**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA ARQUITECTÓNICAS**

**CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA Y LUMÍNICA
DE LOS ATRIOS INCORPORADOS EN LOS EDIFICIOS DE
SANTIAGO DE CHILE**

TESIS DOCTORAL

**Jeannette A. Roldán Rojas
Arquitecta**

**Director de Tesis Doctoral
Dr. Arquitecto Francisco Javier Neila González
2016**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA ARQUITECTÓNICAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID**

**CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA Y LUMÍNICA
DE LOS ATRIOS INCORPORADOS EN LOS EDIFICIOS DE
SANTIAGO DE CHILE**

TESIS DOCTORAL

**Jeannette A. Roldán Rojas
Arquitecta**

**Director de Tesis Doctoral
Dr. Arquitecto Francisco Javier Neila González**

2016

Tribunal nombrado por el Magnífico y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día de de 2016.

Presidente:

Vocal:

Vocal:

Vocal:

Secretario:

Suplente:

Suplente:

Realizado el acto de defensa y lectura de tesis el día de de 2016, en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Calificación:.....

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

Dedicado a la memoria de mis padres
Dn. Julio Roldán y Doña Fresia Rojas

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN	VII
SUMMARY	IX
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN.....	XX
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Motivaciones	2
1.2. Antecedentes	4
- Definición de atrio	
- Configuración del atrio	
- Primera etapa: origen del atrio	
- Segunda etapa: desarrollo del atrio	
- Tercera etapa: alta tecnología y concepción ambiental energética	
- El atrio en Santiago	
- El atrio vidriado en la ciudad de atrio	
1.3. Planteamiento del problema.....	41
1.4. Hipótesis	42
1.5. Objetivo general	42
1.6. Objetivos específicos	43
1.7. Metodología	44
1.8. Estado del arte	46
- Primera etapa: origen del atrio	26
- Segunda etapa: desarrollo del atrio	28
- Tercera etapa: alta tecnología y concepción ambiental energética	
- Los avances de la tecnología y las nuevas propuestas de atrio.	
1.8.1. Configuración del espacio atrio contemporáneo	46
1.8.2. Los aspectos del bienestar térmico en el atrio.....	51
1.8.3. Iluminación natural en espacios interiores.....	54
1.8.4. Factor luz día	56
1.8.5. Aspectos geométrico del atrio según las dimensiones.....	60
1.8.6. Más allá del factor luz día	66
1.8.7. Medidas dinámicas de evaluación de la iluminación natural.....	72
1.9. Conclusiones parciales capítulo 1.....	74

CAPITULO 2: LOS EDIFICIOS ATRIO EN SANTIAGO.....	75
2.1. Introducción	76
2.2. La ciudad de Santiago y su ubicación geográfica	77
2.2.1. Aspectos climáticos	78
2.3. El contexto urbano	79
2.3.1. El trazado urbano de Santiago	81
2.4. La incorporación del atrio en los edificios de la ciudad	82
2.4.1. La relación Contenedor - Contenido entre atrios y borde construido	83
2.5. Metodología para construir el catastro	84
2.5.1. Criterios para la selección de los edificios y fuentes de información	84
2.5.2. Parámetros de diseño de fichas	85
2.6.1. Localización de los edificios atrio seleccionados en la ciudad	88
2.6.2. El catastro de los edificios atrios en Santiago: 27 casos	89
- Ficha 1. Centro de Extensión y Biblioteca Central UDP .	
- Ficha 2. Edificio Transoceánica.	
- Ficha 3. Centro Cívico y Cultural de El Bosque ...	
- Ficha 4. Clínica de la Salud, Universidad Del Desarrollo	
- Ficha 5. Campus UNAB / AIEP, Sede Bellavista	
- Ficha 6. Edificio U. San Sebastián, Sede Bellavista-	
- Ficha 7. Edificio AIEP, Barrio Universitario	
- Ficha 8. Edificio Vanguardia	
- Ficha 9. Edificio Los Presidentes. Facultad de Derecho Universidad de Chile.	
- Ficha 10. Centro Cultural Palacio La Moneda	
- Ficha 11. Facultad de Comunicación y Diseño. Universidad Mayor	
- Ficha 12. Edificio Aulas FACEA, Universidad De Chile	
- Ficha 13. Centro Cívico Municipalidad de Vitacura .	
- Ficha 14. Edificio TVN	
- Ficha 15. Edificio K, Universidad Las Américas	
- Ficha 16. Edificio Vicente Kovacevic II, Universidad Central	
- Ficha 17. Sede Plaza Vespucio, DUOC UC	
- Ficha 18. Centro de la Construcción, DUOC UC	
- Ficha 19. Edificio Sonda	
- Ficha 20. Edificio Atrium	
- Ficha 21. Edificio Gasco	

- Ficha 22. Facultad de Ciencias de la Construcción, UTEM	
- Ficha 23. Talleres Prolam	
- Ficha 24. Edificio Doce Juzgados de Santiago .	
- Ficha 25. Edificio Vicente Kovacevic I, Universidad Central	
- Ficha 26. Hotel Hyatt Regency, Chile	
- Ficha 27. Edificio La Merced	
2.7. Conclusiones parciales, capítulo 2	198
CAPÍTULO 3. CAPÍTULO 3. TIPOLOGÍA DE ATRIOS, VARIABLES DE CARACTERIZACIÓN Y MODELOS BASE DE ESTUDIO	200
3.1. Introducción	201
3.2. Síntesis gráfica del catastro y de los principales parámetros del los edificios	201
- Atrios de cuatro caras	202
- Atrios de tres caras	205
- Atrios de dos caras	210
- Atrios de una caras	212
- Atrios lineal	214
3.3. Localización de los edificios en la ciudad.....	218
3.3.1. Las invariantes en el emplazamiento de los edificios atrios en la trama urbana ..	223
3.3.2. Orientación de los atrios	224
3.4. Destino y uso de los edificios seleccionados.....	224
3.5. Configuración de la cavidad del atrio	225
3.6. Materiales	226
3.6.1. Estructura de techumbre y cubierta en cada edificio	228
3.7. Dimensiones generales	230
3.7.1. Relación de tamaño: superficie de planta y volumen	232
3.8. Aspectos geométrico del atrio según la dimensiones	233
3.8.1. Parámetros de dimensiones y aspectos geométricos de cada atrio de 4 caras	236
- Síntesis gráficas de las dimensiones del atrio de 4 caras, escala 1:75.....	237
3.8.2. Parámetros de dimensiones y aspectos geométrico de cada atrio regular de 3 caras.	238
- Síntesis gráficas de las dimensiones del atrio de 3 caras, escala 1:75.....	239
3.8.3. Parámetros de dimensiones y aspectos geométrico de cada atrio lineal.....	240
- Síntesis gráficas de las dimensiones del atrio lineal, escala 1:75.....	241
3.9. Modelos Identificados.....	242
3.9.1. Modelo base de estudio en la ciudad de Santiago de Chile.....	243
3.10. Conclusiones parciales, capítulo 3.....	244

CAPÍTULO 4. ILUMINACIÓN NATURAL, METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN. VARIABLES DE CARACTERIZACIÓN Y MEDICIONES EN MODELO BASE DE ESTUDIO.

4.1. Introducción.....	246
4.2. Iluminación natural.....	247
4.3. El bienestar lumínico.	250
4.4. Conceptos de iluminación natural.....	251
4.4.1. Fotometría	252
- Flujo luminoso	
- Intensidad luminosa	
- Iluminancias	
- Luminancias	
4.4.2. Características de la iluminación natural (reflexiones, contrastes, zonas y brillo luminoso)	253
4.5. Estandarización de cielos CIE.....	254
4.5. Métodos de estudio de la iluminación natural.....	257
4.5.1. Método estático.	258
- Factor luz día.	258
- FLDmedio	261
4.5.2. Método dinámico.....	262
- Autonomía lumínica.	264
- Iluminancia diurna útil.....	265
4.6. Iluminación natural en Santiago.....	265
4.7. Medición de la iluminancia diurna en Santiago para verano.....	268
4.7.1. Introducción a los modelos a escala.....	269
4.7.2. Modelos físico.....	272
- Detalle y medidas modelo físico.....	273
4.7.3. Verificación de la reflectancia de la superficie gris “hormigón” de la maqueta.....	274
- Método	
- Instrumento de medición- Procedimiento..	
- Conclusiones verificación de la reflectancia	
4.7.4. Mediciones de iluminancias bajo cielo soleado en modelos a escala.	277
- Método.	
- Instrumento de medición	
- Procedimiento de medición en maqueta	
- Resultados	
- Conclusiones de las mediciones en modelo a escala.....	281
4.8. Conclusiones parciales, capítulo 4.....	282

CAPITULO 5: ANÁLISIS DE LAS SIMULACIONES LUMINICAS EN EL MODELO BASE DE ESTUDIO	283
5.1. Introducción	284
5.2. Metodología de evaluaciones y pruebas lumínicas.....	286
5.3. Herramientas de simulación empleadas, programas de computadoras.....	287
5.3.1. <i>Ecotec</i>	288
5.3.2. <i>Radiance</i>	289
5.3.3. <i>Daysim</i>	290
5.4. Metodología para evaluar la iluminación natural en el atrio.....	292
5.4.1. El modelo de estudio.	293
5.4.2. Los modelos derivados del modelo base, a partir de otras dimensiones.....	293
5.4.3. Aspecto geométrico según las dimensiones de la cavidad del atrio.....	294
5.4.4. Configuración de los modelos de prueba.....	296
5.4.5. Los modelos según los materiales.	297
5.5. Las condiciones de simulación.....	298
5.5.1. Archivo climático horario de la ciudad de Santiago.....	288
5.5.2. Construcción del modelo geométrico.....	305
3. Orientación.	300
5.5.4. Iluminancia requerida.....	302
5.5.5. Horario de actividades.....	302
5.6. Simulaciones	304
5.6.1. Etapas de simulaciones.....	305
5.6.2. Simulaciones comparativas de 3 métricas en cada Modelo Atrio	308
- Factor de Luz Día (FLD)	
- Autonomía Lumínica (DA)	
- Iluminancia Diurna Útil (UDI)	
5.7. Relaciones entre forma atrio y comportamiento lumínico interior	310
5.8. Conclusiones parciales, capítulo 5	314
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	321
FUTURAL LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	310

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1: TABLAS RESUMEN DE LAS DIMENSIONES DEL ATRIO Y RELACIONES DE ASPECTO GEOMÉTRICO DE LA CAVIDAD.

ANEXO 2. TABLAS DE SIMULACIONES DE ATRIO MODELO Y VARIANTES.

ANEXO 3.

GRÁFICOS COMPARATIVOS MÉTRICAS EN CADA MODELO Y VARIANTES, DA, UDI, FLD.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a mi director, Dr. Javier Neila González por su disposición en guiar y atender esta tesis con gran paciencia, a sus aportes, observaciones metodológicas, técnicas y científicas indispensables.

Especialmente agradecer a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad de Chile que me impulso y apoyo en esta etapa. Así como al programa de colaboración de la Universidad Politécnica de Madrid con el BSCH que me beneficiaron con la beca que permitió el inicio de esta investigación.

Quiero agradecer a la Dra. María Eugenia Pallarés y el Taller El Bosque que ofreció el espacio de discusión y reflexión doctoral; por sus valiosos conocimientos, lecturas y apoyo e incansable estímulo; además de su atenta disposición y amistad.

Un agradecimiento especial a la Dra. María Isabel Pavéz que estuvo siempre dispuesta a discutir criterios y aspectos metodológicos, regalándome generosamente parte de su tiempo.

Agradecer la Biblioteca de la FAU y especialmente a su directora Sra. Pamela Herrera por la rápida atención a mis solicitudes y consultas.

Agradecer a todos los colegas arquitectos que generosamente atendieron mis consultas, facilitaron sus planos y antecedentes en varios de los edificios inventariados.

A mis amigos que me apoyaron, escucharon y ayudaron más de alguna vez con su valioso tiempo, Adriana Adonis, Benjamín Díaz, Gastón Herrera, Mitha Pallarés y Ronald Harris.

Agradecerles a mis queridas hermanas Patricia y Verónica, por su apoyo y confianza. Especialmente agradecer a Raúl Guzmán Heim, mi insuperable compañero en la vida que con gran paciencia y cariño, ha sido durante todo el tiempo que me llevo la realización de esta tesis, un apoyo incondicional además de su invaluable y comprometida ayuda en todo momento.

Muchas gracias a todos.

RESUMEN

El atrio incorporado en los edificios ha sido un recurso espacial que tempranamente se difundió a nivel global, siendo adoptado por las distintas arquitecturas locales en gran parte del mundo. Su masificación estuvo favorecida primero por la rápida evolución de la tecnología del acero y el vidrio, a partir del siglo XIX, y en segundo término por el posterior desarrollo del hormigón armado. Otro aspecto que explica tal aceptación en la arquitectura contemporánea, es de orden social y radica en la llamativa cavidad del espacio describiendo grandes dimensiones y favoreciendo con ello, el desarrollo de una multiplicidad de usos en su interior que antes eran impensados.

Al interior del atrio, la luz natural es clave en las múltiples vivencias que alberga y sea tal vez la condición ambiental más valorada, ya que entrega una sensación de bienestar al conectarnos visualmente con el ambiente natural. Por esta razón de acuerdo al método hipotético deductivo, se evaluaron los efectos de la configuración geométrica, la cubierta y la orientación en el desempeño de la iluminación natural en la planta baja, a partir un modelo extraído desde el inventario de los edificios atrio construidos en Santiago de Chile, en los últimos 30 años que fue desarrollado en el capítulo 2.

El análisis cuantitativo de los edificios inventariados se elaboró en el capítulo 3, considerando las dimensiones de los atrios. Simultáneamente fueron clasificados los aspectos constructivos, los materiales y las características del ambiente interior de cada edificio. En esta etapa además, fueron identificadas las variables de estudio de las proporciones geométricas de la cavidad del atrio con los coeficientes de aspecto de las proporciones, en planta (PAR), en corte (SAR) y de la cavidad según (WI), (AR) y (RI). Del análisis de todos estos parámetros se extrajo el modelo de prueba.

El enfoque del estudio del capítulo 4 fue la iluminación natural, se revisaron los conceptos y el comportamiento en el atrio, a partir de un modelo físico construido a escala para registro de la iluminancia bajo cielo soleado de la ciudad. Más adelante se construyó el modelo en ambiente virtual, relacionando las variables determinadas por la geometría de la cavidad y el cerramiento superior; examinándose de esta manera distintas transparencias, proporciones de apertura, en definitiva se evaluó un progresivo cerramiento de las aberturas, verificando el ingreso de la luz y disponibilidad a nivel de piso con la finalidad, de proveer lineamientos útiles en una primera etapa del diseño arquitectónico.

Para el análisis de la iluminación natural se revisaron diferentes métodos de cálculo con el propósito de evaluar los niveles de iluminancia en un plano horizontal al interior del atrio. El primero de ellos fue el Factor de Luz Día (FLD) que corresponde, a la proporción de la iluminancia en un punto de evaluación interior respecto, la cantidad proveniente del exterior bajo cielo nublado, a partir de la cual se obtuvo resultados que revelaron la alta luminosidad del cielo nublado de la ciudad. Además fueron evaluadas las recientes métricas dinámicas que dan cuenta, de la cantidad de horas en las cuales de acuerdo a los extensos registros meteorológico de la ciudad, permitieron obtener el porcentajes de horas dentro de las cuales se cumplió el estándar de iluminancia requerido, llamado autonomía lumínica (DA) o mejor aún se permanece dentro de un rango de comodidad visual en el interior del atrio referido a la iluminancia diurna útil (UDI).

En el Capítulo 5 se exponen los criterios aplicados al modelo de estudio y cada una de las variantes de análisis, además se profundizó en los antecedentes y procedencia de las fuentes de los registros climáticos utilizados en las simulaciones llevadas a cabo en el programa Daysim operado por Radiance. Que permitieron evaluar el desempeño lumínico y la precisión, de cada uno de los resultados para comprobar la disponibilidad de iluminación natural a través de una matriz. En una etapa posterior se discutieron los resultados, mediante la comparación de los datos logrados según cada una de las metodologías de simulación aplicada.

Finalmente se expusieron las conclusiones y futuras líneas de trabajo, las primeras respecto el dominio del atrio de cuatro caras, la incidencia del control de cerramiento de la cubierta y la relación establecida con la altura; indicando en lo específico que las mediciones de iluminancia bajo el cielo soleado de verano, permitieron aclarar, el uso de la herramienta de simulación y método basado en el clima local, que debido a su reciente desarrollo, orienta a futuras líneas de trabajo profundizando en la evaluación dinámica de la iluminancia contrastado con monitorización de casos.

SUMMARY

Atriums incorporated into buildings have been a spatial resource that quickly spread throughout the globe, being adopted by several local architecture methods in several places. Their widespread increase was highly favored, in the first place, with the rapid evolution of steel and glass technologies since the nineteenth century, and, in second place, by the following development of reinforced concrete. Another issue that explains this success into contemporary architecture is associated with the social approach, and it resides in the impressive cavity that describes vast dimensions, allowing the development of multiple uses in its interior that had never been considered before.

Inside the atrium, daylight it is a key element in the many experiences that involves and it is possibly the most relevant environmental factor, since it radiates a feeling of well-being by uniting us visually with the natural environment. It is because of this reason that, following the hypothetical deductive method, the effects in the performance of daylight on the floor plan were evaluated considering the geometric configuration, the deck and orientation factors. This study was based in a model withdrawn from the inventory of atrium buildings that were constructed in Santiago de Chile during the past thirty years, which will be explained later in chapter 2.

