secciones, fragmentos del movimiento, esto como ya se vio en el capítulo del desarrollo, genera una imagen 3D estilo estroboscópica.

En cambio, para el cálculo del volumen se tuvo que optar por otro método, ya que recurrir al mismo que el gráfico presenta una gran carga para el procesamiento de un computador. Por lo cual, en vez de sumar todos los volúmenes de los fragmentos, restando cada sección que tuvieran en común, se llenó el volumen de las habitaciones con voxes ("pixel 3d", similar a cubos) de volumen 2 o 5cm³ (configurable), estos que serían invisibles e inmateriales, permiten el paso a través registrando si fueron tocados o no por el personaje, la suma final de los que se activaron al tocarse sería el modo de calcular el volumen, con una resolución no despreciable de $(\pm\{2;5\}/2)\text{cm}^3$.



Imagen HH - Burbuja gigante. Se aprecia como el trayecto del aro es "grabado" en el espacio por el volumen de la burbuja. Fuente: (i0.wp.com, 2021)

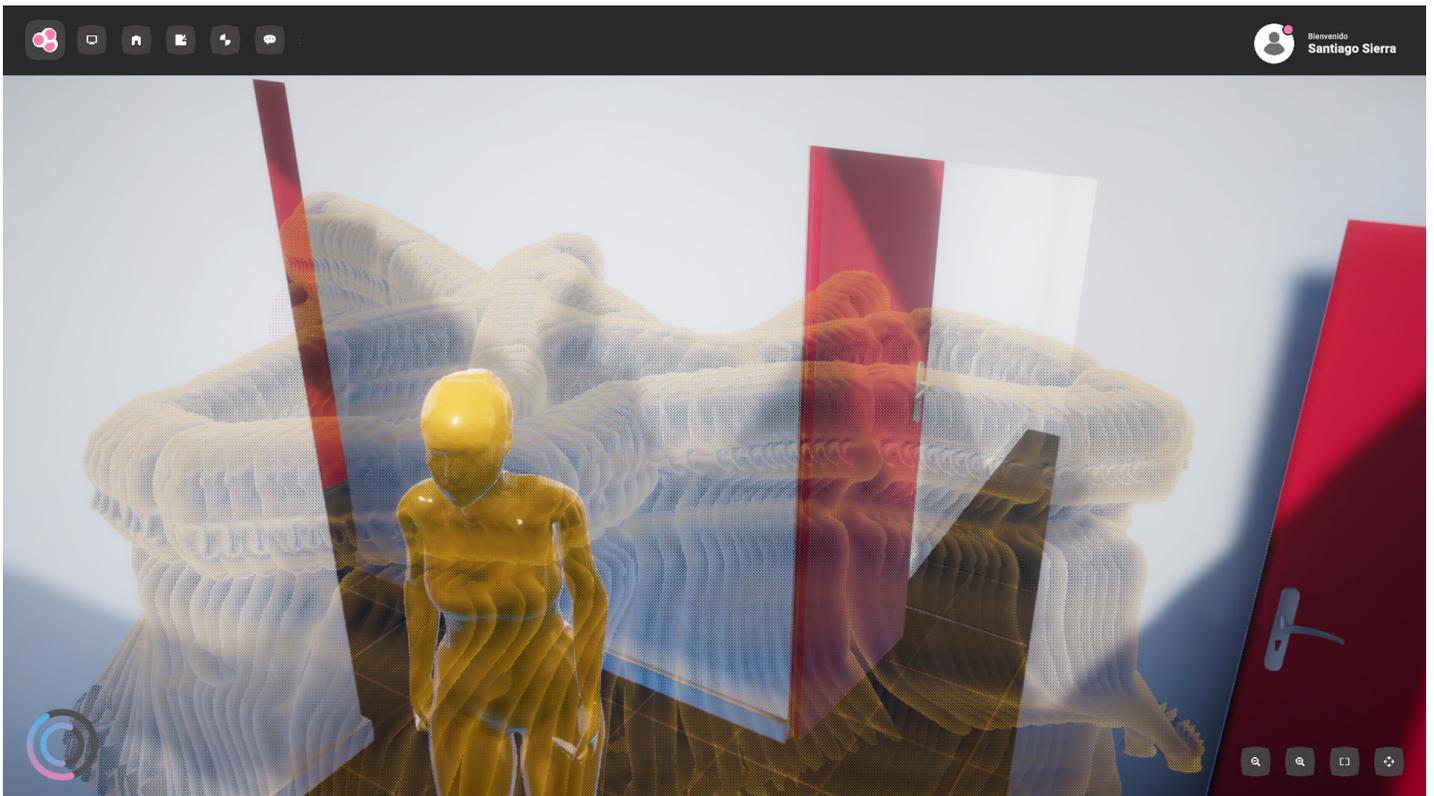


Imagen II - Trazado espacial de un recorrido libre por las habitaciones. Se aprecia el modo de graficar el espacio usado a través de una sucesión muy seguida de momentos, al estilo de una composición estroboscópica. Elaboración: Mezcla estudio