The quantitative analysis of the inventory of those buildings was elaborated in chapter 3, considering the dimensions of the atriums. Simultaneously, several features such as construction aspects, materials and environmental qualities were identified inside of each building. At this stage, it were identified the variables of the geometric proportions of the atrium's cavity with the plan aspect ratio of proportions in first plan (PAR), in section (SAR) and cavity according to well index (WI), aspect ratio (AR) and room index (RI). An experimental model was obtained from the analysis of all the mentioned parameters.

The main focus of the study developed in chapter 4 is daylight. The atrium's concept and behavior were analyzed from a physical model built under scale to register the illuminances under clear, sunny sky of the city. Later on, this physical model was built in a virtual environment, connecting the variables determined by the geometry of the cavity and the superior enclosure, allowing the examination of transparencies and opening proportions. To summarize, this stage consisted on evaluating a progressive enclosure of the openings, checking the access of natural light and its availability at the atrium floor, in an effort to provide useful guidelines during the first stage of the architectural design.

For the analysis of natural lighting, several calculations methods were used in order to determine the levels of illuminances in a horizontal plane inside of the atrium. The first of these methods is the Daylight Factor (DF), which consists in the proportion of light in an evaluation interior place with the amount of light coming from the outside in a cloudy day. Results determined that the cloudy sky of the city has high levels of luminosity. In addition, the recent dynamic metrics were evaluated which reflects the hours quantity. According to the meteorological records of the city's climate, the standard of illuminance- a standard measure called Daylight Autonomy (DA) – was met. This is even better when the results stay in the line of visual convenience within the atrium, which is referred to as Useful Daylight Illuminance (UDI).

In chapter 5, it was presented the criteria applied to the study model and on each of the variants of the analysis. Moreover, the information of the climate records used for the simulations - carried out in the Daysim program managed by Radiance – are detailed. These simulations allowed the observation of the daylight performance and the accuracy of each of the results to confirm the availability of natural light through a matrix. In a later stage, the results were discussed comparing the collected data in each of the methods of simulation used.

Finally, conclusions and further discussion are presented. Overall, the four side atrium's domain and the effect of the control of the cover's enclosure. Specifically, the measurements of the daylight under summer's clear, sunny sky allowing clarifying the use of the simulation tool and the method based on the local climate. This method allows defining new and future lines of work deepening on the dynamic of the light in contrast with the monitoring of the cases.

INTRODUCCIÓN

La motivación de investigar el espacio atrio y el desempeño lumínico, en la ciudad de donde provengo Santiago de Chile en clima Mediterráneo es el inicio de esta tesis. Esta excepcional cavidad en la arquitectura comercial y de servicios presenta gran interés especialmente en la actualidad transformada en un recurso globalizado desde los aspectos de la configuración geométrica no así desde la adaptación climática que si bien es complejo por las múltiples variables que involucra, en esta tesis se profundizó en el desempeño de la iluminación natural.

La investigación se estructuró en 6 capítulos a partir de la identificación y metodología de estudio del atrio, además de la producción arquitectónica internacional para abordar los edificios en el ciudad que incorporaron un atrio, fundamentando el contexto que permite exponer la hipótesis y plantean los objetivos que se proponen para evaluarla, se describen las etapas de la metodología seguida para la consecución de los objetivos, en adelante se revisa el estado de la cuestión en los aspectos de métodos de estudio del atrio y el desempeño lumínico.

El segundo y tercer capítulo es el desarrollo el inventario de los atrios y los edificios contenedores, abordando las variables urbanas incidentes en la configuración, así como los aspectos constructivos involucrados en el este espacio desarrollado en el capítulo 3. Tras el análisis de la configuración geométrica se obtuvo un modelo de estudio que permitió avanzar a la siguiente etapa.

En los capítulos 5 y 6, fueron desarrollados los conceptos métodos de estudio y finalmente evaluadas las herramientas que se utilizarían para las simulaciones del comportamiento lumínicos al interior del atrio, para finalmente profundizar en las recientes métricas dinámicas de evaluación de la disponibilidad lumínica diurna. Luego se discutieron los resultados,

Finalmente se expusieron las conclusiones y futuras líneas de investigación.

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO.

1.1. Motivaciones.

A fines de los años 90 estudié en Andalucía la Maestría En Energías Renovables Aplicadas en la Edificación, formalizando, de esta manera, el acercamiento al vínculo entre clima y arquitectura. La docencia ha sido una de las motivaciones fundamentales en el desarrollo profesional durante estos años, y en particular, ejercerla en el área de la Arquitectura Bioclimática. Investigar e interpretar el clima, y como éste interactúa con los espacios construidos, ha constituido el eje central de la actividad y ejercicio profesional, mediante la cual busco transmitir a los estudiantes los conocimientos y herramientas conceptuales que puedan aplicar en sus proyectos.

Desde la docencia, el objetivo principal ha sido investigar aquellos edificios caracterizados por la incorporación del clima en el diseño arquitectónico, a través del aprovechamiento de las energías naturales y el comportamiento energético pasivo y activo. De este modo se estudiaron los casos de edificios emblemáticos que son referentes de la Arquitectura mundial, tales como : Commerzbank en Frankfurt; Barclay Card y London City Hall, en Londres, Ecobox en Madrid entre otros. A través del análisis de estos, fue posible relacionar la arquitectura con el clima y conocer, cómo se habita en diferentes condiciones climáticas para distintas actividades y funciones. La búsqueda de respuestas a tales interrogantes, pone de manifiesto el modo en que el diseño arquitectónico integral debe ser capaz de proponer soluciones adaptadas a las más diversas latitudes geográficas.

Un segundo hecho que marcó mi interés en el tema, provino de una experiencia personal vivida durante la 23ª Conferencia Internacional sobre Energía Pasiva y de Baja Intensidad en la Arquitectura realizada en Santiago en Noviembre de 2003. El encuentro se desarrolló en un antiguo claustro reciclado, en el cual, junto con la renovación de varios recintos para destinarlos a salas de conferencias, se incorporó en el patio central una estructura metálica con cubierta translúcida. Este patio techado se transformó así, en un espacio de gran versatilidad funcional semejante a un atrio¹. La temperatura primaveral unida a la baja ventilación atmosférica, típica de un medio día de Noviembre en Santiago, junto con una excesiva exposición solar y el deficiente sistema de ventilación de este patio techado, generaron en ese momento a un espacio caluroso y soleado al extremo. Así quedó de manifiesto, el contrasentido entre el discurso de las charlas que proclamaban el bienestar integral en los edificios, y la incómoda vivencia espacial en ese patio durante el intermedio, perfilándose con gran claridad cómo la arquitectura podría brindar condiciones de confort, bajo un espacio atrio en un clima mediterráneo como el de Santiago.

1. Atrio. (Del lat. atrium).

Espacio descubierto, y por lo común cercado de pórticos, que hay en algunos edificios. Andén que hay delante de algunos templos y palacios, por lo regular enlosado y más alto que el piso de la calle. Zaguán. <<<http://www.rae.es/>; Real Academia Española>>

A través de diversas fuentes y autores, se reconoció en un atrio una tipología morfológica, cada vez más utilizada en la arquitectura actual; constituyéndose en un espacio que busca facilitar el ahorro energético, por medio del aprovechamiento de las energías naturales. Algunos edificios identificados a través de diferentes publicaciones o viajes, se encontraron en latitudes frías de Estados Unidos, Europa y Canadá; es decir, en condiciones climáticas más apropiadas a esta tipología.

El atrio moderno apareció y se consolidó a partir del siglo XIX en Europa y Norteamérica, gracias al avance de la tecnología del acero y el vidrio producto de la Revolución Industrial. A partir de entonces, adquirió la condición de espacio interior iluminado naturalmente, el que además permitió la captación del calor y la posibilidad de ventilar. Esta estructura fue articulada como un gran organizador de los espacio arquitectónicos circundantes, que a su vez, vinculo la transición entre lo público y lo privado; en la actualidad, se puede identificar el atrio como una cavidad de gran tamaño protegida del exterior que también albergan múltiples funciones. La configuración actual al igual que en sus orígenes, se le considera como un mediador entre las condiciones ambientales interiores y exteriores, teniendo el desafío de favorecer el bienestar y confort a los usuarios.

Fueron estas condiciones funcionales, junto al potencial carácter icónico del atrio capaz de conferir a la edificación que lo contiene, una imagen corporativa de sus ocupantes y así , otorgar el carácter de símbolo en la memoria colectiva de los ciudadanos, favoreciendo su proliferación en la arquitectura contemporánea.

Los espacios atrio han demostrado, ser una buena respuesta de la arquitectura, pues aportan iluminación natural y generan ganancia térmica en el interior, aprovechando la radiación solar y el efecto invernadero en lugares con temperaturas medias-bajas e índices de radiación solar moderados. Estos aportes, han permitido no sólo favorecer la eficiencia energética de las edificaciones, y de paso con ello, mejorar el confort y el bienestar de sus ocupantes en términos de temperatura; sino que además, el aporte de luz natural; que es el que brinda ambientes interiores mas amigables para el hombre, reduciendo la sensación de encerramiento y el uso de luz artificial. Sin embargo, esta misma tipología, al no implementarse adecuadamente en un clima templado de condición mediterránea, podría generar espacios sobre calentados y sobre iluminados en verano, y a la vez, con grandes pérdidas térmicas en invierno.

En consecuencia, serán las variables solares pasivas las que se investigarán, para lo cual, se plantea el estudio de cómo afecta el clima el desempeño térmico y lumínico del espacio atrio según sus proporciones volumétricas y al bienestar esperado para sus ocupantes.

1.2. Antecedentes.

Definición de Atrio.

En primer lugar, se estableció una definición de atrio para esta tesis, a partir de la revisión de diferentes acepciones entregadas por los autores, algunos las plantearon para el entendimiento de sus publicaciones, otros para explorar en la configuración arquitectónica del atrio; se verán algunas coincidencias, en la concepción espacial encontrándose algunas variaciones en la maneras de identificarlo.

El concepto clásico de atrio se encontró al interior de la casa romana, y fue definido como un “espacio descubierto, y por lo común cercado de pórticos”. Vitruvio se refirió al atrio como un espacio protegido, “patio encerrado” y espacio común. En el capítulo III del libro VI, definió cinco diferentes tipos de atrios, cuatro de ellos abiertos al cielo : toscano, corintio, *tetrástilo* y *displuviano*, y un quinto tipo, llamado *testudiano*, excepcionalmente cerrado debido a las transformaciones en alguno de los anteriores tipos, propias de la época. En los vestigios de las casas romanas de Pompeya y Herculano se encontró el espacio atrio, que como se dijo, era una habitación con una abertura al cielo y comunicado directamente al exterior, tenía por función cumplir como recibidor.

Si bien, “el concepto atrio ha evolucionado y cambiado considerablemente a través del curso de la historia [...] En la evolución de este concepto, algunas de estas características se han mantenido y muchas otras se han adicionado, sobre todo aquellas que permitieron transformar el atrio en un espacio interior”. (Bednar, 1986, p.), por su parte señaló que un atrio es un espacio que cumple múltiples propósitos y funciones, incluyendo especialmente aquellas referidas a favorecer los aspectos ambientales y energéticos, ya que permiten regular las condiciones ambientales en los espacios interiores, aprovechando las energías naturales. De este modo, Bednar (1985) lo describió como un espacio de naturaleza holística:

Perhaps the most compelling aspect of the atrium concept is its holistic nature, its capacity to control and shape many aspects of a building's design simultaneously. As a spatial concept, its power and clarity are unequivocal; the presence of an atrium creates inherent spatial order in a building. There are, however, other secondary attributes, (p. XI)

Según el autor, fue ésta condición holística² la que otorgó a este espacio el control de dar forma de manera simultánea a muchos aspectos del diseño de los edificios. Como concepto espacial, el atrio ofreció la fuerza y claridad inequívoca de crear un orden espacial dentro de un edificio, poseyendo además otros atributos secundarios. Más adelante el autor indicó:

In an effort to define the contemporary concept of the atrium , its recent development has been analyzed with a view toward the historical evolution of the form. The salient characteristic is spatial and leads to a new definition of the term:

ATRIUM: a centroidal, interior, daylit space which organizes a building.

Centroidal is a key word in this definition, because if a space is in the center of a plan and extends vertically through the building in section, then it has the potential to spatially organize that building. The atrium need not be in the geometric center to achieve this purpose; it can be centroidal in its spatial role as long as the majority of spaces relate to it. (Bednar, 1985, p.63)

Para definir el concepto contemporáneo de atrio, el autor realizó el estudio del desarrollo histórico de la morfología. Este análisis arrojó que la característica más sobresaliente del atrio fuera espacial dando lugar a una nueva definición del término e identificándolo como un espacio interior “centroidal” con luz natural, el cual era capaz de organizar un edificio.

Para Bednar el término “centroidal” fue la palabra clave en esta definición, porque si un espacio se ubica en el centro de la planta y se extiende verticalmente a través de la sección del edificio en la altura entonces tiene, según él, el potencial de organizarlo espacialmente. Así concluyó, el atrio, no necesita estar en su centro geométrico para lograr este propósito, sino que puede constituir el centro a través de la función espacial asignada, lo anterior fue lo que sucedió habitualmente, ya que la mayoría de los espacios del entorno se relacionaron a través de este “centroide”; el autor con el término “centroidal”, introdujo la variable tridimensional del atrio y fue esa condición la que le otorgó el potencial organizador de los espacios en derredor.

2. “Término acuñado en 1926 por el militar y político sudafricano J. C. Smuts, para designar la tendencia del universo a construir unidades de creciente complejidad: materia inerte, materia viva y pensante. O, dicho de otra manera, principio según el cual todo conjunto orgánico o integrado conforma una realidad independiente y mayor que la suma de las partes.” Consultado en: Yeang, K. J. (2001). El rascacielos ecológico. Ed. Gustavo Gili. Barcelona.

Saxon (1983-6); ofreció una caracterización del atrio a partir de los aspectos constructivos originales:

“The atrium is a very old idea . It has a 2,000 year history as a grand entrance space, focal courtyard and sheltered semi-public area. Within the limits of masonry and timber technology it developed over centuries into the central concept of mediterranean and middle-eastern architecture. Since the Industrial Revolution the western world has added the covered court , arcade , galleria and wintergarden to its repertoire, using glass and iron technology. Interest waned in the early twentieth century, however. Now, since the late 1960s, there are hundreds of new “atrium buildings”. (Saxon, 1985, p.1)

Además situado respecto la antigüedad de la idea de atrio, trazó una breve y certera evolución desde la arquitectura mediterránea y del Medio Oriente, donde quedó atrapado de acuerdo a las limitaciones de la tecnología de la albañilería y la madera, reapareciendo con la llegada de la Revolución Industrial, al mundo occidental, al incorporar las nuevas tecnologías del vidrio y el acero, añadió el patio cubierto, arcadas, galerías, e invernaderos (jardines de invierno) a su repertorio. El autor, además constató que este interés en el uso del atrio se desvaneció a principios del siglo XX, sin embargo, desde fines de la década de los 60, hasta la actualidad ha sido una tipología habitual en los edificios contemporáneos.

Más adelante indicó Saxon (1985): “la verdad es que el concepto atrio tiene ventajas de amplio alcance, sobre las formas convencionales de los edificios modernos” (p. 5). Caracterizándolo a partir de cuatro funciones, cultural, económica, cobijo y permanencia, las cuales se revisaron en detalle. La función cultural refirió a: “Los edificamos para mostrarnos a nosotros mismos nuestra cultura, impactando en nuestros sentidos” (p. 5); con ello planteó el caso de muchos edificios que han incorporado un atrio como un recurso “escenográfico” con fines comerciales para potenciar su imagen corporativa. En términos económicos: el atrio fue pensado como una inversión comercial que reeditará altos retornos monetarios en el tiempo. El desarrollo de cada una de estas funciones, se expuso a través de diversas ideas y características, sin embargo, en términos espaciales fue relevante detenerse en la función de cobijar ya que el objetivo según Saxon, estuvo en “modificar el clima”.

The Central court is a great amenity in itself, creating a type of space not otherwise available in most cities - an all - weather public gathering space. It is in the interaction between the court and the space around it that the more subtle sheltering goes on. The atrium can bring light but keep wind, rain, solar gain and extreme temperatures away from overlooking space, reducing cost and increasing comfort (Saxon, 1985, p. 6).

Más adelante el autor indicó que el atrio central, fue un agrado en sí mismo, creando un ambiente en un espacio que de otra manera, no se lo encontró en la ciudad: un espacio de controlado uso público, de reunión que a la vez moderaba el clima del exterior, del cual en la interacción entre esta cavidad y el espacio que lo rodeó, fue donde una sutil protección se percibió.

El atrio pudo introducir iluminación natural en el interior, manteniendo las variables extremas del clima alejadas; y al mismo tiempo reduciendo costos e incrementando el confort. Una vez logrado este estado de equilibrio, apareció la cuarta función: la de permanencia, “ya que, buscamos construirlo en orden a crear una forma espacial que no existe en el mundo natural” (p. 5). Con ello nos indicó lo novedoso que resultó el atrio en el amplio repertorio de los espacios construidos por el hombre.

Serra y Coch (1995) identificaron el atrio incorporándolo, dentro de un capítulo de su libro que refiere a los sistemas de iluminación natural; específicamente dentro de los componente de conducción de la luz, e indicaron:

Otros componentes de conducción que se adaptan a climas fríos y que sobre todo se utilizan en edificios públicos son los atrios, entendidos como espacios de la zona interior del volumen de un edificio que esta en contacto con el ambiente lumínico exterior por alguna de sus superficies envolventes, pero que están separados del mismo por un cerramiento acristalado.

Son espacios de conducción de la luz considerados como interiores al edificio; ya que, normalmente tienen funciones definidas que pueden albergar las comunicaciones verticales o espacios de relación. Permiten cierto acceso de luz natural a otros espacios subsidiarios conectados con el atrio mediante otros componentes de paso (p.330).

Según éstos teóricos, una de las características esenciales del atrio fue constituir un conducto de iluminación natural al interior del edificio, sin embargo, es importante destacar la condición de clima frío como ambiente propicio para en el cual se desarrolló la tipología. Para la CIBSE (2005)³, “El atrio es una variante del principio de la chimenea para ventilación. Proporciona un espacio para la circulación de los usuarios y la interacción social, debido a que proporciona un espacio utilizable muy atractivo. La ubicación del atrio es una parte integral de la planificación y la organización del edificio”.

3. Para más información: Natural ventilation in non-domestic buildings. CIBSE (The chartered institution of buildings service engineers) Applications manual. AM10. Marzo 1995.

Revisadas estas definiciones sobre la concepción espacial y de otras características adicionales del atrio, las que permiten avanzar en una definición para esta tesis, es necesario detenerse en la acepción de atrio en diferentes bibliografías de lengua inglesa para las cuales un atrio es aquel identificado como un patio o también como patio cubierto, tal como lo indicó Saxon (1983). Esto en la lengua española puede ser confuso, ya que, en nuestro mundo heredero de la tradición greco romana oriunda del Mediterráneo, el concepto de patio se usa para referirse a espacios exteriores que si bien, son delimitados, éstos son totalmente abiertos (con precedentes en la cultura árabe y china⁴). Por su parte Blasser (1985), otro autor de habla inglesa, quien indicó que “la casa con patio occidental se remontó al antiguo atrio o atrium”, titulado justamente como “*Atrium*”⁵ la conocida edición de su libro sobre patios:

Este se desarrolló a partir del hogar, que tenía en el centro de la cubierta un hueco para dejar salir el humo, [...]. El atrio de proporción 5:3 o 3:2, era el patio de este tipo de vivienda y junto a él se encontraba un peristilo mayor rodeado de columnas, la luz solo se obtenía a través del patio, que también servía como distribuidor para las habitaciones (p.26)

Así se vio que las funciones del atrio original fueron diversas, abarcando tanto aspectos ambientales como sanitarios, y a la vez permitiendo capturar la luz, y el agua de las lluvias. El atrio ubicado en clima templado mediterráneo estuvo, entonces, invariablemente abierto al cielo.

Para Bednar (1986), fue necesario establecer su propia definición de atrio (ver página anterior), para diferenciarlo de la tipología histórica:

“The recent confusion regarding the atrium has been in part a problem of terminology, since an accurate definition does not currently exist. Those writing about or discussing architecture have thus used the term atrium to refer to the Roman type, and other terms (court, galleria, covered plaza, square, cortile, rotunda, pavilion, literium) to refer to the new type.” (p.63)

De esta manera, el autor llamó atrio romano a la tipología clásica y atrio a secas al gran cavidad que conforma el actual espacio de múltiples funciones, logrando con esto aclarar la confusión semántica, al menos dentro de los límites de su publicación.

-
4. Blasser, W. (1997) Patios. 5000 años de evolución desde la antigüedad hasta nuestros días. 1º Ed. Castellana. Gustavo Gili. Barcelona.
 5. Blasser, W. (1985). Atrium. 1º Ed. Wepf & Co. AG, S.A., Barcelona.

Aclarado lo anterior, y continuando con el objetivo de establecer una definición de atrio propia para esta tesis, fue posible afirmar que a partir de las fuentes revisadas, cada explicación aportó una o varias ideas que enriquecieron la concepción de atrio; sin embargo, fue difícil adoptar una sola de ellas y tener la certeza de que interpretarán, completamente una postura propia. Por tal motivo, como primera aproximación se extrajeron algunos conceptos básicos más relevantes de las definiciones de autor, para desde allí intentar esbozar una conceptualización apropiada:

En términos sociales, la condición de espacio abierto al exterior y protegido ofreció muchas posibilidades para amenizar la interacción social y se caracterizó en favorecer las actividades de encuentro.

Constructivamente, se logró caracterizarlo como un espacio contenido, incorporado en un interior cerrado lateralmente por las paredes de un edificio que tiene una cubierta transparente o translúcida. Habitualmente puede tener además una o más superficies vidriadas en la envolvente de fachadas.

En términos energéticos, se constituyó en un espacio modificador del clima que permitió el ingreso de iluminación natural subsidiando otros espacios adyacentes. Además, de otorgar protección a las variables del clima y desempeñándose semejante a una variante del principio de la chimenea para la ventilación..

En base a estas diferentes ideas, fue posible establecer para esta tesis que el atrio se constituyó en una cavidad interior habitable, organizador del entorno construido, ya que, recorre el edificio verticalmente a través de cada piso hasta el cielo; su cubierta , en tanto es transparente o translúcida para recibir iluminación natural desde el exterior logrando iluminar los espacios interiores adyacentes. El atrio es un espacio de múltiples propósitos e interacción social, también lo es en aspectos ambientales y energéticos; ya que, permitió regular las condiciones climáticas del exterior en los espacios interiores, aprovechando las energías naturales.

- Configuración del atrio.

Las configuraciones de atrio han sido investigadas por diferentes autores desde hace 30 años (Saxon,1983,1985,1994; Kainlaurie,1887; Yoshino *et al.* 1995; Chow y Wong,1999). En ellas la metodología habitual ha sido la identificación y levantamiento de diferentes edificios que han incorporado uno o varios atrios. Los casos estudiados a partir de fuentes de información, tales como, publicaciones especializadas, revistas, consultas y entrevistas en oficinas de arquitectura, sumado a viajes y visitas a los edificios, finalmente conformaron un catastro. Luego fueron clasificados en diferentes tipologías según las características del volumen construido, individualizando el vacío y el lleno que lo contiene.

Es así, como Richard Saxon en 1983 planteó la primera clasificación que se conoció del atrio estableciendo nueve categorías; cinco formas simples y cuatro complejas (ver Fig. 1.1.). Las primeras cuatro, fueron configuradas de acuerdo al número de caras interiores del edificio en contacto con la cavidad del atrio; uno, dos, tres, y cuatro caras; fue así como las llamó formas “puras”, junto a estos cuatro tipos iniciales, incluyó el atrio lineal, considerando estas cinco formas aplicables en edificios individuales y pequeños, así como, a grandes complejos edificados.

Figura 1.1: Clasificación formal del atrio. Saxon 1985.

Las cuatro categorías restantes fueron denominadas formas “complejas” (ver fig. 1.1), las cuales en primer lugar fueron: un atrio conector entre dos edificios, en segundo lugar, aquel incorporado en edificios del tipo placa torre, en tercer lugar, el utilizado para articular el encuentro entre 2 edificios y finalmente aquellos denominados múltiples, tanto en un orden lateral como vertical. Estas formas complejas, el autor las estimó aptas para trabajar con mayores superficies edificadas y a mayor escala de desarrollo.

Cabe destacar que en la segunda edición de su primer libro: *Atrium Buildings, development and Design*, de 1985 mantuvo esta clasificación formal, analizando nuevos edificios atrio, en esa ocasión hizo referencia a 107 casos en Europa como en Estados Unidos y Canadá, conformando además un largo listado de construcciones plasmando la información de cada uno de ellos en planos, para utilizarlos luego en los diferentes análisis presentados en su libro. Además, complementó ésta recopilación con un listado anexo de 60 casos en Inglaterra y otros 164 en Estados Unidos, constituyendo de este modo el catastro de espacios atrio de mayor volumen conocido. De acuerdo con tan extenso inventario, el autor indicó que las configuraciones de atrio mas frecuentes fueron aquellos de 3 y 4 caras, así como también el denominado atrio lineal. Especiales y de menor frecuencia resultaron las configuraciones de 1 cara y aquellos que vincularon diferentes edificios, o conectaron un edificio existente con nuevas ampliaciones.

Se puede decir que las “formas simples” se encontraron con mayor frecuencia en otras clasificaciones; si bien los nombres cambiaron, la universalidad estos tipos, se reconocieron inmediatamente según las aberturas; debido a esto, y la vigencia en las diferentes publicaciones consultadas, se empleará como base en esta tesis.

Figura 1.2: Atrio al ingresar a la ampliación de museo histórico de Berlín, fuente de la autora

Primera etapa: origen del atrio histórico.

El atrio es una idea antigua, la cual tiene mas de 2000 años de historia. Esta estructura fue un gran espacio central de ingreso, es decir, una zona semi- pública, cuyo concepto central fue desarrollado a lo largo siglos en la arquitectura del Mediterráneo y el Medio Oriente.

Los antecedentes históricos de este espacio, se remontan al atrio en el interior de la antigua casa romana⁶ y etrusca, donde un amplio recinto interior estaba abierto al cielo en el centro de la cubierta para permitir la ventilación, el ingreso de iluminación natural y la lluvia. Esta abertura permitía una comunicación directa entre el interior y el exterior, pudiendo afirmarse que esta configuración espacial solo fue posible debido a su ubicación en clima mediterráneo templado, con oscilaciones térmicas diarias moderadas y estación seca prolongada.

El referente original del atrio se encontró en la antigua vivienda etrusca y romana, es decir, nació en condiciones climáticas semejantes a las de la zona central de Chile. Esta estructura contaba con una abertura central en el techo llamada *cumpluvium* que permitía el ingreso de iluminación natural, ventilación e incluso la lluvia. Esta característica permitió moderar en el interior las condiciones climáticas diarias y estacionales. Estaba ubicado junto al vestíbulo, por tal motivo acogía diferentes funciones, caracterizándose como el núcleo social de la vivienda.

Figura 1.3: A la izquierda atrio Tetrastilo en la Villa Stabias. A la izquierda domus romano, planta y corte de la casa de Trebio Valente en Pompeya.

6. Para más información véase: Blaser, W. (1997). Patios. 5000 años de evolución desde la antigüedad hasta nuestros días. Barcelona. Ed. Gustavo Gili, S.A.,

En las reconstrucciones de Pompeya “se advierte que todas las viviendas se desarrollaban tradicionalmente, alrededor de un espacio interior que correspondía al atrio” (Blaser, 1997, p.7) el cual permitió diferentes funciones, es así como, además de ser un espacio semi- público ubicado junto al vestíbulo, y de acuerdo con Leland (1992) también fue un espacio simbólico, “un pequeño santuario donde se realizaban las ofrendas a los espíritus”. De esta manera, desde la antigua Roma, “la religión estuvo centrada en la casa o *domus*”. Los muros y el cielo estaban ricamente decorados con estucos y pinturas, y según el rango de la familia, revestidos con policromías e incrustaciones, en tanto los pavimentos eran coloridos diseños en cerámica.

Se desconoce antecedentes posteriores del atrio, pues de aquí en adelante, su carácter interior y a la vez social, desapareció sin dejar rastro alguno en términos funcionales, y menos aún en los aspectos simbólicos que identificaban al grupo familiar.

En términos clásicos al atrio fue definido como un “espacio descubierto, y por lo común cercado de pórticos”; sin embargo, Vitruvio refiere al atrio como un espacio protegido, “patio encerrado” y espacio común. En el capítulo III del libro VI, define cinco diferentes tipos de atrio: toscano, corintio, *tetrástilo*, *displuviano* todos ellos abiertos al cielo, a diferencia del quinto tipo: *testudiano*, excepcionalmente cerrado debido a las transformaciones de los anteriores tipos, propias de la época.

Figura 1.4: A la izquierda recreación del atrio en la casa de Marco Lucrezio. A la derecha casa de los Ceii.

Segunda etapa: El desarrollo del atrio.

La Revolución Industrial y el empleo de nuevas tecnologías de fundición a altas temperaturas del vidrio y el hierro, utilizando un nuevo energético cual fue carbón coque, constituyó la base de una rápida evolución en los procesos constructivos iniciados durante el siglo XVIII. En 1855 Sir Henry Bessemer descubrió un nuevo método para fabricar acero, logrando resistentes estructuras reticulares compuestas, creando componentes estructurales más fuertes, que permitieron luces cada vez mayores. Las nuevas tecnologías y materiales permitieron abordar las demandas arquitectónicas con una renovada imagen espacial de transparencia y continuidad⁷. Así, fue posible cubrir con grandes estructuras espacios interiores de reunión masiva. Las estructuras nacidas con las recientes tecnologías fueron utilizadas en nuevas tipologías de edificios como jardines de invierno, invernaderos, bibliotecas, mercados, galerías comerciales, estaciones de trenes, todas cubiertas con grandes mantos vidriados (Saxon 1983).

En 1851 se inauguró el Palacio de Cristal de Joseph Paxton, fue la primera gran sala de exposiciones construida para tal fin. De dimensiones nunca antes vistas fue una estructura colosal por completo transparente. Posteriormente se construyeron en Europa, otros salones de exposiciones, igualmente cubiertos por estructuras de grandes luces. El mayor exponente de la época fue sin duda, la *Galerie des Machines* de 1889, obra del arquitecto Ferdinand Dutert destinada a la muestra de la exposición Universal de París.

Figura 1.5: Cristal Palace; 1851, Joseph Paxton . A la izquierda vista exterior, a la derecha vista interior. En, Wurm, J. 2007 "Glass structure". Berlín. Ed. Birkhäuser Verlag AG.

7. Para más información véase: Norberg- Schulz, C. (1998). Intenciones en arquitectura. Ed. Gustavo Gili.

En la primera mitad del siglo XIX en Francia e Inglaterra se habían consolidado las nuevas planificaciones de las ciudades, con el estreno de avenidas comerciales cubiertas, resultando en nuevos ambientes, frecuentados por ciudadanos ávidos de modernidad. Entre 1831 a 1835, John Nash cubrió el patio al interior de una manzana triangular, naciendo así la *London's Strand House* a lo largo de tres calles con locales comerciales tras una fachada que unificó el total. Por primera vez la industria ofreció gran variedad de artículos seriados para cerramientos transparentes de cielos abovedados, más una amplia oferta de estructuras vidriadas, que fueron creando nuevos ambientes iniciando una tendencia que se mantiene hasta hoy día.

En la ciudad de Milán, en 1867, Giuseppe Mengoni diseñó y construyó la cubierta vidriada para la galería *Vittorio Emannuelle II*, logrando consolidar las arcadas urbanas⁸. El nacimiento de los espacios peatonales protegidos e incorporados a la trama de la ciudad, favoreció ampliamente el desarrollo de la vida social de la época.

Contemporáneamente a estos hitos de la arquitectura civil y urbana, resurgió el atrio en Londres, incorporado en un edificio de estilo renacentista inspirado en la planta del *Palacio Farnese*, se construyó entre los años 1837 a 1841, conocido como el *Reform Club*, de acuerdo con el grupo social y político que lo encargó al arquitecto Sir Charles Barry; el espacio logrado acogió un salón de encuentro y ceremonias de los socios caracterizado por la iluminación natural en el interior.

Figura 1.6: Atrio central incorporado en el edificio Reform Club 1837 – 1841. Arquitecto, Charles Barry. Representación de época, British Museum. Bernard, M. J. 1985. (pg. 10)

8. Para más información véase: Bednar, M. J. (19XX). Interior pedestrian spaces. Ed. Batsford

En este edificio se innovó al cubrir el vacío central con una bóveda en estructura metálica elaborada en hierro fundido y totalmente vidriada con una trama de pequeñas piezas traslúcidas. Aunque el resultado fue de estilo clásico, debido al palacio florentino en referencia, por primera vez el vacío central fue una habitación interior, es decir, un gran salón de recepción que antecedió a las reuniones sociales⁹, el cual estaba completamente protegido del clima y dotado de gran cantidad de iluminación natural. Este edificio fue en su época uno de los primeros construidos que integraron las nuevas tecnologías.

Otro de los ejemplos más tempranos en la incorporación de un atrio cubierto bajo una gran estructura de hierro fundido, fue el edificio para las oficinas del comercio del carbón, *Coal Exchange*¹⁰, en Londres. Este edificio fue diseñado en el año 1847 por James Bunning e inaugurado en 1849, y tenía 4 pisos de oficinas a los cuales se accedía desde una circulación que balconeaba hacia un amplio vacío interior, todo bajo un domo de vidrio que lo protegía.

Así paulatinamente el atrio fue introducido como una nueva tipología arquitectónica, primero en diferentes edificios administrativos y de servicios para el uso público, tales como oficinas, centros sociales y hoteles. Todos estos casos fueron ubicados en Europa central y especialmente en clima atlántico, caracterizado por inviernos templados y húmedos, con lluvias frecuentes a lo largo de todo el año.

Figura 1.7: A la derecha, espacio central interior edificio, *Reform Club*. www.reformclub.e. A la izquierda, el grabado muestra el atrio incorporado en el edificio *Coal Exchange* en Londres.

9. Para más información véase: Bednar, M. J. (1985). *The New Atrium*. New York. Ed. McGraw-Hill

10. Según los antecedentes consultados fue demolido en 1962, www.

A fines del siglo XIX el atrio continuó desarrollándose en los Estados Unidos¹¹, ya que los edificios de aquella época, estaban basados en los modelos europeos. En general, se trataba de edificios de albañilería maciza, en los que el acero y el vidrio sólo se utilizaron en el espacio del atrio. Todos estos atrios eran de planta cuadrada o rectangular con diferentes niveles en el alto. Las construcciones con estas estructuras, se distribuyeron geográficamente en todo el país, a excepción del sur o suroeste debido, probablemente, al clima más cálido en esas regiones. Un caso excepcional es el edificio *The Rookery* de 1888 perteneciente a la “Escuela de Chicago”, de la oficina D. Burnhan and J. Root. Este se destacó por una gran estructura que cubrió la planta del atrio central que actuaba como un captador de luz natural en los pisos superiores del edificio. Los dos pisos inferiores de este luminoso espacio, se cubrieron con un amplio cielo de acero y vidrio, en tanto, las oficinas ubicadas frente al atrio participan directamente de las vistas bajo el techo vidriado. En ese espacio destaca la gran escalera que lleva a las galerías de todo el segundo nivel.