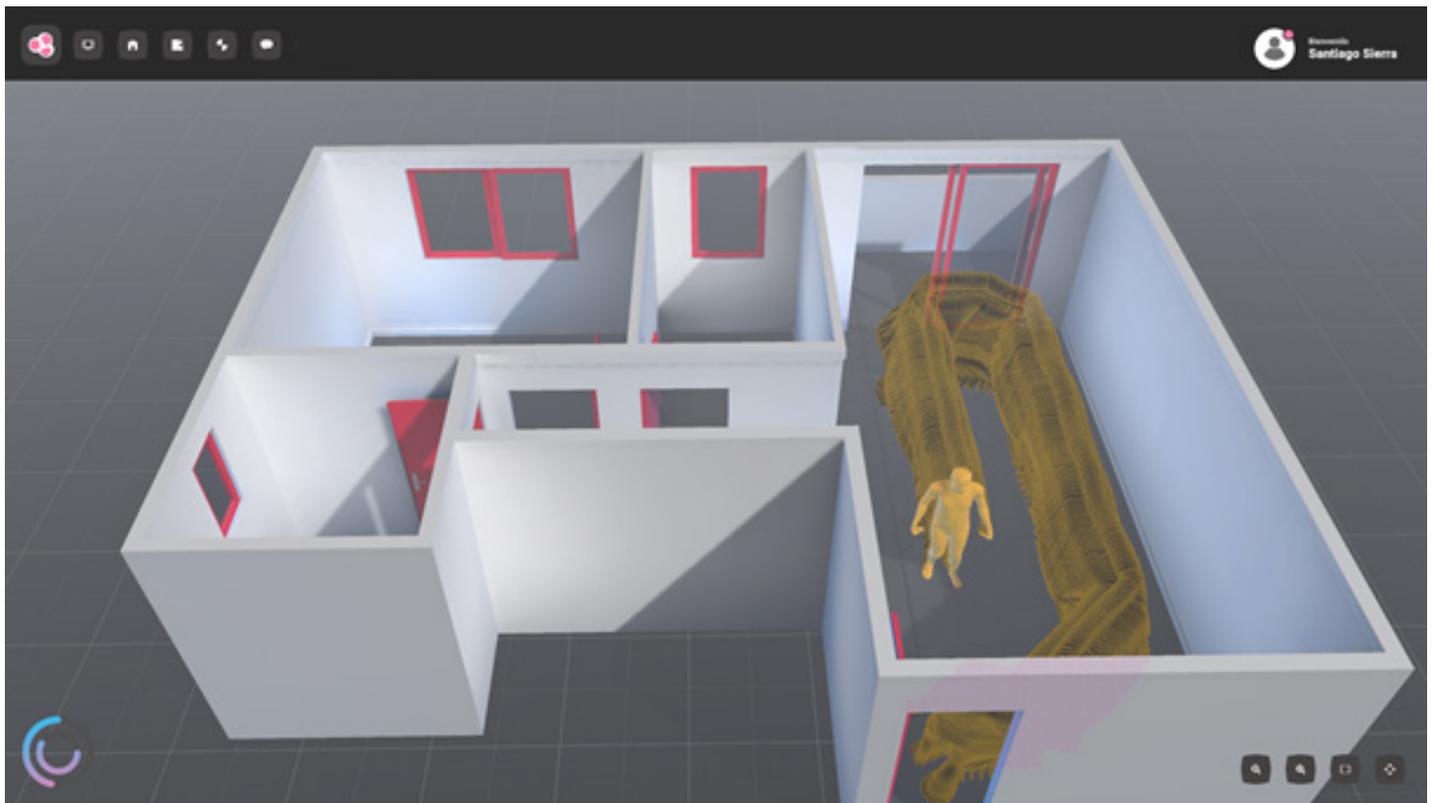


Imagen JJ - Registro del desplazamiento del Modelo masculino P50 en la cocina y sala de estar del Departamento C. Se aprecia la escala del trazado de una circulación simple y libre dentro de una habitación vs el Depto. total. Elaboración: Mezcla estudio

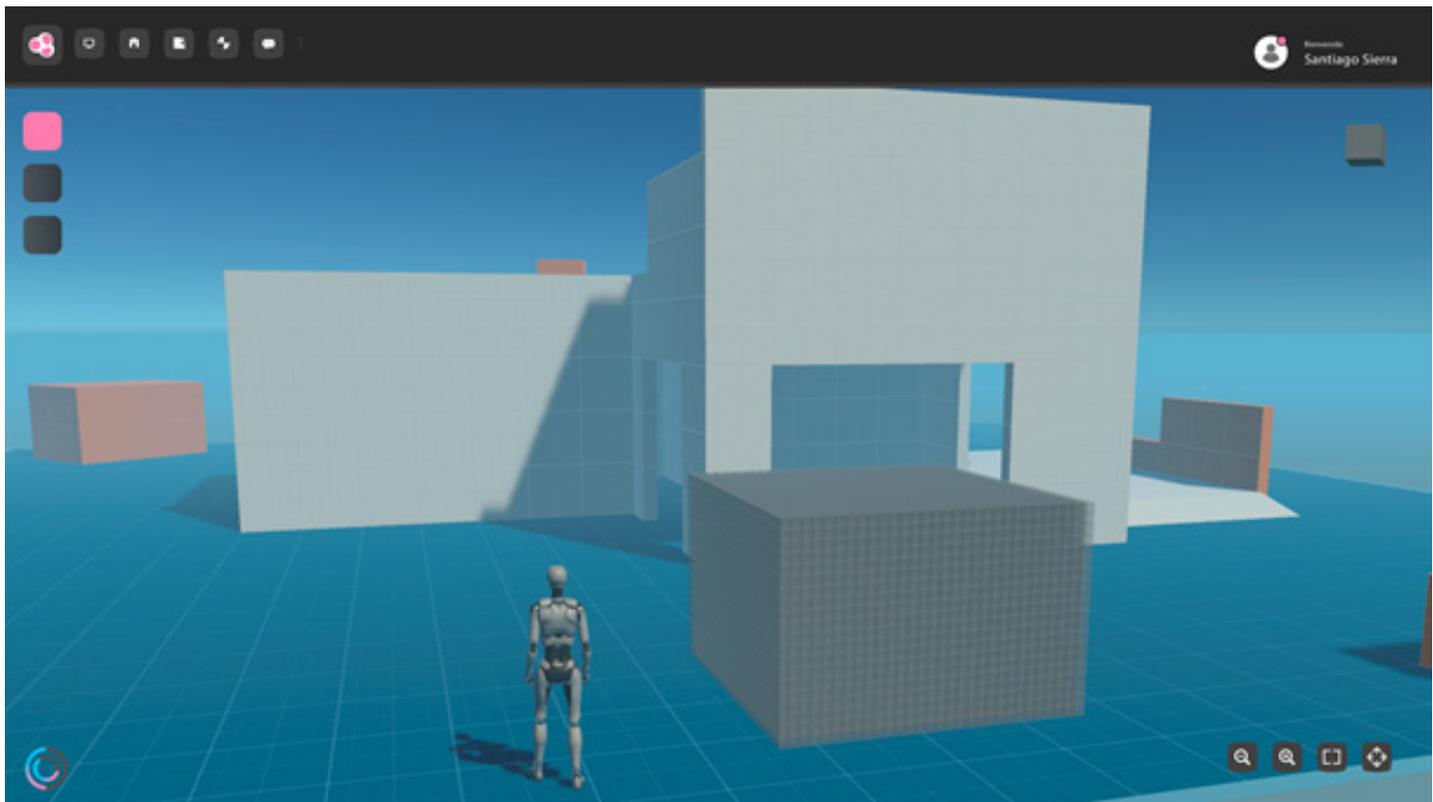


Imagen KK - Demostración de escena de cómo sería el análisis del volumen. Se muestran visibles los voxeles de 5cm³ que llenan las habitaciones y con ello registrarían la interacción del personaje al desplazarse. Elaboración: Mezcla estudio

Si bien para la fecha de entrega de este trabajo no logró más que desarrollarse una etapa inicial de lo que sería el funcionamiento de este software, su factibilidad y potencial teórico para desarrollar las nuevas formas de análisis del espacio habitable es uno de sus grandes e indiscutibles virtudes.

Sumado a esto, luego de la posibilidad de medir el volumen usado del desplazamiento, el objetivo al que se planea llegar es que, una vez calculado, también este volumen sea exportable a otros programas de diseño, ya sea en 2D como vistas planimétricas para *AutoCAD*, o en 3D para su uso en programas como *Rhinoceros*, *SketchUp*, *ArchiCAD*, *Revit*, Etc.

Con ello se terminarían por resolver, por ejemplo, los registros que no se lograron desarrollar en el *Capítulo 3.2.2* sobre la captura del movimiento de manera bidimensional de las acciones del vivir, donde luego de obtener los resultados de forma tridimensional, y usando los modos ortogonales de visualización (sin perspectiva), se podrían exportar y transformar estos de forma automática para los programas de diseño 2D. Se confirma entonces que optar por formas más automatizadas e interdisciplinarias es una de las maneras más eficientes de lograr sobrellevar las limitaciones de implementación de gran escala que se necesitan para algunos tipos de registro.

Además, con la concepción de esta herramienta y su desarrollo futuro se abre la posibilidad de mayores y más complejos ordenes de análisis, como el del uso espacial simultaneo de múltiples usuarios, demostrando la habitabilidad no solo de una persona a la vez. Esto particularmente no se limitaría entonces al análisis habitacional, análisis en escalas mayores como cupos en salas de clases o espacios públicos son la siguiente frontera a desarrollar. Esto además, en conjunto a tener la posibilidad de aceptar cualquier tipo de cuerpo para su escaneo y emulación, también permitiría proyectar los diferentes casos que posean algún tipo de discapacidad motriz, tanto para los casos autovalentes como los que necesiten asistencia pasiva o activa.

Finalmente, y destacando las motivaciones originales, este software como una herramienta de cuantificación del volumen habitable permitiría poder hacer un análisis exhaustivo del uso espacial de los diferentes percentiles y casos con capacidades diferentes. Contrastando los resultados, y a través del conocimiento de los profesionales correspondientes, se podría evaluar y estudiar para un consenso de las formas y cupos de los volúmenes que se generan al habitar, y con ello, una vez resueltos los suficientes casos de estudio, llegar a consenso de los que se deben resguardar y establecer para velar por la habitabilidad de las viviendas, sean estas sociales o no.