Poco más tarde, en Denver se inauguró el *Hotel Brown Palace* en 1892, encargado al arquitecto Frank Edbrooke, en cuya propuesta desarrolló un atrio central con una cubierta totalmente vidriada. Este espacio tiene nueve pisos de alto y cada uno balconeaba sobre la cavidad central, donde se cobijó un luminoso y versátil salón destinado a múltiples actividades. Este esquema sentó un verdadero precedente morfológico que ha servido de modelo durante el siglo XX aplicado hasta el presente, tanto en los grandes hoteles norteamericanos como en los del resto del mundo.

Figura 1.8: A la derecha el edificio *Rookery*, en Chicago. Schulze, F.; Harrington, K. 1993. “Chicago’s Famous Buildings”. Chicago. Ed. The University of Chicago Press, Ltda. A la izquierda Hotel Brown Palace. www.hotelbrown.us

11. Para más antecedente véase: Bednar, M. J. (1985). *The New Atrium*. New York. Ed. McGraw-Hill.

Entre otros notables edificios de la época sobresalió el *Bradbury Building* de George Wyman, construido en 1893 en Los Ángeles. Su interior contiene un sorprendente espacio atrio central de planta rectangular y cuatro pisos de alto diseñado en estilo victoriano. Dentro de este espacio, contenido por fachadas interiores de albañilería, se destacó el tratamiento de transparencia en el diseño de las barandas de pasillos, escaleras a la vista y los cerramientos de ascensores, mediante el empleo de fierro forjado negro con el cual se consiguió favorecer el paso de la abundante luz natural proveniente de la cubierta totalmente vidriada. Por otro lado, el conjunto de estas estructuras de acero, sumado a la opacidad de los muros en albañilería ayudó a controlar el brillo disminuyendo parte de la luz y atenuando los reflejos .

Se ha establecido que el diseño de este edificio posee baja demanda energética, ya que, en efecto, bajo la cubierta vidriada que permite la generosa captación de la iluminación natural, las ventanas son fácilmente operables, pues se diseñaron de pivote en el eje horizontal para favorecer el paso de aire. En aquella época, aún para iluminar se debía utilizar lámparas a gas, y la calefacción en un clima templado como el de Los Ángeles se conseguía con una sucesión de estufas empotradas en muros alrededor del perímetro del edificio; “el edificio Bradbury fue el único diseñado por George Wyman [...] y aún esta en pie como un brillante ejemplo de atrio diseñado con gran calidad”.¹² (p.15)

Figura 1.9: Planta piso tipo , edificio *Bradbury*. Saxon (1986).

12. Bednar, M. J. (1985). *The New Atrium*. New York. Ed. McGraw-Hill.

Figura 1.10: Vista interior atrio, edificio *Bradbury*. Saxon (1986)

A comienzos del siglo XX, el auge de la actividad comercial a nivel global, promovió y consolidó la demanda por nuevos espacios para trabajar dando origen así, al gran edificio de oficinas.

Un caso que destaca entre ellos, fue el edificio para la compañía *Larkin* (1903) de Frank Lloyd Wright en Buffalo, Nueva York. La propuesta, le otorgó una nueva imagen al espacio laboral: un gran atrio integró y acogió nuevos modos de relaciones entre el hombre y los lugares de trabajo. “Un grupo de clientes de Wright, formaba parte de la compañía *Larkin* que era una empresa de ventas por correo. Ellos le encargaron el diseño de un edificio que buscara el bienestar de sus trabajadores. El sitio elegido era de bajo costo, junto a las vías de tren y en medio de un contaminado barrio industrial [...] Wright diseñó un edificio introvertido, un mundo interior alrededor de un espacio central” (p. 25)¹³. El atrio en planta era un vacío rectangular de cinco pisos de altura, iluminado cenitalmente a través de una extensa claraboya superior. Como novedad, el nivel suelo del atrio también fue ocupado por las estaciones de trabajo, mientras los pisos superiores balconeaban alrededor del espacio central entre las esbeltas columnas de ladrillo. En el piso superior había un restaurante para los empleados y un salón, así como, en el zócalo estaban la cocina y la panadería

Figura 1.11: A la izquierda, vista interior del atrio en el edificio Larkin. Hoppen (1993). A la derecha superior: lado izquierdo, combinación de salas de casino restaurante; además cubierta sobre atrio y jardín. Lado derecho, nivel recibidor y atrio central. A la derecha inferior planta piso tipo. Dover Publications (1983)

13. Hoppen, D. W. (1993). The seven ages of Frank Lloyd Wright. Santa Barbara. Ed. Capra press

El edificio incorporó las tecnologías más innovadoras de la época, pues en el orden funcional, separó los espacios de trabajo de las circulaciones, aislando las cajas de escaleras de las oficinas adyacentes del atrio, confinándolas en volúmenes separados que incorporaban en ellos los ductos de ventilación.

Fue un edificio de geometría ortogonal y de dimensiones monumentales pero capaz de brindar espacios apropiados al desarrollo de las actividades laborales, sirviendo a todos sus trabajadores en un ambiente amigable provisto de abundante iluminación natural. Así, éste edificio fue uno de los primeros en disponer de aire acondicionado incorporado en la estructura¹⁴.

El edificio *Larkin* consolidó la tipología del atrio en la arquitectura, al amparo de nuevas tecnologías que permitían un interior cubierto y luminoso, con la fuerza de un espacio jerárquico, característico y organizador en las construcciones, en una proyección sin precedentes, ya que en 1943 la fundación Salomon Guggenheim le planteó a F. L. Wright un nuevo desafío: dirigir el proyecto para un nuevo museo junto al Parque Central en Nueva York.

Figura 1.12: A la izquierda, planta primer piso museo Guggenheim. A la derecha, vista interior atrio del museo. Hoppen (1993)

14. Ibid. Hoppen (1993)

El resultado final fue una novedosa propuesta, construida en 1959, cuyo principio formal, correspondió a una rampa continua en espiral que recorre seis pisos balconeando a un vacío central para constituir un atrio ovalado coronado por una gran cubierta vidriada que ilumina generosamente al gran recibidor interior. El edificio propone un orden introvertido, al servicio del encuentro entre el espectador y la obra de arte. Al respecto Wright dijo que sólo podrá ser visto “desde la experiencia en el interior de la verdadera estructura “[...]”. La esencia del edificio orgánico es el espacio que fluye hacia el exterior, y simultáneamente desde este exterior al interior...” (No necesariamente, por el uso de la imagen de la ventana)¹⁵. El espacio interior fue totalmente climatizado.

Según Saxon (1986), durante el largo receso en la edificación que implicaron las guerras, hasta el año 1967, el atrio solo apareció en algunos centros comerciales norteamericanos. En ese año es cuando irrumpen 2 edificios emblemáticos: el hotel *Hyatt Regency* de Atlanta y el edificio para las oficinas de la Fundación Ford en Nueva York. El primero, según la revista especializada *Progressive Architectural* (1967), impactó con gran fuerza en la escena hotelera de la época, “tanto tiempo moribunda [...] y sometida a la monotonía de la líneas de montajes de las grandes cadenas del rubro, que finalmente entró en erupción y trepidante nos recuerda el gran Palacio San Francisco y el hotel Palacio *Brown* en Denver” (ver Fig. 1.6). Los arquitectos despejaron el centro dejando todo fuera de él entregándonos lo que podría ser el más amplio y excitante espacio para vestíbulo [...] el hotel fue planificado en torno a un atrio (vestíbulo) cuya cubierta se elevo hasta un tragaluz a 21 pisos de altura” (p. 161)¹⁶

Figura 1.13: Vista superior hotel Hyatts Regency. Atlanta. USA.

15. Hoppen, D. W. (1993). *The seven ages of Frank Lloyd Wright*. Santa Barbara. Ed. Capra press.

16. Burn, J. T., P/A Observer (1967, Julio). *The rise of Atlanta: The Regency Hyatt House, with its impressive interior space hopefully presage a return to good design in new hotels*. *Progressive Architecture*. 160- 162

Efectivamente, el atrio del hotel *Hyatt Regency* de Edwards y Portman, consolidó una tendencia iniciada anteriormente en el atrio del hotel *Brown Palace* (ver pág. 17), y fue señalado como el origen del atrio contemporáneo (Bednar,1986). En este caso, se trató de un espacio que incorporó un gran atrio para servir de salón de encuentro a múltiples actividades, incluyendo la presencia de agua, vegetación en macetas en cada nivel, además de diferentes sectores de servicios, para finalmente lograr un “[...] concepto animado y muy divertido, cual es la expresión de las cápsulas de plexiglás ascendente y descendente a lo largo de una de las paredes del vestíbulo, las cuales corresponden a seis ascensores con vistas panorámicas e iluminados en su interior” (p. 162)¹⁷

Según Saxon, el cliente llamó a este nuevo espacio “*atrium*”, rescatando y re fundando el antiguo concepto para llevarlo al nivel de una fórmula de tipología arquitectónica, que en adelante fue replicada en otros proyectos para identificar a la marca a través del tiempo y definitivamente adoptarlo como un ícono; . Los antecedentes del autor indican que, sin ánimo de desmerecer el crédito de Portman respecto de esta nueva idea, era necesario mencionar también otros casos contemporáneos destacando especialmente, la Biblioteca de Historia en la Universidad de Cambridge (1968) de James Stirling, la cual se configuró con bloques en dos niveles, construidos en forma de “L”, cuyos pisos balconearon y abrazaron a un espacio totalmente vidriado desde la cubierta al suelo en el cual se ubicó el salón de lectura¹⁸.

Figura 1.14: Planta tipo y corte. Hotel *Hyatts Regency*, Atlanta. Estados Unidos. En Riba Journal Editors 12, (1977). p. 506.

17. Ibid Burns (1967)

18. Para más información véase: Saxon, R. (1986). *Atrium building: development and design*. 1ª.Ed. 1983. London. Architectural Press.

Aquí, es necesario detenerse en 1967, ya que, además del *Hotel Hyatt* se inauguró a fines de ese año en Nueva York el edificio para las oficinas de la Fundación Ford diseñado por Kevin Roche y John Dinkeloo. Esta fue una propuesta sorprendente y vanguardista en su época, constituyéndose en un memorable espacio atrio inserto en Manhattan. Uno de los objetivos del diseño fue proveer a los funcionarios de un espacio que les permitió disfrutar de las vistas de su entorno. El carácter de la arquitectura y la escala del edificio lograron una propuesta respetuosa con sus vecinos¹⁹; ya que en el interior los arquitectos decidieron hacer un aporte a la ciudad, integrando por medio de una continuidad visual, la plaza exterior existente con una segunda plaza interior contenida por esculturales fachadas vidriadas hacia el sur y el oriente²⁰.

Las oficinas se distribuyeron desde el segundo al noveno piso en las alas norte y poniente abrazando en forma de L el vacío sobre el jardín. Los pisos décimo y undécimo, destinados a las oficinas de gerencia, dirección y a un auditorio, rodean completamente el espacio central que se encuentra cubierto con una estructura de acero con tratamiento oxidado totalmente vidriada, que parece levitar ligeramente, colgada de unos esbeltos pilares. Con ello se conforma una nueva propuesta de espacio atrio multifuncional como gran hall de acceso y distribución, que incorporó una verdadera plaza cuyo paisajismo emplea diversas especies tropicales, y altos eucaliptos. El planteamiento fue lograr contener en el interior el colorido de las diferentes estaciones del año.

Figura 1.15: A la izquierda vista interior hacia la fachada interior oeste y sur, del atrio incorporado en el edificio para la Fundación Ford, fotografía de la autora Julio 1993. A la derecha planta general; en *Progressive Architecture*, (1968). p. 105.

19. Para más información consultar: Autor. (1968). Una Grande Serra per Uffici a New York. A new headquarters for the Ford Foundation in New York. *Domus* (462). p. X-Y

20. Burn, J. T.; Smith, C. R. (1968, Febrero). Charity begins at home. New York's new Ford Foundation Headquarters is a luxurious tour de- force of outside- in space. *Progressive Architecture*. 92- 105.

Figura 1.16: Vista de la fachada interior norte del atrio en el edificio para la Fundación Ford, fotografía de la autora Julio 1993.

Tercera etapa: el atrio de alta tecnología y su concepción ambiental y energética.

Como se ha establecido, el retorno del atrio sucedió en Inglaterra y Norteamérica a partir del siglo XIX siendo incorporado profusamente en los edificios de uso público desde principios del siglo XX, apoyado por el uso de climatización artificial. Esta segunda etapa, como la denomina Saxon, culminó a fines de los años 60 con los edificios recién mencionados sobre los que cabría agregar que, [...] “en parte fueron una respuesta a una renovada y pujante economía, y un importante aporte estético e identificador y de conciencia ambiental; de esta manera se inició la tercera etapa del atrio, en los años 70 continuando hasta nuestros días”²¹.

El desarrollo del atrio en esta tercera etapa se basó fundamentalmente en los avances de la tecnología y los nuevos materiales como indicó en una nueva publicación, R. Saxon (1994)²². En ella nuevamente divulgó el estado de avance y las características de los edificios más notables que incorporaron un atrio, a fines de la década de los años 80 y los primeros años de los 90. Junto con señalar un catastro de nuevos atrios, destacando en los renovados destinos de uso y rol, el autor mostró las innovaciones tecnológicas aplicadas en los recientes diseños arquitectónicos. Este aspecto fue notable por cuanto permitió vislumbrar el desarrollo arrollador que sería posibilitado con el advenimiento de la nueva era de diseño asistido por computador que hoy permite realizar formas geométricas complejas y simulaciones ambientales cada vez mas precisas.

La tecnología según indica Montaner (2002) pasó a cumplir un desempeño destacado e incluso buscó “depurar los elementos más agresivos, duros y anti humanos de las propuestas de los 60 y 70” y esto fue a través del “hight tech” o alta tecnología. Este mismo autor señala que:

La mayor obsesión de algunos de los máximos representantes de esta posición es rechazar el calificativo de “alta tecnología” y sostener que realizan una arquitectura “ecológica” y de “tecnología suave y humana”. Se pretende domesticar la cara más dura, inhumana y destructora de la tecnología.

Y a pesar de que la situación posmoderna en los 80 ha parecido estar definida por mecanismos de retorno al pasado, cada vez se da con mayor intensidad la convivencia de tendencias opuestas.

21. Bednar

22. Saxon, Richard. 1994. The atrium comes of age. Ed.Longman.

Gran parte de la arquitectura de alta tecnología está teniendo el mismo papel escenográfico y visual de las arquitecturas denominadas posmodernas. Aquello que han pretendido los grandes edificios de las compañías multinacionales con sus lenguajes historicistas es similar a lo que plantea la arquitectura tecnológica: ser símbolo y expresión del poder. (Montaner, 2002: 97)²³

En los espacios atrio de la actualidad se expresa con mayor fuerza el empleo de altas tecnologías para intentar “domesticar” las condiciones climáticas externas en un interior de gran escala, recreando la vivencia de los espacios exteriores pero sin las inclemencias climáticas. Estas estructuras de alguna forma vienen a ser una demostración de poder del hombre sobre la naturaleza y el clima. Es debido al impacto que los atrios como vivencia espacial son capaces de generar, ciertamente tienen la potencia de constituirse en símbolos capaces de transmitir un mensaje de identificación. Las altas tecnologías han facilitado esta comunicación y muchos edificios de empresas corporativas o gubernamentales han recurrido a un atrio buscando que los identifique para arraigarse en la memoria colectiva de los habitantes. El Banco de Shanghai, la Aseguradora Lloyd, el *City Center*, y tantos más, son claros ejemplos de esto.

Los espacios atrio en la actualidad conjugan una escala monumental con una animada espacialidad, donde tiene lugar una intensa actividad de encuentro de los usuarios del edificio. Es el vacío del atrio el que comunica los distintos niveles permitiendo las vistas entre ellos y con el exterior, el que proporciona una continuidad espacial. No obstante es la presencia de la luz natural la condición principal para que este espacio alcance todo su potencial, siendo la clave que le otorga su sello propio y distintivo. La luz natural libera a sus ocupantes de la sensación de enclaustramiento, permite sincronizar la vida interior con el paso del día y brinda a la vez la ilusión de recrear en su interior una naturaleza dominada.

- Los avances de la tecnología y las nuevas propuestas de atrio.

A partir de 1980 el empleo de espacios atrio se hizo cada vez mas frecuente en la arquitectura mundial, siendo ejemplos destacados de esta década el banco de Shanghai de Norman Foster en Hong Kong y el edificio para las oficinas de la aseguradora Lloyd, en Londres, diseñado por Richard Rogers, ambos de 1986.

23. Montaner, J. M. (2002). Después del movimiento moderno. Arquitectura de la mitad del siglo XX. 4ta. Ed. Barcelona. Gustavo Gili, S.A.

Ambos edificios cuentan con un atractivo atrio de tres lados con una fachada al exterior vidriada identificándose, además, por exhibir avanzadas tecnologías tanto en sus propuestas estructurales como constructivas y en los materiales empleados. En el caso del banco de Shanghai, al igual que el edificio *Larkin* (figura 1.11), se crearon plantas libres para ubicar los puestos de trabajo balconando alrededor de un atrio de diez pisos, desplazando así, los núcleos de servicios hacia el perímetro del edificio, al igual que la construcción que alberga la aseguradora Lloyd

El vacío central recibe abundante iluminación natural desde la fachada sur, además de la que indirectamente ingresa gracias a un sistema de canoas especulares que reflejan la luz solar al interior del atrio dirigiéndola hacia el piso de ingreso del público.

En este caso, el atrio central rectangular recorre el edificio a través de 14 pisos hasta la cubierta en bóveda de cañón corrido totalmente vidriada, la que remata en la fachada sur de igual material. El conjunto contiene entonces un espacio luminoso y transparente desde donde se participa visualmente del entorno. Esta fachada ha identificado al edificio.