Se concluye con la propuesta de que en la recopilación de las herramientas preexistentes hay gran potencial para la exploración y desarrollo de nuevos estándares que realmente velen con ciencia cierta por la habitabilidad que se entrega a las personas. Estas nuevas tecnologías, además de ya ser mucho más accesibles hoy en día, son lo suficientemente capaces para generar este nuevo tipo de análisis, por lo que el desarrollo de una interfaz automática para análisis espacial basado en kine-antropometría tridimensional es, sin duda alguna, el futuro sugerido y esperable para real definición de mínimos habitables dignos.

CONCLUSIONES

6.1. Reparos finales sobre el proceso y resultados

Se comprende que, si bien es factible el desarrollo de un método que aúne más la ergonomía, antropometría y arquitectura, su concepción en estado actual de avance tecnológico donde se requiere aunar métodos diferentes e individuales es, por lo bajo, un esfuerzo no menor y una cantidad de conocimiento considerable.

Por lo cual, aunque las dificultades encontradas a lo largo del proceso en su gran mayoría se debieron al uso de las tecnologías más accesibles, y por ende las más básicas o de menor complejidad, el que se haya llegado a resultados parciales, y hasta en algún grado funcionales, ya demuestra en sí misma no solo la viabilidad de la propuesta, sino que evidencia el potencial de unificar los métodos más profesionales y elaborados existentes de estas tecnologías. Lo que concluye positivamente con las primeras etapas de la creación del software como un ejemplo de su viabilidad y alcances.

Con respecto a los causales e influencias de la forma arquitectónica contemporánea, se deja expresa la preocupación del estado actual del mercado inmobiliario y con ello los efectos que se tiene tanto en la forma de la vivienda social como en la privada. Se considera urgente generar intervenciones legales para solventar estos problemas, dado que ante la eventual permanencia no sería factible que se considerasen las resoluciones ideales calculadas. Sumado a eso, con respecto a uno de los argumentos más frecuentes por el cual se suele rechazar los aumentos en el área de las viviendas -sean sociales o no- de que con ello se eleva el costo de la unidad habitacional, se ve como según lo investigado y concluido esto sería falaz, aunque no carecería de dificultades. Junto a ello, por muy complejo que sea este problema a escala global, regularizar los fenómenos descritos es uno de los primeros pasos para poder asegurar la habitabilidad en las viviendas.

Por último, se resuelve al igual que la opinión experta de las disciplinas, que la estandarización en torno a un solo cuerpo promedio estará condenada a ser considerada errónea, por lo que una legislación que se base en la actualización conforme a los estudios de toda la población es, sin lugar a duda, el siguiente paso a tomar. Con ello, demostrado además que actualmente hay espacios o legislaciones que ni siquiera llegan a cumplir con las dimensiones de un estándar medio, sea nacional o internacional, se ve cómo es que no se ha apelado ni velado por la inclusión del cuerpo humano (y sus acciones) como una medida para establecer los parámetros legislativos de la vivienda, lo que explica y se considera causa principal de los ejemplos que se han demostrado reiteradas veces como no aptos ni dignos.

6.2. Conclusiones

Se confirman las hipótesis; no existía previamente un método con este enfoque particular para arquitectura, más aún, al ser necesarios análisis antro-po-arquitectónicos más elaborados los métodos más similares preexistentes que fueron estudiados demostraron sus limitaciones y/o insuficiencias, comprobándose la necesidad de uno de mayor alcance y, por sobre todo, que considere las tecnologías tridimensionales.

Por lo cual, contemplando los ejemplos contemporáneos y la posibilidad de este nuevo método, se considera menester la realización de una política que establezca una medición antropométrica a gran escala del país, con actualización sugerida de al menos cada 15 a 20 años.

La propuesta de una legislación que contemple estándares antropométricos para establecer medidas para la vivienda se ve no solo viable, sino que se considera como uno de los aparentes pasos adecuados a seguir en función de una mejora legislativa que vele por el espacio habitable.

Ahora, si bien también se comprobó que ante el estado actual de la situación inmobiliaria la intervención en la política de vivienda privada es compleja, se establece que actualmente es en esta donde se presentan los menores estándares, ante lo cual se considera necesario y prioritario que también se definan mínimos para ello.

Sobre la estipulación de dimensiones mínimas en base un coeficiente o porcentaje de la altura de cierto percentil, y considerando su alto rechazo en términos de su uso antropométrico, aún así se valida como una forma sintética y eficiente de transmitir la información para su estipulación legislativa en el diseño, dado a que sería más fácil de comprender, recordar y aplicar, perdurando así entre actualizaciones del registro antropométrico.

Finalmente, se concluye que en la medida de que se empiece a mejorar el entendimiento del diseño de la vivienda desde una mayor inclusión del cuerpo humano, se podrá mejorar realmente el desarrollo de una mayor calidad habitacional para las viviendas, conjuntos, barrios y hasta las ciudades. La cooperación y unificación entre las disciplinas proyectuales es el camino para aumentar la calidad de vida de las personas, por lo que apuntar a ello es la garantía para generar un mejor futuro, uno con mayor habitabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

24 Horas Central. (24 del 10 de 2021).

www.litoralpress.cl. Obtenido de https://www.litoralpress.cl/sitio/RadioTV_Detalles.cshtml?LPKey=C3QQSO3573RQLZCLTM3MOBOLZTPACKTFC3XDIIQOQZQV5NLC2AA

ABCNews. (3 de Septiembre de 2020). ABCNews: *Cual es la altura promedio de los Chilenos*. Obtenido de <https://abcnews.cl/cual-es-la-altura-promedio-de-los-chilenos/>

Aranda Gómez, S. (Enero de 2014). *repositorio.uchile.cl*. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/116598>

Archiweb.cz. (15 del 1 de 2007). *www.archiweb.cz*. Obtenido de <https://www.archiweb.cz/news/karel-teige-minimalni-byt-a-kolektivni-dum>

Argentina.gob.ar. (10 de Junio de 2021). *Argentina.gob.ar*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-gobierno-reglamento-la-ley-de-talles-0>

AtlasObscura. (3 de Septiembre de 2020). *Atlas Obscura: The Revolutionary Concept of Standard Sizes Only Dates to the 1920s*. Obtenido de <https://www.atlasobscura.com/articles/the-revolutionary-concept-of-standard-sizes-only-dates-to-the-1920s>

Avila-Chaurand, Rosalio et al. (29 de Enero de 2007). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/31722433_Dimensiones_antropometricas_de_la_poblacion_latinoamericana_Mexico_Cuba_Colombia_Chile_R_Avila_Chaurand_LR_Prado_Leon_EL_Gonzalez_Munoz

Bevilacqua, M. G. (8 de 6 de 2011). Alexander Klein and the Existenzminimum: A 'Scientific' Approach to Design Techniques. *Nexus Network Journal*(13), 297–313. doi:10.1007/s00004-011-0080-6

Blog, H. d. (3 de Septiembre de 2020). Historia del Arte - "*Blog de Miguel*". Obtenido de <https://historiadelartemiguel.blogspot.com/2015/03/periodos-historicos-de-la-grecia.html>

Blog: desirenhos.wordpress.com. (2 de 9 de 2014). *desirenhos.wordpress.com*. (Raqarq, Editor) Obtenido de <https://desirenhos.wordpress.com/2014/09/02/disturbing-neufert-2/>

Boueri, J. (2008). *Antropometria a aplicada à arquitetura, urbanismo e desenho industrial*. São Paulo: Estação das Letras e Cores Editora.

CDC - USA. (28 de 12 de 2016). *www.cdc.gov*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/nchs/data/nhsr/nhsr122-508.pdf>

Chechilnitzky, A. (15 de Octubre de 2019). Vivir en menos de 70 m²: el 56% de las viviendas de Santiago son de ese tamaño o más pequeñas. *La Tercera*, págs. <https://www.latercera.com/la-tercera-pm/noticia/vivir-en-menos-de-70-m2-el-56-de-las-viviendas-de-santiago-son-de-ese-tamano-o-mas-pequenas/861754/>.

Ciper Chile. (28 de 10 de 2021). Obtenido de <https://www.ciperchile.cl/2019/07/22/vivienda-a-precios-demenciales-2-por-que-es-necesario-que-el-estado-regule-los-precios/>

Ciper Chile. (13 de 5 de 2021). www.ciperchile.cl. (R. G. Francisco Vergara Perucich, Editor) Recuperado el 26 de 10 de 2021, de <https://www.ciperchile.cl/2021/05/13/los-superduenos-del-gran-santiago-y-la-crisis-de-la-vivienda-en-chile/>

Contraloría General de la República. (2008). *Concepto de Vivienda Social, Complementación Dictamen*. Santiago, Chile: Informe jurídico de la construcción.

Cooperativa.cl. (5 de 2 de 2019). www.cooperativa.cl. Obtenido de <https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/consumidores/inflacion/estos-son-los-productos-que-mide-el-ipc-desde-2019/2019-02-05/185622.html>

Córdova, J. M. (2020). *La privacidad mínima para existir: La concepción de lo domestico en tres casos de cohabitación contemporánea*. Sucre, Bolivia.

CurioSFera. (3 de Septiembre de 2020). *CurioSFera Historia*. Obtenido de <https://curiosfera-historia.com/partenon-de-atenas/>

DatosMundial. (3 de Septiembre de 2020). Datos Mundial: *Estatura promedio*. Obtenido de <https://www.datosmundial.com/estatura-promedio.php>

Diario - El Mostrador. (27 de 9 de 2021). www.elmostrador.cl. Obtenido de <https://www.elmostrador.cl/dia/2021/09/27/berlin-vota-a-favor-de-expropiar-a-grandes-inmobiliarias/>

Diario Concepción. (23 de 6 de 2019). www.diarioconcepcion.cl. Obtenido de <https://www.diarioconcepcion.cl/ciudad/2019/06/23/proponen-nuevo-estandar-para-la-construccion-de-viviendas-sociales.html>

Diario El Mostrador. (12 de 5 de 2021). www.elmostrador.cl. Obtenido de <https://www.elmostrador.cl/destacado/2021/05/12/la-politica-de-vivienda-social-en-crisis/>