Al mirar hacia arriba desde la planta baja del atrio, se puede ver los diversos niveles de cada una de las plantas, balconando este espacio de 60 metros de altura fuertemente iluminado con luz natural. Ambos edificios fueron maduros herederos del movimiento “*high tech*”, ya que como indicó Ch. Jenks:

Figura 1.17: Vista interior del atrio en el edificio del banco de Shanghai. A la derecha planta tipo
<http://www.fosterandpartners.com/projects/hongkong-and-shanghai-bank-headquarters/gallery/>.

The High-Tech school, led by British architects, focused on other parts [...] the mechanical services, anonymous shed-space, economical packaging and repetition. By the mid 1980s this tradition became the dominant one of Modernism. The Hong Kong Bank and Lloyds' of London were its two establishment monuments, both Foster and Rogers were given knighthoods, and a host of further High-Tech architects[...] (Jencks; pg. 100)²⁴

De este modo, ambos edificios fueron pioneros en incorporar los últimos avances tecnológicos de su época, buscando anticiparse a la llegada del próximo milenio. Fue la utilización de ésta propuesta de alta tecnología, lo que permitió al Banco Shanghai la rapidez que se requería para la construcción de 99.000 m². Esto llevó a aplicar un sistema constructivo con un alto grado de prefabricación. En el edificio para la aseguradora Lloyd, la ingeniería estructural y mecánica, se expuso deliberadamente como si fuera una máquina. Así, se muestran en toda su dimensión los esbeltos pilares de hormigón que soportan los diferentes niveles que balconean al atrio y que sirvieron durante la construcción como soportes a las grúas que alzaron los pisos prefabricados.

Ambos edificios, bien pudieron corresponder a los precursores de una nueva arquitectura inserta en los albores del proceso de globalización del planeta; ya que las obras se desarraigan del contexto de su entorno para seguir los dictados universales de la alta tecnología empleando nuevos materiales y conceptos estructurales junto con innovadores desarrollos espaciales utilizando herramientas de diseño asistido por computador

Figura 1.18. A la izquierda planta tipo del edificio Lloyd Insurance. A la izquierda vista interior del atrio en el edificio. <http://www.pianoandpartner/gallery/>.

24. Jencks, Charles. 19XX. The architecture of the jumping universe. Ed. Academy Editions

- Conciencia ambiental y ahorro energético en el atrio

En los años 70, tras las sucesivas crisis provocadas por el sostenido aumento en el precio del petróleo comenzó a gestarse una nueva conciencia hacia la naturaleza del planeta. Nació un nuevo enfoque basado en la integración de toda forma de vida y el ecosistema como un conjunto inseparable y a partir de un nuevo concepto: desarrollo *sustentable*²⁵, se iniciaron diferentes conferencias internacionales que contemplaron el medio ambiente, produciéndose una toma de conciencia, de la vulnerabilidad del equilibrio ecológico del planeta²⁶. En el ámbito de la construcción²⁷ específicamente, se estableció el impacto energético involucrado en el ambiente construido, iniciándose, además, un seguimiento de la vida operativa que debían ser capaces de sustentar los edificios comprendiéndose la urgencia de introducir criterios de eficiencia en los procesos de intercambio de energía.

En 1986 Michael Bednar publicó en Estados Unidos, su libro "*The New Atrium*", indicando que esta tipología floreció en la arquitectura internacional debido a que era un recurso del diseño arquitectónico, cuya principal característica era la de ser un espacio integrador. Para definir esta cualidad empleó el término "holístico"²⁸, en cuanto es posible acoger en él diversas funciones, resultando un contenedor espacialmente atractivo y luminoso²⁹. Esta acepción lleva también a incorporar los criterios ambientales y energéticos involucrados en este espacio que, a su vez, el autor investigó planteando criterios energéticos según las proporciones del espacio.

El atrio tempranamente, fue abordado en estudios e investigaciones que exploraron su potencial de ahorro energético, lumínico y térmico, enfoque del cual Saxon y Bednar (1985) fueron pioneros. Otros investigadores abordaron además aspectos de seguridad y también diferentes comportamientos ambientales. Entre ellos destacan: Szerman (1992), Tregenza y Loe (1997), Anca, Galasiu y Morad (1997), Littlefair y Aizlewood, (1998).

25. "Nuestro futuro común" Conferencia de las Naciones Unidas, 1985.

26. En 1983, se activó un estado de alarma producto de la crisis ambiental

27. El sector de la construcción demanda del orden del 40% (2,500 Mton) del consumo de energía disponible a nivel global.

Así como el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global provienen del sector de la construcción del consumo energético del planeta. UNEP Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente a través de SBCI Report

28. Adj. Fil. Perteneciente o relativo al holismo.

Holismo: m. Fil. Doctrina que propugna la concepción de cada realidad como un todo distinto de la suma de las partes que lo componen.

<http://www.rae.es/>; Real Academia Española.

29. Para más información consultar en : Yeang, K. J. (2001). El rascacielos ecológico. Ed. Barcelona. Gustavo Gili..

En algunos edificios de la misma época empezó a declararse el propósito de ahorro energético, como un objetivo de diseño. Entre ellos, el *Gateway Two*, en Basingstoke, Inglaterra de Rab Bennetts asociados (1985), fue uno de los primeros edificios de oficinas que incorporó un atrio central de libre tránsito interior, que permitía la circulación del aire a través de las oficinas por medio de las ventanas superiores. Jones (2002)

En 1997, el planteamiento de permitir ventilación pasiva en un interior construido se incorporó en el edificio *Commerzbank*, de 53 pisos en Frankfurt, de N. Foster. El esquema general de diseño, deja al centro un vacío de forma triangular correspondiente al atrio situando en el perímetro todas las oficinas, así como los núcleos de servicios y las circulaciones verticales. El atrio, de esta forma, recorre 40 pisos desde la planta baja hasta la cubierta vidriada, conectando vacíos interiores de 4 plantas de alto, correspondientes a los jardines interiores adyacentes, hasta completar 3 por cada cara ofreciendo vistas e iluminación natural a las oficinas logrando a través de ellos ventilación pasiva, ya que las ventanas superiores tienen apertura monitorizada. “El diseño fue planificado para un futuro de creciente escasez de recursos para reducir costos, minimizando el consumo de energía, incluida el agua; mientras provee soluciones para el confort”³⁰. En este edificio estuvieron involucradas diferentes propuestas para disminuir las demandas energéticas, además de incorporar tecnologías de avanzada, se dispuso de nuevas herramientas de software para simular escenarios de desempeño energético que permitieron desarrollar soluciones de diseño novedosas.

Figura 1.19. Vista interior desde los jardines laterales al atrio en el edificio Commerzbank Headquarters. Al centro corte. A la derecha jardín interior adyacente al atrio. <http://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters/>

30. <http://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters/>

Los análisis en CFD³¹ demostraron que los flujos de aire en el atrio eran muy difíciles de controlar, por lo que éste fue dividido en tres segmentos verticales, con una estructura de acero y vidrio, para ofrecer un mejor control de humos³².

En el edificio *Greater London Authority* en Londres(2002), también proyectado por Norman Foster y asociados, la arquitectura y la ingeniería se integraron desde el origen en el diseño, para lograr un edificio de alta tecnología y eficiencia energética, a partir de la propuesta formal de diseño que adosa un atrio en una envolvente vidriada continua para la captación solar, con las menores pérdidas de calor posibles y con máximo control térmico para evitar sobrecalentamiento. En el interior, el atrio integra diferentes aspectos espaciales y sensoriales, asociado a un recorrido circular ascendente con vistas panorámicas en un ambiente dotado de confort térmico entendido bajo el concepto de una climatización totalmente incorporada en la arquitectura³³. La configuración volumétrica, estructural y formal, permitieron desarrollar un novedoso edificio de escala institucional, donde el atrio favorece el propósito de identificación y promoción de una imagen como se afirma en la presentación digital de la oficina. El edificio “expresa la transparencia y accesibilidad del proceso democrático y la demostración de la posibilidad de una práctica de la construcción sostenible no contaminante”³⁴, logrando convertirse en un ícono, una exégesis del arquitectura del nuevo milenio.

Figura 1.20. A la izquierda, vista interior atrio incorporado en el edificio para el Greater London Authority. A la derecha, Hart, S. Technology and ingenuity contribute to energy-efficient performance. Architectural Record Febrero. 2003. P. 118

31. Nombre del software de comportamiento de flujo dinámico.

32. Pepchinski, M., Projects (1998, Enero).With its naturally ventilated skin and gardens the sky, Foster and Partner's. Commerzbank reinvents the skyscraper. Architecture Record. 69- 79

33. Sara Hart. PROJECTS. (2003, Febrero).Along the Thames, Foster and Partners puts a new twist on government and give green a different shape with the highly accessible. LONDON CITY HALL. Architectural Record. 109 - 115 ; 120-123

34. <http://www.fosterandpartners.com/projects/cityhall/gallery/>

El atrio en Santiago.

En los acápites anteriores, se expuso la evolución del atrio incorporado en diferentes edificios, desde sus orígenes hasta hoy, restableciéndose un espacio diferenciado, que ha sido de gran atractivo y que ha alcanzado escalas monumentales, con implicancias económicas, sociales y ambientales.

Junto con lo anterior, se han detallado los múltiples roles que caracterizan el uso del atrio contemporáneo a partir de una mirada retrospectiva que dio cuenta de la evolución de una tipología de la arquitectura en los edificios públicos. Sorprende encontrarlo en las más diversas latitudes geográficas, climas y contextos culturales (Saxon, 1993). Actualmente responde a una tipología arquitectónica globalizada que, desde hace algunas décadas y cada vez con mayor frecuencia, se ha incorporado en los edificios de la ciudad de Santiago.

La incorporación del atrio en los edificios de Santiago de Chile supone la adaptación de un tipo arquitectónico proveniente de climas mas fríos. De inmediato surge la pregunta sobre cuan bien lograda ha sido esta adecuación local, o bien si se trata de otra importación sin cuestionamiento, de una “moda” arquitectónica copiada del extranjero.

Antes de seguir avanzando, es necesario tener presente algunas características climáticas de Santiago. Ciudad que está ubicada en la cuenca del río Maipo³⁵, al pie de la Cordillera de los Andes en un valle cuya clasificación climática corresponde a la de templado mediterráneo con lluvias invernales y estación seca prolongada. El comportamiento térmico anual se caracteriza por la alta oscilación de las temperaturas en verano cercana a 20°C, con máximas que excepcionalmente superan 33°C y mínimas en torno a 12°, mientras que en invierno la temperatura media mínima es del orden de 2,5°C, con heladas ocasionales, en en tanto que las máximas alcanzan temperaturas por sobre 15°C con facilidad. Las lluvias se concentran en invierno, sumando hasta 200 mm al año. Los vientos de comportamiento anual, predominantemente provienen del Sudoeste, variando en invierno al Sudeste. La ciudad se caracteriza por la alta radiación solar durante el año, hasta 850 W/m² en verano, y especialmente por los cielos soleados (38% cielo abierto y 34% parcial nublado)³⁶, de lo que se puede deducir la eficacia luminosa proveniente de la bóveda celeste.

35. De la lengua originaria mapuche, en mapudungun significa “trabajar la tierra arar”

36. “Disponibilidad de luz natural regional, primera aproximación”. Dra. Andea Pattini. Documento clases D.A.S F.A.U. U. De Chile

Los atrios vidriados en la ciudad de Santiago

En la ciudad los espacios atrios estuvieron precedidos por los primeros edificios con cubiertas vidriadas. Pionera de esta tipología fue la galería San Carlos (1870) del arquitecto Ricardo Brown, la cual estaba totalmente cubierta con una bóveda vidriada de estructura metálica construida con materiales importados, compuesta por pequeños trozos de vidrio.

Así, el desarrollo de los espacios cubiertos con estructuras vidriadas, tuvo un auge durante la segunda mitad del siglo XIX debido a la transferencia tecnológica ocurrida con el arribo de profesionales franceses e italianos “quienes llegaron a ocupar cargos públicos y contribuyeron a la adopción de cierta impronta europea en la arquitectura del país”³⁷. En 1857, se organizó en la Quinta Normal de Santiago, la Exposición Internacional de Agricultura, en la cual el pabellón francés demostró las posibilidades arquitectónicas del vidrio incorporado en la cubierta de tres bóvedas metálicas. En 1892, se construyó el invernadero de la Quinta Normal totalmente vidriado, que además permitió exposiciones temporales. En aquella época también se importó desde Francia, la estructura para nave principal, de 48 por 160 metros, de la Estación Central que en 1887 fue armada por técnicos chilenos³⁸, al igual que el Pabellón de Chile en la Exposición Universal de París, diseñado en 1889 del arquitecto Henry Pycq. Este edificio totalmente prefabricado se trajo a Chile y fue armado en la Quinta Normal de Agricultura cuya cúpula vidriada sobre el hall central sorprende hasta la actualidad..

Figura 1.21. A la derecha Galería San Carlos, hoy demolida. Fondo imágenes Universidad de Chile. Al centro, invernadero de la Quinta Normal, <http://www.arquitecturaenacero.org/equipamiento/295-invernadero-de-la-quinta-normal>. A la izquierda, Pabellón de Chile en la Exposición Universal de París; ho Museo Artequin; www.artequin.cl.

37. Vásquez, C. (2006). “El vidrio. Arquitectura y técnica”. Ed. ARQ. Santiago de Chile.

38. Ibid. Vasquez, pag. 18

Para conmemorar el primer centenario de la Independencia de la Nación, el Estado patrocinó la construcción de obras emblemáticas, entre ellas, el museo de Bellas Artes del arquitecto Emile Jecquier construido entre 1905 a 1910, cuyo gran hall de llegada fue cubierto con una estructura metálica remachada de vigas de celosía con perfiles doble T fabricadas en Bélgica. En la cubierta se utilizaron vidrios dobles con rejillas metálicas en su interior. En 1905, Emile Doyere, arquitecto de origen francés, inició la construcción del Palacio de los Tribunales de Justicia, una de las primeras obras en hormigón armado del país, en cuyo interior contenía un luminoso atrio lineal de XX m de longitud en triple altura, cuya cubierta fue una estructura metálica totalmente vidriada. En ambos casos las estructuras metálicas se realizaron en Chile, modificando la tendencia del siglo anterior, aun cuando el vidrio plano fue totalmente importado hasta la década del 30. En los años 20 irrumpieron las cúpulas en vidrio pavé³⁹, incorporadas en notables edificios publicos, tales como, la Caja de Crédito Hipotecario y el edificio para la Caja Nacional de Ahorros⁴⁰.

La creciente demanda de vidrio plano requerido por el auge de la construcción en las primeras décadas del siglo pasado hizo que finalmente éste empezara a elaborarse en el país a partir de 1930, sustituyendo para siempre su importación. Sin embargo, no fue sino hasta el tardío arribo del movimiento moderno a Chile, que las superficies vidriadas pasaron a dominar las fachadas, no existiendo registro, aparte de los 2 casos mencionados, de edificios que incorporaran atrios, sino hasta inicios de los años 80.

Figura 1.22. A la derecha, atrio central Palacio de Bellas Artes”. Fotografía de la autora, 2012. Al centro, interior Palacio de los Tribunales de Justicia. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Palacio_tribunales_Santiago002.jpg. A la derecha, vidrio “Pavé” en la cúpula.

39. Pequeños modulos vidrio que conformaban superficies curvas, reforzadas en hormigón y con enfierradura. Vasquez, 2007

40.

En 1982, se construyó el edificio La Merced, de los arquitectos Pérez de Arce⁴¹ y asociados, en el centro histórico de la ciudad junto a la Basílica y claustro de los Mercedarios. Este edificio incorporó un atrio contemporáneo en el interior. La propuesta, plantea un esfuerzo de integración a la trama urbana, dialogando armónicamente con el antiguo patio del claustro y el circuito de pasajes comerciales existentes, al cual se integró la circulación del primer nivel del atrio, que tiene una altura de 9 pisos, estando cubierto con una estructura plegada y vidriada que permitió un espacio central muy luminoso y ventilado directamente al exterior a través de las aperturas en los hastiales de cada extremo.

Diez años más tarde, se inauguró en el sector oriente de la ciudad el hotel *Hyatt Regency* de Santiago, de la oficina Alemparte, Barreda y Asociados, en él que se incorporó un atrio de planta circular de 25 pisos de altura. Al igual que el primer atrio de ésta cadena de hoteles en EEUU (fig. 1.13), los dormitorios quedaron en el perímetro exterior y las circulaciones balconeando al vacío. El edificio se emplaza completamente aislado, sin vecinos próximo y tiene una cubierta cónica, la cual esta resuelta en una estructura reticular de acero que continúa descendiendo por la fachada poniente, abriendo una escisión totalmente vidriada en el volumen edificado. Esta generosa apertura poniente en el volumen hace presumir altos costos energéticos de enfriamiento, debido a la elevada radiación solar durante el año que se hace crítica para esta orientación en los meses de verano, razón por la cual el atrio debió ser dotado de climatización artificial.

Figura 1.23. A la izquierda, atrio al interior del edificio LA Merced Revista CA 35. "Catalogo IV Bial", año 1983, p. 88-89. A la derecha, atrio central del hotel Hyatts Regency Santiago.

41.