Diario El mundo - España. (27 de 10 de 2021). www.elmundo.es. Obtenido de <https://www.elmundo.es/blogs/elmundo/entorno-habitable/2018/01/23/oferta-y-demanda-en-la-vivienda-un.html>

Diario Financiero. (7 de 1 de 2010). [df.cl](http://www.df.cl). Obtenido de <https://www.df.cl/noticias/economia-y-politica/chile-cerro-el-ano-2009-con-inflacion-acumulada-de-1-4/2010-01-07/080000.html>

Diario La Tercera. (15 de 10 de 2019). www.latercera.com. Obtenido de <https://www.latercera.com/la-tercera-pm/noticia/vivir-en-menos-de-70-m2-el-56-de-las-viviendas-de-santiago-son-de-ese-tamano-o-mas-pequenas/861754/>

Dra Ramos Rosario, et al. (7 de 6 de 2018). www.sap.org.ar. Obtenido de <https://www.sap.org.ar/>

docs/publicaciones/archivosarg/2018/v116n6a09.pdf

Ducci, M. E. (1997). Chile: el lado oscuro de una política de vivienda exitosa. *Revista EURE*, vol. XXIII, N°69.

El mostrador. (12 de 5 de 2021). *www.elmostrador.cl*. Obtenido de <https://www.elmostrador.cl/destacado/2021/05/12/la-politica-de-vivienda-social-en-crisis/>

El País. (10 de 10 de 1982). *elpais.com*. (F. Bayon, Editor) Recuperado el 9 de 11 de 2021, de https://elpais.com/diario/1982/10/11/internacional/403138815_850215.html

ElEconomista.es. (3 de Septiembre de 2020). *El Economista: Ernst Neufert, el arquitecto y 'padre' del estándar sin el que Ikea no existiría*. Obtenido de <https://www.economista.es/construccion-inmobiliario/noticias/7889408/10/16/Ernst-Neufert-el-arquitecto-y-padre-del-estandar-sin-el-que-ikea-no-existiria.html>

Fuentes, L. (4 de 6 de 2021). Entrevista con Luis Fuentes, Observatorio del arriendo. *Pensar - Habitar*. (M. Aguirre, Entrevistador) Obtenido de <https://radio.uchile.cl/programas/pensar-habitar/630198/>

Fuentes, L. (4 de 6 de 2021). Geografo, Magister en desarrollo urbano, Doctorado en Arquitectura y estudios urbanos. *Pensar - Habitar*. (M. Aguirre, Entrevistador)

Futuro360.com. (7 de 3 de 2019). *www.futuro360.com*. Obtenido de https://www.futuro360.com/data/impresiones-3d-ayudan-a-cirujanos-a-practicar-antes-de-las-operaciones-para-no-cometer-errores_20190307/

Geraldo, A. (2015). Ergonomía y Antropometría aplicada con criterios ergonómicos en puestos de trabajo en un grupo de trabajadoras del subsector de autopartes en Bogotá, DC, Colombia. *Revista Republicana*, 2-3, 135-150.

Gili, G. (1980). *Vivienda mínima "1906-1957"*.

Glosario Arq. (3 de Septiembre de 2020). *Glorio Arquitectónico: Éntasis*. Obtenido de <https://www.glosarioarquitectonico.com/glossary/entasis/>

GuinnessWorldRecords. (30 de 11 de 2021). *Robert Wadlow: El hombre más alto de la historia*. Obtenido de <https://www.guinnessworldrecords.es/records/hall-of-fame/robert-wadlow-tallest-man-ever>

Hall, E. (1966). *La dimensión oculta*. México: Siglo veintiuno Editores.

Harris, R. (Abril de 2018). El espacio sagrado en oriente y occidente. *Clases presenciales*. Santiago, RM, Chile: Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.

Heidegger, M. (2001). *"Construir, Habitar, Pensar"*, Conferencias y artículos. Barcelona: Del Serbal.

Hiemstra, G. (3 de Septiembre de 2020). *Wisdomlib : Manasara*. Obtenido de <https://www.>

wisdomlib.org/definition/manasara

Hiemstra, G. (3 de Septiembre de 2020). *WisdomLib : Shilpashastra*. Obtenido de <https://www.wisdomlib.org/definition/shilpashastra>

Hiemstra, G. (3 de Septiembre de 2020). *WisdomLib : Yava*. Obtenido de <https://www.wisdomlib.org/definition/yava>

Hisour. (3 de Septiembre de 2020). *HiSoUR: Arte, Cultura e Historia*. Obtenido de <https://www.hisour.com/es/vastu-shastra-28321/>

History of computer animation (CGI). (30 de 1 de 2018). *computeranimationhistory-cgi.jimdofree.com*. Obtenido de <https://computeranimationhistory-cgi.jimdofree.com/looker-1981/>

<https://grupoaudiovisual.com/ventajas-arquitectura-3d/>. (20 de 10 de 2021). *GrupoAudiovisual.com*. Obtenido de <https://grupoaudiovisual.com/ventajas-arquitectura-3d/>

Ida, T. (3 de Septiembre de 2020). *Advanced Ceramics Research Center*: Education. Obtenido de <http://www.crl.nitech.ac.jp/~ida/education/VitruvianMan/>