El edificio Sonda de B. Huidobro y E. Brown (1998), incorpora también un atrio climatizado durante todo el año, el que “funciona como un excelente amortiguador de inercia térmica y mantiene un alto volumen de aire filtrado (oxígeno), elemento que lo diferencia de la mayoría de los edificios por la calidad del aire”⁴² (Otaegui,2007,p) El atrio de planta rectangular orienta su lado mayor en sentido Norte-Sur, tiene 10 pisos y está contenido por dos cuerpos edificados comunicados por puentes. Uno de los conceptos del edificio fue promover una comunidad de trabajo, facilitando la relación visual entre sus ocupantes. La principal razón para incorporar este espacio fue, según sus arquitectos, la de llevar iluminación natural al interior, ya que, el edificio tenía un vecino al poniente que impidió captar iluminación adecuadamente por esa orientación⁴³. La fachada norte del atrio se protegió de la radiación solar excesiva con celosías de aluminio color blancas y valiéndose además de una doble piel sellada, con lo que se amortigua la radiación directa en verano, favoreciéndola en invierno; “la piel está sellada en su verticalidad, pero siempre se encuentra abierta en la parte inferior y según las necesidades se puede realizar su apertura en la sección superior”. El décimo piso incluyó varias aberturas con válvulas de aire activadas por un pequeño motor que actúa de acuerdo a los sensores de temperatura ubicados en el interior de la doble piel⁴⁴.

En 1996, los mismos arquitectos incorporaron un atrio de 7 pisos, en el edificio Doce Juzgados de Santiago, el cual debido a su configuración, orientación y volumen de aire no requiere ser climatizado, pese a la gran cantidad de iluminación natural que proviene de la cubierta, la que logra ser matizada por su estructura en diente de sierra .

Figura 1.24. A la izquierda, atrio interior del edificio para los 12 Juzgados de Santiago. Fotografía de la autora, 2008. Al centro, atrio longitudinal en edificio Sonda. www.sonda.cl, Octubre 2012. A la derecha, atrio de tres lados en el edificio Vicente Kovacevic II U. Central. Fotografía de la autora, 2012

42. Otaegui, M. T. (2007, Marzo).Edificio Sonda. Máxima capacidad. BIT. 90- 96

43. Entrevista con Enrique Brown .

44. Ibid. Otaegui, 2007.

La ampliación de la sede central de la compañía de gas GASCO, obra de los arquitectos Luis Izquierdo, Antonia Lehmann y Hernán Rodríguez, correspondió al caso de un atrio incorporado como parte de una estrategia de reciclaje de un edificio de oficinas en el centro histórico de Santiago. Detrás de un volumen de 2 pisos de planta rectangular entre medianeros que data de principios del siglo veinte, se construyó un edificio en forma de “U” en cuyo centro existe un atrio rectangular que orienta su lado mayor hacia el norte. El volumen construido ocupó totalmente el sitio donde se emplaza, y quedó confinado entre medianeros, por lo que la captación de la iluminación a través de las cubiertas fué esencial. Se generó un ambiente luminoso y controlado de la radiación solar directa. Similar manejo de la luz, se dio en el atrio que se construyó en la ampliación de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad de Chile, donde se permitió soleamiento norte a través de algunos paños traslúcidos.

Están también aquellos edificios que incorporaron un atrio adyacente de una cara, como por ejemplo la sede de Televisión Nacional de Chile (TVN), del arquitecto Victor Gubbins (2002) y la Municipalidad de Vitacura de los arquitectos Iglesias y Prat (2005). Ambos atrios se orientaron al norte y al poniente respectivamente, resultando muy soleados. Si bien, lo anterior es una condición muy favorable en invierno; en verano puede producir sobrecalentamiento si los espacios no se protegen y ventilan adecuadamente. La ganancia solar en el atrio de TVN se incrementó mediante un trazado de planta semicircular y una inclinación del ángulo de fachada que es mayor a 90° . En la Municipalidad de Vitacura, la gran escalinata que conecta los distintos pisos fue vidriada en su frente y en la cubierta entre las poderosas vigas de hormigón armado. Esta misma condición presentó el hall de ingreso del edificio.

Figura 1.25. A la izquierda, atrio al interior del edificio Gasco. www.barco.cl. Al centro, atrio conector entre los edificios existentes y la ampliación del Campus FACEA. U. De Chile. Fotografía de la autora, 2009. A la derecha, atrio adosado norte en el edificio TVN. Revista AOA no 4, abril 2007, p. 48-55.

Cabe destacar como caso especial el Centro Cultural Palacio La Moneda, de los arquitectos Cristián Undurraga y Ana Luisa Devés, el que fue inaugurado en el año 2005 y se construyó frente al Palacio de Gobierno, bajo el nivel de terreno natural, en el subsuelo de la Plaza de la Ciudadanía. Su cubierta esta dada por la misma losa de la explanada cívica y el gran espejo de agua que enfrenta la fachada Sur del palacio. A este gran subterráneo, se accede por medio de rampas que llegan a dos patios hundidos en extremos opuestos oriente y poniente de la plaza. El espacio interior se organizó en torno a un atrio rectangular de grandes dimensiones, al que se descende por medio de una rampa panorámica inmersa en el vacío. Es notable como el empleo adecuado de la iluminación natural logra minimizar la sensación de encerramiento, pues para ello, se dispuso de un pavimento de cristal traslúcido a modo de franjas entre las vigas de hormigón pretensado, que permiten el ingreso de abundante iluminación difuminada al interior.

El atrio incorporado en el Centro de Extensión y Biblioteca Central de la Universidad Diego Portales forma parte de un conjunto de estrategias bioclimática y de eficiencia energética que se aplicaron en el diseño del edificio. El atrio de planta rectangular recorre verticalmente todo el edificio, incorporando vegetación en tres de sus caras, la que colabora a enfriar y moderar la temperatura interior. El resultado fue un espacio suficientemente luminoso gracias al ingreso de luz natural, a través de una estructura de cubierta de vidrio laminado que es soportada por perfiles de acero.

Todos los atrios descritos, poseen estructuras de hormigón armado, asociadas a las exigentes normativas de resistencia sísmica que deben cumplir los edificios en el país.

Figura 1.26. A la izquierda, atrio de cuatro lados al interior del Centro Cultural Palacio La Moneda. Al centro, atrio adosado norte en edificio consistorial de Vitacura. A la derecha. Centro de Extensión y Biblioteca Central. UDP. Fotografías de la autora, 2012.

Los atrios descritos, coinciden en poseer estructura de hormigón armado, asociada a las exigentes normativas de resistencia sísmicas que deben cumplir los edificios en el país. Así como, los sistemas vidriados hoy día suelen adoptarse en superficies laminadas, favoreciendo la seguridad que estos permiten frente a cualquier riesgo de rotura⁴⁵; se detectaron también algunos casos recientes que incorporaron una cámara de aire entre dos caras vidriada; fue habitual encontrarlos de alta transparencia y recientemente con incorporación de tonos azules o verde, otros casos con tratamiento de superficie para controlar las reflectancias. Sin embargo, también fue habitual encontrarlos en policarbonato, que si bien tienen una disminuida transparencia, finalmente permiten reducir las secciones de estructuras de cubierta.

45. De acuerdo a los catálogos del material revisados, se especifican laminados con capas de diferentes espesores en cuya unión se introduce una lamina de PVB, Polivinil Butiril de alta resistencia.

1.3. Planteamiento del problema:

De acuerdo con los diversos antecedentes generados desde la segunda mitad del siglo XIX, el atrio fue concebido y evolucionó como un espacio contemporáneo y globalizado, capaz de emplazarse en cualquier latitud del planeta, mediante los sistemas constructivos y tecnologías disponibles. Se observó desde los más sencillos hasta los más sofisticados, así como, aquellos de alto desempeño energético. Por tanto, debido al potencial desempeño ambiental, este espacio se transformó en una estrategia recurrente en la arquitectura internacional de edificios de oficinas y de comercio, Jones (2002).

El atrio es un espacio que promueve el aprovechamiento de las energías naturales, especialmente la radiación solar para iluminación diurna. Sin embargo, la conservación de la energía rara vez es uno de los objetivos a incorporar en el proceso de diseño de los edificios, ya que, generalmente, los principales objetivos van siendo los comerciales. En efecto, al crear un recibidor de grandes proporciones, este se vincula a la promoción de una imagen a lograr asociada al dominio visual de la gran cavidad espacial; no obstante, en el diseño de un atrio se reconoce que este permite favorecer aspectos funcionales, como facilitar la circulación horizontal y vertical optimizando, con ello, la organización espacial de los recintos. En otras situaciones, también facilitaron aspectos funcionales vinculados a los servicios prestados al usuario, tales como cafetería, exposiciones transitorias, áreas de esparcimiento con vegetación interior o, definitivamente, como espacios conectores entre edificios.

Es así como se verificó una importante tendencia al comportamiento pasivo durante el año, por lo cual, la incorporación de un atrio en el diseño de un edificio logra generar un efecto positivo e inmediato en las condiciones del habitar debido a las ventajas ambientales mencionadas, ya que, al diseñarlo como una estrategia solar pasiva, bien puede facilitar comodidad y ahorro energético por el hecho de aportar iluminación natural y moderar las temperaturas interiores.

Además, no se puede dejar de mencionar y destacar que la ganancia de iluminación natural trae consigo diversos beneficios adicionales, a saber: reducir la sensación de encierro en un espacio interior aportando vistas al exterior cada vez más valoradas. Estos aspectos tienen un alto impacto, pues mejoran la calidad del habitar del hombre en recintos o espacios que, de otra manera, quedarían totalmente ciegos.

Esta tesis pone en duda que el conocimiento generado en el hemisferio norte –el modelo de evaluación estático de la iluminación natural solo es válido para un tercio del año en latitudes de mayor radiación solar– sea válido en el hemisferio sur y, más específicamente, en clima mediterráneo y latitudes medias, como es el caso de Santiago de Chile. En esta ciudad metrópolis, donde la arquitectura para oficinas y comercio intenta asumir las características propias del “mundo desarrollado”, y globalizado, se estaría generando diseños que, por una parte, desconocerían el estado del arte en materia de desempeño energético, y por otra, abusarían del objetivo comercial, creando recibidores de grandes proporciones, con derroche de recursos.

De esta forma, se investigó el comportamiento y aporte energético de la iluminación natural en el interior del atrio como variable clave a partir de la configuración formal de estos espacios, abiertos al cenit, para su contribución a la experiencia sensorial y ambiental de bienestar alcanzable en el clima mediterráneo de Santiago de Chile. Después de compilar y revisar un conjunto relevante de atrios, se investiga y sistematiza 27 edificios construidos entre 1982 y 2010. Respecto de esta muestra las preguntas centrales fueron: sobre las características predominantes en la configuración formal del atrio en Santiago de Chile; las características constructivas y ambientales del atrio en clima mediterráneo, y respecto de los niveles de iluminación natural según la configuración del atrio.

1.4. Hipótesis:

La especificidad del clima mediterráneo de Santiago de Chile, estaría determinando una configuración geométrica y dimensiones interiores de la cavidad del atrio de los edificios de oficinas y comercio que –en conjunto con el diseño constructivo de la cubierta– favorecería un desempeño lumínico eficiente al interior del edificio durante todo el año.

1.5. Objetivo General:

Identificar, caracterizar y evaluar la configuración geométrica del atrio a través de las dimensiones que, en conjunto con la cubierta, permitirían mejores estándares de iluminación natural en el interior y comodidad visual, de acuerdo a las condiciones de cielo predominantemente soleado de la ciudad de Santiago, sin dejar de lograr los objetivos de diseño asociados a la promoción de una imagen.

1.6. Objetivos específicos.

1. Seleccionar/ajustar una metodología para construir un catastro aplicable al caso de Santiago, de aquellos edificios que han incorporado un atrio.
2. Analizar desde el catastro cada edificio para construir una tipología de atrios, señalar las variables de caracterización y extraer un modelo base de estudio
3. Evaluar el modelo base en el clima mediterráneo de Santiago, apreciando las características de su iluminación natural, para encontrar las claves específicas de las proporciones geométricas del atrio a aplicar en futuros procesos de diseño arquitectónico en Santiago de Chile, e identificando los indicadores geométricos que permitan el desempeño óptimo de la radiación solar en el interior del espacio atrio durante el año en los edificios de interés.
4. Simular en software las características/datos de orientación y configuración geométrica del tipo atrio seleccionado para generar un modelo representativo según el aporte energético de la iluminación natural en Santiago de Chile.

1.7. Metodología

Entendiendo que el método científico es un proceso destinado a explicar fenómenos, establecer relaciones entre los hechos y enunciar leyes que expliquen los fenómenos físicos del mundo y permitan obtener, con estos conocimientos, aplicaciones útiles al hombre, esta investigación aplicará el método hipotético-deductivo.

Las acciones realizadas fueron:

Identificar aquellos edificios construidos en Santiago entre los años 1982 y 2010, para generar un catastro desde los aspectos formales, funcionales, materiales y ambientales, en condiciones climáticas mediterráneas.

Analizar cualitativamente los edificios del catastro identificando las características de localización, emplazamiento, orientación y configuración geométrica de los atrios junto a aquellas invariantes que integran un modelo representativo para evaluarlo.

1. Revisión de la bibliografía general: se inició tempranamente una extensa revisión de la bibliografía específica, a partir de la cual se caracterizó y definió el atrio, así como también se identificó aquella producción arquitectónica de edificios que incorporaron el atrio, tanto en el ámbito internacional, como en el local de la ciudad de Santiago, identificando las características y modificaciones introducidas en el tiempo, desde diferentes calidades y cualidades constructivas del espacio.

2. Metodología para construir el catastro y selección de edificios construidos entre 1982 y 2010. A partir de este material antes revisado se seleccionó un primer grupo de edificios cuya base de datos incorporó información general de los edificios, y específica de plantas, elevaciones interiores y cortes, además antecedentes climáticos e identificación de los materiales que conforman las superficie interiores y cubierta de los espacios atrios, incluyendo algunos aspectos ambientales como vegetación, presencia de agua y tipo de ventilación. Se diseñó una ficha para elaborar el catastro de los edificios en la ciudad de Santiago.

3. Segunda selección para la muestra definitiva: se realizó a partir de un inventario de aquellos edificios que incorporaron un atrio en Santiago, dado que algunos edificios de la primera selección no cumplían integralmente todas las características requeridas. La base documental de estos antecedentes específicos, correspondieron a fuentes de corriente principal en arquitectura contemporánea chilena, además de abarcar todas aquellas disponibles en formato digital.

4. Validación de la información: se realizaron visitas a los edificios, lo que permitió validar la información recabada, a la vez se completó con mayor detalle el catastro de materiales y terminaciones junto a los aspectos ambientales en terreno. En esta etapa fue necesario además, contactar a las diversas oficinas de arquitectura para solicitar planos y antecedentes que aportaran mayor información, concertándose también, algunas entrevistas. Esta tarea en general se cumplió exitosamente aun cuando hubo casos de muy difícil acceso.

5. Análisis cualitativo de la información en fichas: en esta etapa se realizó un exhaustivo análisis del catastro, siendo empleado como criterio la identificación de las siguientes variables: localización en la ciudad, emplazamiento en el predio, además las características espaciales y de organización del edificio contenedor del atrio, tales como las dimensiones, y todos aquellos aspectos documentales: fechas, autores, destino de uso y superficies. Esta labor permitió generar una tipología de atrios y seleccionar un modelo base de estudio. Luego se analizaron en profundidad los aspectos sintácticos de las proporciones y las dimensiones, a partir de la configuración de la cavidad del atrio para seleccionar un modelo base de estudio que permitiera relacionar específicamente el aspecto formal y material en el atrio.

6. Modelo de prueba de la iluminación natural: se revisan los conceptos y metodología de estudio y evaluación de la iluminación natural. Se analizaron las características luminosas del cielo de Santiago y se construyó un modelo físico escala 1:50 a partir del modelo base de estudio obtenido en la síntesis del catastro para medir la iluminancia máxima en verano y, por lo tanto, seleccionar la herramienta de simulación.

7. Evaluación y simulación: se construyó un modelo en programa de simulación energético ambiental –programa Ecotec– para evaluar el desempeño de la iluminación natural en el simulador Daysim a través de Radiance.

8. Se analizaron los resultados y se elaboraron las conclusiones finales.

1.8. Estado del arte.

El atractivo del espacio atrio incorporado en los edificios contemporáneos radica en el potencial para lograr ahorro energético. Lo anterior ha guiado la revisión de diversas fuentes, desde investigaciones que se sitúan en la historia y evolución de los espacios atrios a otras vinculadas a las tecnologías de los materiales, específicamente del acero y del vidrio, junto con ellas se analizaron diversas publicaciones científicas que divulgaron investigaciones experimentales a través de diferentes metodología y medios de prueba que permitieron evaluar el comportamiento de la iluminación natural, temperatura, ventilación y humedad, en los espacios interiores de grandes dimensiones, además de identificar el desempeño energético y los consumos.

Se puede decir que empezó a investigarse el atrio, fuertemente en los años 80 como lo ejemplificaron: Saxon (1983; 1986); Bednar (1986) y Aizlewood (1996). En esta revisión el orden de los antecedentes será expuesto de acuerdo a los ámbitos temáticos mencionados anteriormente, comenzando por los aspectos de la configuración del espacio y finalizando con el estudio de diferentes metodología de investigación experimental y lineamientos para el diseño arquitectónico.

1.8.1. Configuración del espacio atrio contemporáneo.

En 1983 Saxon introdujo los ejes fundamentales en discusión respecto del atrio mencionando las características funcionales a partir de su incorporación en el edificio analizando la condición de espacio protegido. Este mismo autor investigó un extenso listado de edificios y los clasificó según 7 configuraciones (Ver fig. 1.1).

Posteriormente, en 1987 Eino Kainlauri planteó nuevas tipologías

Figura 1.27. Clasificación de diferentes atrios según Eino Kainlauri (1987).

Estas tipologías fueron propuestas a partir de un catastro efectuado mediante la revisión de obras de diferentes oficinas de arquitectura estadounidenses. Los atrios de los edificios seleccionados se clasificaron en 5 tipos (ver fig. 127) según la localización del espacio y las superficies vidriadas de cerramiento. En estos atrios se advirtió que las cuatro primeras tipologías, correspondían a aquella planteada anteriormente por R. Saxon, es decir, aquellos atrios configurados de acuerdo a los vínculos establecidos con el edificio contenedor, en este caso adjetivados por la relación que otorgaba el grado de abertura de las caras interiores. La diferencia estuvo en el quinto tipo, llamado “envolvente” que planteó un espacio atrio que envolvió las caras exteriores del edificio.