Imilan Ojeda, W. (5 de 2016). *repositorio.uchile.cl*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/141198>

INE (Chile). (25 de 10 de 2021). *www.ine.cl*. Obtenido de <https://www.ine.cl/ine-ciudadano/definiciones-estadisticas/economia/indice-de-precios-al-consumidor>

INE Chile. (11 de 1 de 2021). *www.ine.cl*. Obtenido de <https://www.ine.cl/prensa/2021/01/11/nacimientos-de-madres-extranjeras-crecen-y-alcanzan-el-14-en-chile>

inflation.eu. (24 de 10 de 2021). *inflation.eu*. Obtenido de <https://www.inflation.eu/es/tasas-de-inflacion/estados-unidos/inflacion-historica/ipc-inflacion-estados-unidos.aspx>

Klein, A. (1980). *Vivienda mínima: 1906-1957* (GG ed.). Barcelona. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/399402295/05-Klein-Alexander-Vivienda-minima-1906-1957-cap-5-pdf>

Latercera.com. (20 de 10 de 2021). *latercera.com*. Obtenido de <https://www.latercera.com/laboratoriodecontenidos/noticia/la-tercera-edad-ahora-es-digital/KLWX7WOGTVDKDGD3TEX7JGM35A/>

Lourdes, G. M. (4 de 5 de 2017). *www.gestiopolis.com*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/factores-economicos-limitantes-la-ciencia/>

Mesh-Online.net. (12 de 2018). *www.mesh-online.net*. Obtenido de <https://www.mesh-online.net/mocap.html>

Migotto, A. (2019). Between Rationalization and Political Project: The Existenzminimum from. *Urban Planning*, 4(3), 299–314. doi:DOI: 10.17645/up.v4i3.2157

Mondelo. (1998). *Ergonomía 3 - Diseño de puestos de trabajo*. Barcelona: EDICIONS UPC.

Mondelo, P. (1994). *Ergonomía 1 - Fundamentos*. Barcelona: Edicions UPC, Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Mondelo, P. (1998). *Ergonomía 3 - Diseño de puestos de trabajo*. Barcelona: Edicions UPC.

Montes, C. (12 de 5 de 2021). La política de vivienda social en crisis. elmostrador.cl, pág. Opinión.

Mulet Jaime, Velázquez Esteban. (10 de 6 de 2020). www.camara.cl. Obtenido de <https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=14148&prmTIPO=INICIATIVA>

ONU. (4 de 2010). www.ohchr.org. Recuperado el 24 de 11 de 2021, de https://www.ohchr.org/Documents/Publications/FS21_rev_1_Housing_sp.pdf

Pallasmaa, J. (11 de 8 de 2006). *Elpais.com*. Obtenido de https://elpais.com/diario/2006/08/12/babelia/1155337575_850215.html

Panero & Zelnik . (1979). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. New York: Watson-Guption Publications.

Pfenniger, F. (Agosto de 2017). Apuntes de clase - Construcción 2. Santiago, RM, Chile: Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.

Plataforma Arquitectura. (20 de 10 de 2020). www.plataformaarquitectura.cl. (S. Baraya, Editor) Obtenido de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/948641/el-area-minima-de-vivienda-quien-determina-los-espacios-mas-pequenos-permitidos-en-latinoamerica>

Pöhlmann et al. . (2016). Evaluation of Kinect 3D Sensor for Healthcare Imaging. *Journal of Medical and Biological Engineering*. doi:10.1007/s40846-016-0184-2

Renata Borba de Amorim, et al. (1 de 11 de 2008). www.scielo.cl. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182008000400003

Rodríguez Basarte, P. (30 de 7 de 2020). oa.upm.es. Obtenido de https://oa.upm.es/62852/1/TFG_Jun20_Rodriguez_Basarte_Paula.pdf

Solorio, V. (22 de 10 de 2021). Arquitecturayconstruccion.mx. Obtenido de <https://arquitecturayconstruccion.mx/noticias/por-que-es-importante-una-maqueta-arquitectonica/>

SputnikNews. (31 de 8 de 2021). mundo.sputniknews.com. Obtenido de <https://mundo.sputniknews.com/20210831/el-cohousing-espanol-que-conquista-latinoamerica-ecologico-sin-especulacion-y-contra-la-soledad-1115567922.html>

Stewart, A. D. (23 de 4 de 2010). fdocuments.in. Obtenido de <https://fdocuments.in/document/kinanthropometry-and-body-composition-a-natural-home-for-three-dimensional.html>
thewildernesslife. (s.f.). thewildernesslife.com.