Los autores Yoshino, H.; Ito, K. y Aozasa, K. (1995), investigaron diferentes tipologías a partir de un catastro realizado en Japón, el que consideró 206 edificios construidos entre los años 1981 a 1993. Cada uno de los atrios incorporados, fueron agrupados en 11 tipos según su uso, siendo la categoría de mayor porcentaje aquella constituida por edificios de oficinas con un 20% del total. El segundo grupo incluyó edificios comerciales, hoteles, y de servicios públicos, seguidos por edificios comerciales de ventas al detalle. Finalmente se consideraron los edificios culturales, establecimientos educacionales, de gobierno, y otros casos que correspondieron a tipos menos relevantes.

Según la configuración formal, los atrios fueron clasificados en 7 tipos (ver figura 1.28). La mayor cantidad fueron del tipo IV con un 43,5%, llamados “patio”, según los autores. El siguiente grupo fue el tipo II, correspondiente a un atrio abrazado por un edificio en forma de C, con 17,6%; otro grupo importante, el tipo V, un atrio diseñado para comunicar dos edificios con 18,1%. De acuerdo a la gran cantidad de edificios en el inventario, al igual que la clasificación anterior de Kainlaurie aparecieron nuevos tipos, como el tipo VI y VII, el primero es una superficie independiente del edificio contenedor en nivel inferior y el segundo de gran dimensión envolviendo una zona habitable menor.

Figura 1.28. Clasificación de atrios según Yoshino, Ito; Aozasa. (1995)

Un nuevo catastro de 138 atrios realizado en la ciudad de Hong Kong Special Administrative Region (HKSAR); Chow & Wong, (1999); fue llevado a cabo para la investigación y el análisis de diferentes variables como la geometría y dimensiones (ancho, largo y alto) además de las superficies vidriadas en las fachadas exteriores a partir de la ubicación del atrio al interior del edificio; considerando el tipo de uso y los aspectos ambientales térmicos, junto a los equipos de climatización y los dispositivos para distribución del aire. La muestra seleccionada para el estudio, abarcó un amplio espectro de edificios, por ejemplo, las superficies identificadas fueron desde 22 m² hasta 1.800 m², y el volumen contenido por la cavidad del atrio contenido desde 220 m³ a 32.000 m³. La geometría del atrio en planta varió de acuerdo a lo siguiente, 110 atrios tenían piso rectangular (79.7%), 11 eran de piso circular, 2 presentaron piso octogonal y 15 tenían un piso de forma irregular.

Primero los atrios fueron clasificados en 9 grupos de acuerdo a las proporciones geométricas, y luego fueron analizados a partir de las dimensiones: largo (L), ancho (W), y alto (H). De estos grupos se obtuvo los aspectos de forma, a, b, c; expresados según las proporciones geométricas: $a = L/W$; $b = H/W$; $c = H/L$. Cada uno de los 9 grupo se identificó con un a relación de tamaño entre los aspectos de proporciones:

Grupo I, ($a \geq 2$, $b \geq 2$ y $c \geq 2$), el largo es más del doble del ancho; y el alto mas del doble del largo. Es un una atrio alto con planta estrecha, en este estudio no se lo encontró.

Grupo II, ($1 \leq c < 2$), similar al grupo I, con iguales proporciones y no demasiado alto.

Grupo III, ($a \geq 2$, $0.5 < b < 2$, $c < 1$). La forma de la planta del atrio es estrecha bajo un cielo alto.

Grupo IV, ($a \geq 2$, $b \leq 0.5$, $c \leq 0.25$). Los grupos de I al IV, eran atrios con plantas inferiores estrechas, La forma de la planta del atrio es estrecha y el cielo es bajo. Por lo tanto, desde el grupo V al IX correspondió a aquellos con amplios primeros pisos.

Grupo V, ($1 \leq a < 2$, $b \geq 2$, $c \geq 2$). Atrio muy alto con la forma en planta casi cuadrada.

Grupo VI, ($1 < c < 2$) el atrio es similar al Grupo V pero no demasiado alto.

Grupo VII ($1 \leq a < 2$, $0.5 < b < 2$ y $c \leq 0.5$). Forma en planta casi cuadrada y el piso bajo.

Grupo VIII, ($1a < 2$, $0,5 < b < 2$, $0,5 < c < 2$). el atrio tiene forma de cubo con un cielo relativamente bajo de la mitad del largo al doble .

Grupo IX, ($b \leq 0.5$, $c \leq 0.5$). el atrio es igual al Grupo VII pero el cielo es mas bajo.

Figura 1.29. Clasificación de los atrios en edificios de Hong Kong, (HKSAR). Según las proporciones de sus lados en 9 grupos .W. K. Chow & L. T. Wong (1999).

Figura 1.30. Distribución de porcentajes según los 9 tipos atrios en el centro comercial y administrativo de Hong Kong, .W. K. Chow & L. T. Wong (1999).

Figura 1.31. Clasificación de los atrios A typology of four types of atria (Hung & Chow, 2001).

En los cuatro estudios revisados se vieron semejanzas en la metodología para relevar la información, también en la identificación del edificio para clasificar los atrios así como en los esquemas de síntesis de cada forma propuesta, diferenciando la masa construida de la cavidad contenida. En todas estas investigaciones, además, se realizaron extensos catastros, sin embargo, el de mayor volumen correspondió a Saxon (1983). Además de haber documentado 107 casos, tanto en Europa como en Estados Unidos y Canadá, conformó un largo listado de edificios, relevando de ellos la información en planos que utilizó luego, en los diferentes análisis presentados en sus libros.

Desde entonces, la tipología que planteó Saxon fue muy habitual en referencias de otras publicaciones, como por ejemplo, Bednar (1985), Chow y Wong (1999), Hung y Chow (2001). Por ejemplo, Sharples y Lash (2007), sintetizaron en su estudio, una clasificación de atrios de acuerdo con cuantos lados estuvieran contenidos por la masa construida del edificio. Es así como el atrio de 4 lados fue aquél abierto al cielo y completamente interior y fué clasificado como un atrio centralizado, así como el atrio semi cerrado, correspondió al de 3 lados, ya que además de estar abierto al cielo también lo estaba en una de sus fachadas. Hung y Chow (2001); de manera semejante describieron los atrios adosados y lineales.

Central

Semi cerrado

Adosado

Lineal

Se puede decir, que las clasificaciones de atrios con mayor presencia y más habituales en todos los catastros son los de 4 y 3 caras, así como también los lineales. Contrariamente los menos frecuentes y especiales, resultaron ser aquellos configurados por una cara y los de tipo adosado; especialmente este cuando estos se vinculan a diferentes edificios, o a uno existente y sus nuevas ampliaciones.

En esta etapa se puede decir que las “formas simples” como las llama Saxon, son las que se encuentran con mayor frecuencia en otras clasificaciones; si bien los nombres cambian, la universalidad de los tipos propuestos se reconoce inmediatamente.

1.8.2. Los aspectos del bienestar térmico en el atrio.

Según Göcer *et al.* (2007) las razones de ahorro de energía, derivadas del empleo del atrio ocurren debido a que éste permite :

- Proveer iluminación natural al interior de los espacios ocupados, habiendo una zona amortiguadora entre el interior y el exterior.
- Proveer ventilación natural con la ayuda de la estratificación del aire.
- Aprovechar la iluminación natural para reducir el consumo de electricidad a su vez de climatización específicamente enfriamiento.
- Los atrios actúan como zonas amortiguadoras con el potencial de disminuir la transferencia de energía desde las superficies del edificio al ambiente exterior.
- El efecto amortiguador del atrio puede ayudar a ventilar los espacios adyacentes y las zonas ocupadas sin necesidad de sistemas de climatización (p.46).

Efectivamente, en relación al medio ambiente el atrio tiene el potencial de reducir la demanda por energía a través de varios procesos. El atrio es una zona de almacenamiento intermediario, entre el interior y el clima exterior, lo cual puede disminuir la calefacción de los edificios, al mismo tiempo que la carga de enfriamiento, favoreciendo el efecto de movimiento y disminuyendo la estratificación del aire, aumentando con ello la ventilación natural. Chow y Wong(1999),Göcer, Aslihan y Özkan (2006), Holford y Hunt (2003). Sin embargo, acondicionar los atrios al mismo estado térmico de otros espacios interiores, puede ocasionar notables incrementos en las cargas de energía.

Los espacios atrio totalmente acondicionados, es decir climatizados, a menudo tienen una bajo ahorro de energía y por ende un alto consumo energético Bryn, (1995). Otro aspecto de cuidado, al momento de prevenir la estratificación del aire, es la envolvente del atrio esto orientado a controlar sobrecalentamientos, Kainlauri, Lehman y Vilmain, (1991), así como también participa la forma de la cavidad del atrio. Hopkirk (1998), detalló una herramienta de diseño para determinar de mejor proporción, cual es la configuración necesaria para maximizar los ahorros de energía en recintos adyacentes a los atrios, considerando la iluminación y la cargas de enfriamiento.

Laouadi, Atif y Galasiu, (2002), desarrollaron y testearon una herramienta de diseño para tragaluces. Sin embargo, el beneficio mas importante de un atrio esta en permitir la penetración de la luz natural al interior de un edificio. Littlefair and Aizlewood (1998) entregaron una buena descripción general de la iluminación natural en edificios atrios.

Aizlewood (1995) realizó un excelente análisis de la iluminación natural en edificios atrio, to which the reader is referred, Este nuevo análisis se enfocará principalmente en la investigación en iluminación natural de atrios a partir del estudio de Aizlewood".⁴⁶

46. Sharples, S.; Lash, D. (2007). Daylight in atrium buildings:A critical review. Architectural Science Review. 50. P. 301–312. Obtenido, 15 de junio de 2013. www.earthscan.co.uk/journals/asre

1.8.3. Iluminación natural en espacios interiores.

La iluminación natural es un recurso clave en los espacios atrios. Es por esto que el mayor beneficio que ofrece esta cavidad es permitir la penetración de iluminación natural en el interior del edificio. Algunas de las principales motivaciones que guían la investigación de la iluminación natural en los espacios interiores, dicen relación con los aspectos de salud y bienestar que permiten una mayor productividad; además, de la disminución en los consumos de energía eléctrica, optimizando el uso de iluminación natural en el interior de los edificios⁴⁷. Según afirma Littlefair (2002)⁴⁸, la generosa disponibilidad de iluminación natural en el espacio atrio, comúnmente se debe al tamaño de las fenestraciones especialmente en cubierta, a las que pueden añadirse otras, en una o varias fachadas, sin embargo, esto puede también ser causa de incomodidad. Calcagni, B. y Paroncini, M.⁴⁹ (2004), midieron la luz bajo un cielo artificial⁵⁰, la exposición la luz diferentes puntos al interior de una maqueta que simulaba un edificio de 6 niveles, lo que les permitió verificar altos niveles de iluminancia y deslumbramiento cerca de la zona vidriada en cubierta con niveles de iluminancias, cercanos a 5000 lux. Los autores dedujeron por tanto que era imposible lograr confort en las zonas perimetrales al atrio, ya que, la transparencia de la envolvente permitía gran cantidad de iluminancia en el interior en esos puntos.

Si bien, el atrio es un espacio esencialmente luminoso, demanda diferentes estrategias en su diseño arquitectónico para distribuir correctamente la luz natural en el interior, logrando aportarla a los espacios adyacentes. Este desafío se abordó aplicando diferentes metodologías de investigación, desde modelos a escala, ecuaciones analíticas hasta simulaciones por medio del empleo de software computacional. En muchas de estas investigaciones además se ha usado mediciones en terreno. Sin embargo se detectó que tanto los modelos en maquetas a escala como los modelos virtuales fueron igualmente necesarios de considerar en el estudio de la iluminación natural pues permitieron una validación recíproca entre los resultados obtenidos a través de mediciones directas, con aquellos que arrojó alguna simulación asistida por computador

47. Ann R. Webb. Considerations for lighting in the built environment: Non-visual effects of light. *Energy and Buildings*, 38(7):721-727, 2006. Obtenido 20 de diciembre de 2006 de la base de datos Elsevier Ltda.

48. Littlefair, P. (2002, Marzo). Daylight prediction in atrium buildings. *Solar Energy* Vol. 73. 105–109. Obtenido 10 de Marzo de 2006 de la base de datos Elsevier Science Ltda.

49. Calcagni, B. y Paroncini, M (2004. Enero). Daylight factor prediction in atria building designs, *Solar Energy* 76 669–682. Obtenido xx de Junio de 2013 de la base de datos Elsevier Ltda.

50. Un cielo artificial, es una reproducción realizada en laboratorio de acuerdo al estándar de distribución de iluminación natural en el cielo CIE Standard General Sky según la norma ISO-CIE 15469:2004/CIE S0111/E:2003

Boyer y Song (1994), destacaron la importancia del desarrollo de pautas de investigación basadas en la predicción de la luz natural, que permiten definir estrategias de la luz del sol, para abordar un diseño conceptual basado en el uso de la luz diurna considerando el brillo y control solar⁵¹. Una de las metodologías habituales para la estimación de la iluminación natural en el interior del atrio, es la aplicación de ecuaciones analíticas, y muchos autores han establecido fórmulas y diagramas para predecir la incidencia de la luz del día al interior del espacio atrio, derivadas de mediciones hechas en modelos a escala o simulaciones en computador. Aizlewood (1995), las repasó detalladamente en una revisión de métodos que favorecían la iluminación natural en el atrio. Más tarde éste investigador junto a Littlefair, (1998), plantearon los lineamientos de diseño del atrio para verificar una satisfactoria provisión de iluminación natural en el interior. Así también se detectaron nuevas revisiones, entre ellas la realizada por Swinall (2010), quien detalla cronológicamente veinte años de publicaciones en la materia.⁵².

Para los autores son diversos los parámetros que permiten el diseño de la iluminación natural en los espacios atrios, entre ellos, los mas relevantes corresponden a la forma del atrio y su orientación solar, la transmitancia de la cubierta, la reflectancia de las superficies del atrio, como la de las superficies vidriadas. Para analizar estas variables ha sido habitual el trabajo con la metodología antes descritas, siendo el objetivo principal encontrar una correlación simplificada para anticipar el futuro comportamiento de la iluminación natural tanto en el atrio como en los espacios adyacentes⁵³.

De este modo se puede establecer que durante 50 años de investigaciones sobre la iluminación natural, dominan ampliamente los estudios realizados bajo cielo totalmente nublado. En ellos se aplicó, una metodología de cálculo sencilla y de fácil comprobación: el factor luz día (FLD). No obstante, desde hace 10 años un nuevo método de evaluación propuesto trata del modelo de iluminación natural basado en el clima (CBDM), Mardaljevic et al (2000); Reinhart et al. (2006); Reinhart, Mardaljevic, Rogers (2006). Debido a los avances de la computación es posible simular el desempeño de la iluminación incorporando todas la características del cielo luminoso durante un año.

Por este motivo se realizó una introducción del estudio de la iluminación natural, según el modelo estático y dinámico. Además se revisaron los extensos resúmenes de artículos escritos respecto de aquellos sobre estudios de la luz diurna bajo cielo nublado en el atrio. Lash, (2011); Swinall (2011) y otros anteriores.

51. Ibid. pg. 669

52. Samant y Lash; 2 diferentes revisiones

53. Ibid. Calcagni y Paroncini. p. 670

1.8.4. Factor luz día.

El factor luz día (FLD) permitió establecer los criterios para determinar el porcentaje de iluminación proveniente del cielo disponible en un punto interior de un recinto. El modelo de estudio se aplicó bajo cielo totalmente cubierto por densas nubes⁵⁴, y corresponde al cociente de iluminación interno respecto el exterior sin obstrucción horizontal de la iluminancia. La CIE estandarizó el FLD para un plano de trabajo de acuerdo a las condiciones de cielo anteriormente mencionadas:

$$FLD = (E_{\text{HORIZONTAL INTERIOR}} / E_{\text{HORIZONTAL EXTERIOR}}) \times 100$$

Considera la suma de tres componentes de cielo (CC) La difusa (CD) y la componente reflejada interna (CRI)

$$FLD = (CC) + (CD) + (CRI)$$

El desempeño de la iluminación natural en el interior del atrio se ha evaluado extensamente, usando el factor luz día medio FLD_{medio} sobre la base de un atrio⁵⁵, (DF_{AV}) Littlefair, (1988). Si el FLD_{medio} , corresponde al rango entre 2% a 5%, si está en un espacio bien iluminado, entonces puede calcularse, de acuerdo a lo siguiente fórmula:

$$FLD_{\text{medio}} = \frac{W \cdot T_g \cdot T_f \cdot \theta}{A (1-R_2)}$$

Donde, W = Superficie (m^2) de la abertura en la cubierta del atrio.

T_g = Transmisividad difusa visible del vidrio, considerando la suciedad corresponde al factor de limpieza (previniendo hacer limpieza en las zonas vidriadas del atrio).

Figura 1.32. El ángulo del cielo visible es θ , visto en una sección vertical desde el centro de la apertura cubierta del atrio (para una cubierta horizontal sin obstáculo se estima $\theta = 180^\circ$. Littlefair (2002)

54. Commission International de L'Eclairage(CIE). Daylight. CIE Publication No. 16, 1970.

55. Este índice demostró mayor exactitud en atrios bajos, con un lado ancho por lo menos la mitad de su alto. Además, si un atrio tiene vidriado un lado y la cubierta, el factor luz día medio debido de cada uno se debe calcular por separado y sumar ambos. Littlefair (2002)

Tf = Factor de la luz bloqueada por la estructura de cubierta del atrio.

θ = Ángulo de cielo visible (fig. 1.32).