Toro, R. (2018). *Metodología de Diseño Arquitectónico Edwin Haramoto. Adopciones y Adaptaciones*. Santiago, Chile: ADREDE EDITORA.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. (13 de 21 de 2021). *cdc.gov*. Obtenido de https://www.cdc.gov/nchs/data/series/sr_03/sr03-046-508.pdf

United States Department of Agriculture. (1930). *America medicinal plants of commercial importance* (Vol. Miscellaneous publication No. 77). Washington: United States Department of Agriculture. Recuperado el 3 de Septiembre de 2020, de <https://play.google.com/books/reader?id=0lxq3HZCFTYC&hl=es&pg=GBS.PA78>

Universitat politècnica de Catalunya. (6 de 11 de 2021). Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/343772?show=full>

Urban Networks. (3 de Septiembre de 2020). *Urban Networks* : Blog. Obtenido de <https://urban-networks.blogspot.com/2018/06/haciendo-el-indio-con-la-ciudad-los.html>

Vargas, M. (27 de 10 de 2021). *economia.udp.cl*. Obtenido de <https://economia.udp.cl/proferosr-miguel-vargas-publica-articulo-sobre-la-colusion-en-el-mercado-de-viviendas-en-chile/>

Veritasium. (8 de 2021). *www.youtube.com*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=Q2LdNDDdYOk>

Virtual UPTC. (3 de Septiembre de 2020). *Centro virtual de divulgación de las matemáticas*. Obtenido de <https://virtual.uptc.edu.co/ova/estadistica/docs/autores/pag/mat/Thales2.asp.htm>

Vitruvio. (27 a.e.c). *De Arquitectura*. Roma: Autopublicado.

Vitruvio, M. L. (23-27 a.c.). *Los Diez Libros de Arquitectura, Primer libro*. Roma: Autopublicado.

Walter Imilan, P. O. (11 de 2016). Acceso a la vivienda en tiempos Neoliberales. *Revista INVI*, 31(88), 163-190.

www.plataformaarquitectura.cl. (30 de 6 de 2019). *www.plataformaarquitectura.cl*. Obtenido de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/919863/un-ensayo-fotografico-sobre-la-rectificacion-humana-en-la-ergonomia-de-neufert>

Imágenes mixtas

- Imagen n:

<https://www.suma.ac.jp/campus/calendar/190523kenkousindan/>
https://ma-tyan.blog.ss-blog.jp/upload/detail/m_IMG_4789-5d72c.jpg.html

- Imagen ll:

<https://thespaceintherelationship.files.wordpress.com/2013/05/kinesphere-1.jpg>
<https://coobajj.wordpress.com/2012/10/16/advanced-theory-and-methodology/kinesphere/>

- Imagen hh:

<https://damasimport.com.ar/producto/adultos-o-ninos-dentro-de-la-burbuja-burbujero-gigante-de-90-cm-de-diametro/>

ANEXO

Referencias directas a los datos internacionales de antropometría usados en la tabla de la *Imagen qq*, actualizada con fecha 13 de diciembre de 2021:

- **Datos de Chile:**

Tablas de antropometría Mutual de Seguridad (2016):

https://www.mutual.cl/portal/wcm/connect/98d0e1fb-621b-4a7e-baf1-57ad603c6f16/tablas_de_antropometria_de_la_poblacion_trabajadora_chilena.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-98d0e1fb-621b-4a7e-baf1-57ad603c6f16-m5RTXvt

Manual de su base teórica:

<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/8632/MANUAL%20ANTROPOMETRIA.pdf>

Tablas del Ministerio de Salud (2018):

http://www.bibliotecaminsal.cl/wp/wp-content/uploads/2018/07/2018.06.14-PAC_Interior-con-lineas-de-corte-14-juliov3.pdf

- **Datos de Estados Unidos:**

https://www.cdc.gov/nchs/data/series/sr_03/sr03-046-508.pdf

- **Datos de Latinoamérica [México, Cuba, Colombia, Venezuela, Argentina]:**

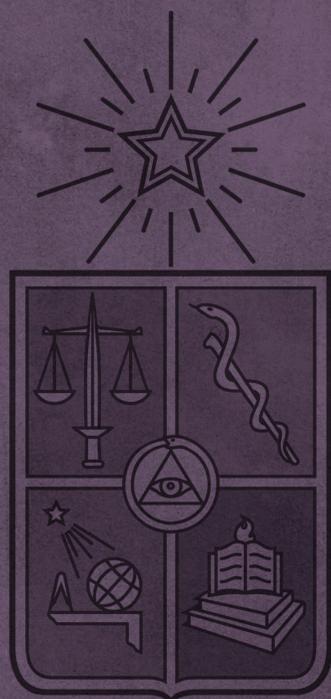
https://www.researchgate.net/publication/31722433_Dimensiones_antropometricas_de_la_poblacion_latinoamericana_Mexico_Cuba_Colombia_Chile_R_Avila_Chaurand_LR_Prado_Leon_EL_Gonzalez_Munoz

- **Datos de Japón:**

Contacto directo vía correo con un cercano investigador japonés de la Universidad de Tokio. Dada la confidencialidad expresa de su gobierno en los últimos años a no distribuir los datos públicamente no se pueden más que hacer mención indirecta a la fuente.

Disclaimer

Para finales de la publicación de este documento (26-12-2021) el documental original “¿Quién puede seguir permitiéndose vivir en la ciudad?” del canal de YouTube “*DW Documental*” con link: [https://youtu.be/lcDpV1__OyQ] ha sido dado de baja y ya no está disponible a público. Sin embargo, con único motivo de poder proporcionarlo en el pie de página de la *Página 26*, se puso a disposición el link: [<https://youtu.be/HMERPRKsdb0>] de un canal no oficial que lo ha resubido.



UNIVERSIDAD DE CHILE