A = Superficies (m²); área total que contienen el atrio: cubierta, piso y muros. Si los lados del atrio están abiertos, se incluyen en el total de la superficie.

R = Reflectancia media de las superficies, en este caso se consideraron reflectancias de las paredes del atrio con los siguientes coeficientes, blancas (0.8), en la cubierta y laterales vidriados; 0.15 simple; 0.3 doble. Si los lados del atrio están abiertos, la reflectancia fue 0. Se observó que los valores medios típicos de R, son 0.3 a 0.4.

Para Lynes (1979), la media excedente del FLD_{medio} en las superficies de todo el atrio esta dado por el factor luz día medio de las superficies, FLD_{medio-sup.}:

$$FLD_{medio-sup.} = \frac{W T_g T_f \theta}{2A (1-R)}$$

Ambas ecuaciones demostraron alta precisión en atrios de baja altura (ancho equivalente por lo menos a la mitad del alto). Si el atrio tiene la cubierta y un lado vidriado, el cálculo del FLD_{medio} de cada uno, se realiza por separado y se adicionan juntos, la sumatoria del resto de las superficies. El código británico de prácticas estandarizadas para la luz del día (1992) utilizó el promedio factor de luz día DFav (Littlefair, 1988; Lynes, 1979) como una manera de juzgar la iluminación natural en los espacios; de esta manera el FLD_{medio} entregó un número que resume el total de la iluminación de cada superficie interior, sin embargo, no informó el comportamiento de la distribución de la luz en el Interior. Esta formula fue presentada en 1998, según señalan Littlefair y Aizlewood⁵⁶, demostrando que el factor de luz diurna en los espacios adyacentes :

$$FLD_{medio-ady} = \frac{2A_w T_s FLD_{medio}}{A_s (1-R_s^2)}$$

Donde,

A_w = área neta de vidrio entre el espacio adyacente y el atrio (m²).

T_s = Coeficiente de transmisividad difusa visible del vidrio. Para vidrio claro simple, 0.8; doble vidrio 0.65; sin vidriado 1.0. Como es 2 veces del área total (m²) de las superficies de las habitación: cielo, piso, muros y ventanas, incluidos los del atrio.

R_s = Coeficiente de reflectancia media de la habitación. En un espacio luminoso colorido el valor típico es 0.5.

56. Littlefair P. J. and Aizlewood M. (1998). Daylighting in atrium buildings. BRE Information Paper IP3 /98. Construction Research Communications, Garston, UK. Obtenido, 30 de septiembre de 2013.

De este modo, Littlefair and Aizlewood (1998) entregaron una buena descripción general de la iluminación natural en espacios atrios, a partir de las cuales se encontraron claves importantes vinculadas a las proporciones de los atrios. Anteriormente, Aizlewood (1995), en una extensa revisión bibliográfica, describió varios métodos para evaluar el FLD medio, precisando los parámetros que incidían en la iluminación natural en el interior del atrio y los espacios colindantes.

En 1993 Baker *et al.* a partir las dimensiones de la cavidad expresaron la relación “índice del espacio atrio” y el cociente de “rango de aspecto del atrio” de tres configuraciones de atrios: cuadrado, rectangular y triangular, utilizando modelos a escala 1:50 bajo cielo artificial. Se planteó reflectancia de los muros interiores blancos de 0,7; blancos y vidriados en partes iguales en 0,4; totalmente vidriados: 0,1 y absolutamente negros: 0,05. A partir de la iluminación disponible al interior, la componente de cielo y el FLD interior del atrio, según la componente reflejada, se comprobó la iluminancia disponible en los espacios adyacentes (fig. 1.33). Con muros y pisos blancos, la contribución de la componente interna reflejada fue mayor en comparación con componente de cielo, sin embargo en la parte superior del atrio sucedió a la inversa. En el piso del atrio de planta cuadrada, la iluminación aumentó en un 10%, respecto las otras configuraciones. La componente de cielo vertical aumentó en relación a la reflectancia media de los muros, especialmente en la forma cuadrada y triangular; así como, la menor cantidad de superficies interiores de la forma cuadrada con respecto a las otras conformaciones disminuyó la reflectancia interna⁵⁷.

Figura 1.33. FLD en diferentes atrios, cuadrado rectangular y triangular. Según las reflectancias de las superficies interiores.

Figura 1.34. Comparación de reflectancias de muros blancos en diferentes formas de atrios. la curva superior, el mejor desempeño lumínico fue en el atrio cuadrado. Baker et al.

57. Consultado en Mabb (2001) p. .

Otro estudio originó el gráfico de Szerman que contenía una propuestas secuenciales para apoyar el diseño de un atrio lineal, este planteó principalmente el factor luz día medio en un plano de trabajo en los espacios adyacentes a partir del largo(w), la proporción del alto (h) y el ancho (d) del atrio (h/d), lo que permitió obtener la reflectancia (%) de los muros y el piso del atrio, además del tipo de vidrio para el cerramiento del atrio. Las pruebas para obtener estos gráficos fueron experimentadas en modelos a escala, mientras que las medidas obtenidas se probaron bajo un cielo artificial. De esta manera se puede deducir en total acuerdo con Mabb, (2001), que en el interior del atrio, más bien, en la cavidad, el FLD ha sido el criterio habitual de estudio:

“can be divided into two components, the traditional sky component and the internally reflected component from the atrium surfaces, called the atrium reflected component (ARC) by Aizlewood, Isaac and Littlefair (1996). Surface reflectances are expressed as the percentage of light reflected back off a surface. For atrium surfaces with more than one material (and hence different reflectances), an area weighted reflectance is often used in calculations of the IRC/ARC (Aizlewood, Butt, Isaac & Littlefair, 1997; Littlefair, 2002). This area-weighted reflectance is found by multiplying the area of each material by its individual reflectance, summing them and dividing by the total area. This value, although it gives an impression of a space, says little about the distribution of light, which is more dependent on the arrangement of reflective surfaces” (Sharples y Lash, 2007, p. 58)

Figura 1.35. Gráficos Szerman, obtenidos desde Mabb (2001, p. 26). (Brown, Dekay)

58. Sharples, S.; Lash, D. (2007). Daylight in Atrium Buildings: A Critical Review. Architectural Science Review Volume 50.4, p. 301-312. Obtenido, 15 de Junio de 2013. Base de datos www.earthscan.co.uk/journals/ashrae.

1.8.5. Aspectos geométrico del atrio según las dimensiones.

Coincidiendo con Saxon (1986), el atrio actúa como un “ducto de luz”, especialmente en aquellos de 4 caras. Para Mabb (2001), corresponde a un pozo de luz, entonces, las reflectancias de los muros determinan la cantidad de luz que llega a la zona inferior y a los espacios adyacentes en cada nivel. Aizlewood y Littlefair (1998), lograron expresarlo en un número, motivo por el cual, la proporción de la cavidad fue identificada como “proporción de aspecto”, refiriéndose al largo, ancho y alto, ya que estas dimensiones gobernaban la disminución de los niveles de la iluminación en el interior (figura 1.33). De esta manera, los indicadores geométricos, PAR y SAR, Bednar (1986), los interpretó apelando a las proporciones de atrios de configuración regular, desde la cubierta al piso de muchos de los atrios analizadas en su estudio (figura 1.34) de acuerdo a las dimensiones, largo (l) y ancho (a) las que permitieron una interpretación de las dimensiones, buscando identificar los aspectos representativos de cada uno de ellos. El primer aspecto (PAR), respecto de la proporción de la planta del atrio, corresponde a la razón entre el ancho (a) y el largo (l), conocida como *plain aspect ratio* (PAR).

$$PAR = \frac{\text{ancho}}{\text{largo}} = \frac{a}{l}$$

El segundo aspecto fue la proporción de una sección o corte al interior del atrio, la que corresponde la razón entre el alto y el ancho; *section aspect ratio* (SAR).

$$SAR = \frac{\text{alto}}{\text{ancho}} = \frac{h}{a}$$

Figura 1.36. Índice del atrio según la componente de cielo en el centro del piso. Saxon (1986); p.

Figura 1.37. Relación de aspecto PAR y SAR: Bernard (1986); p.

Bednar (1986), consideró estos coeficientes solo para atrios de muros rectos, más bajos que altos, con planta en forma de cuadrilátero. El análisis de cada uno de los edificios presentados en su catastro reveló que en los atrios lineales el aspecto PAR fue menor a 0.4, mientras que en aquellos atrios rectangulares PAR resultó entre 0.4 a 0.9, y por su parte, en los de plantas cuadradas, fue cercano o igual a 1. En relación con SAR, aquellos menores de 1 eran poco profundos, y en el caso de un SAR menor a 2, el alto del atrio fue mayor y/o de proporción estrecha. Con largos predominantes corresponde un coeficiente SAR entre 1 y 2 con una razonable proporción de penetración efectiva de iluminación natural. En todo caso, no es posible hacer recomendaciones absolutas con respecto a las proporciones en planta y sección del atrio, ya que hay otras variables que influyen, tales como, las restricciones del emplazamiento, el programa del edificio y las estrategias vinculadas a las energías naturales (p.66).

Mas allá de los aspectos relacionados en sección y planta del atrio, se ha investigado, exhaustivamente la variación de la distribución de la iluminación natural, en referencia al índice geométrico de la configuración de acuerdo al vacío que implica el atrio, obteniéndose el índice de cavidad conocido como WI (*Well Index*). Diferentes autores, han desarrollado los criterios para la estimación de la cantidad e intensidad de la iluminación natural en el piso del atrio y resumen paso a paso un método para establecer el índice de disponibilidad de luz diurna en el piso del atrio. Para Liu *et al* (1991), se trató, de la variación y distribución de la iluminación natural en atrios, con referencia al índice geométrico de la forma WI, comprobado a través de mediciones de los niveles de iluminancia bajo cielo abierto utilizando como medio de prueba maquetas físicas, lo que se resumió como:

$$WI = \frac{\text{alto} \cdot (\text{ancho} + \text{largo})}{2 \cdot \text{ancho} \cdot \text{largo}} = \frac{h \times (a + l)}{2 \cdot a \cdot l}$$

WI relaciona el área de la superficie vertical y la horizontal del atrio, y, en consecuencia combina las dimensiones involucradas en los coeficientes PAR y SAR. Un valor alto de WI, así como también de SAR indican una cavidad profunda.

Los resultados se identificaron con diferentes combinaciones de PAR y SAR para entregar iguales WI. Cavidades con PAR = 1 y SAR = 2 entregaron WI = 2. Esto es lo mismo que una cavidad PAR = 1/3 y SAR = 3. Anteriormente se revisó, el índice PAR el que puede utilizarse para clasificar atrios rectilíneos Bednar, (1986).

Tratando de comprender el desempeño integral del factor luz día vinculado con la cavidad, también se estudió la vertical del atrio identificándosela como el índice de profundidad de la cavidad, WID (Well Index Deep) (fig. 1.37), que expreso la relación de la geometría de la cavidad con la longitud de la altura.

El índice de profundidad de la cavidad (WID), fue introducido a partir de la evaluación de la distribución y atenuación de los niveles de iluminación vertical, sobre los muros del atrio, por ejemplo⁵⁹, Aizlewood *et al* (1996), plantearon estimar la iluminación diurna en un atrio de planta cuadrada, aplicando una formula analítica. Para ello ubicaron el punto medio de una vertical de los muros, con el fin de obtener, el desempeño del FLD vertical, empleándose 3 tipos de cerramientos entre el atrio y los espacios adyacentes, abierto, sin muros; cerrado, con muros que estaban vidriados que fueron superficies con revestimiento tipo ladrillo, y finalmente, un cerramiento luminoso cuyas paredes eran blancas.

La cubierta fue totalmente vidriada con doble vidrio claro (transmitancia, $T_g = 0.65$, factor mantención $T_m = 0.7$ y la estructura de la cubierta tenía un coeficiente de corrección $T_f = 0.7$). Para una cubierta parcialmente vidriada se multiplica el factor de luz diurna por la superficie vidriada. En la figura 3.37 se indican valores para 2 profundidades de atrio correspondientes al índice de cavidad $WI = 1$ (un atrio en forma de cubo de lados iguales) y $WI = 3$, otro de mayor alto.

Figura 1.38. El gráfico muestra el desempeño del factor luz diurna vertical, FLD (%); según el índice de profundidad de la cavidad de un atrio de planta cuadrada con diferentes altura. el en el punto medio de una vertical sobre un muro de un atrio de cuatro lados. De acuerdo a la profundidad este desempeño se identificó como WID.

59. Du, J.; Sharples S. (2009). Computational simulations for predicting vertical daylight levels in atrium buildings. Eleventh International IBPSA Conference. Glasgow, Escocia. Julio 27-30. Obtenido

Du, J. y Sharples, S. (2009), simularon en el programa Radiance, según el estándar para cielo cubierto, CIE analizaron la geometría de la cavidad del atrio y la incidencia del aporte de la reflectancia de las superficies contenedoras en los niveles de iluminancia totales.

De esta manera la geometría de la cavidad se calculó con el índice de cavidad WI, para luego evaluar un índice nuevo, correspondiente a la profundidad de la cavidad, WID. Para este caso se consideró la distancia desde el borde superior al piso del atrio; según lo propuesto por Aizlewood(1995).

Los modelos calculados fueron de planta cuadrada y descubiertos, caracterizados por una amplia gama de índices de cavidad WI, desde 0,25 a 1,5; así como también por el índice de profundidad de la cavidad WID de 0,25 a 1,25. Las reflectancias de muros variaron desde 0,8, totalmente blanco a 0 en negro. Se midió en 3 puntos ubicados en la vertical, superior, medio e inferior ($\frac{3}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$) y otros 3 en la base. Los resultados obtenidos en la simulación variaron como una función exponencial de WID, tal que corresponde a la conclusión de varios estudios previos como los de Aizlewood (1995) y de Tregenza (1997), quienes anteriormente explicaron como varias funciones de regresión pudieron derivarse del análisis del ajuste de las curvas.

Atrio rectangular.

$$WID = \frac{y(w + l)}{2 \cdot w \cdot l}$$

Atrio cuadrado.

$$WID = \frac{y}{w}$$

Figura 1.39. Esquema de un atrio abierto y las dimensiones consideradas en WID, según las fórmulas indicadas para identificar la relación de aspecto con la profundidad. Sharples, Lash (2007).

Calcagni y Paroncini (2004)⁶⁰ investigaron diferentes relaciones entre algunos componentes arquitectónicos del atrio, tales como, geometría, características de los materiales transmisividad de la cubierta y las condiciones de la iluminación natural al interior del edificio. Con ello se establecía una evaluación preliminar de opciones básicas de diseño, a partir del índice WI para considerar posibles configuraciones alternativas que podía seguir el diseño de un edificio. De hecho, para una edificación de la cual probablemente, solo se tiene delineada la forma, aplicando el concepto (WI) en una etapa temprana, podría significar un método provechoso en las siguientes fases de diseño, y hacer estimaciones preliminares y simplificadas de tales funcionamientos.

Durante el análisis experimental bajo cielo artificial los autores obtuvieron evaluaciones lumínicas en un modelo a escala con el objetivo de comparar los resultados, y verificar la validez de los datos obtenidos en una segunda etapa, con simulaciones en *Radiance* donde se reprodujo el modelo modificado para así obtener diferentes cavidades del atrio. El comportamiento del FLD de varios casos se cruzó con diferentes valores de reflectancias interiores; en los muros 43,7% , 24,3% en el piso, y en el techo 50%, además un piso totalmente blanco con un valor de reflectancia de 85%, y para mejorar la luz reflejada en los niveles inferiores tuvo además superficies vidriadas variables al disminuir en 15% desde la planta hacia el cielo. El edificio atrio simulado era de 50 x 50 m en planta y de lados de 20 m de alto. El modelo físico se construyó a escala 1:50, sin cubierta y libre de muros ya que el cerramiento exterior era vidriado por completo. El objetivo final fue obtener correlaciones simplificadas con la ayuda de simulaciones para predecir el comportamiento de la luz del día en la atrio y su aporte en los espacios adyacentes.

Figura 1.40. FLD obtenido en los espacios adyacentes para diferentes reflectancias (%) de superficies del atrio.

60. Calcagni, B.; Paroncini, M. (2004). Daylight factor prediction in atria building designs. *Solar Energy* 76 (2004) 669–682. Obtenido, el 7 de agosto de 2006. www.elsevier.com/locate/solener

Once configuraciones con y sin cubierta, fueron identificadas con índices WI desde 0,2 a 1,47 y reflectancias de 10, 30, 50, 70 y 90% fueron evaluados en cada caso y relacionados entre sí, de tal manera que el incremento de la reflectancia de las superficies de la cavidad no tuvo mejoras significativa de los porcentajes de FLD del piso del atrio debido a la extensión de las superficies vidriadas de alta transmisividad y a la acotada superficie en el nivel inferior del modelo, en todo caso, un aumento de reflectancia de 30% a 70%, significó un incremento de 4,8% en el FLD obtenido en los espacios adyacentes. Otros resultados indicaron que el FLD disminuía fuertemente con WI entre 0,2 y 0,75. y en el caso de WI superiores a 0,75 hasta 1,29, el FLD obtenido fue prácticamente similar a los resultados del tramo anterior. Finalmente, se concluyó, en una cuales son las limitaciones experimentales bajo cielo nublado con 5000 lux, si se consideran los cielos abiertos con o sin sol. También se experimentó con diferentes cubiertas mas allá de la estructura de cerchas reticulares y entramado en acero, estimando en un 11% de disminución del rasgo de la abertura superior del atrio⁶¹. Finalmente se concluyó :

This investigation cannot be considered finished, as several aspects need further research. In fact, the analysis does not consider the effect of a clear sky and of the direct sun but, as in Mediterranean climates these are the norm, the analysis of the internal daylight distribution under a CIE clear sky with and without sun will be the logical extension of this work. As only one type of fenestration system and roof framework has been considered, a further development of the study would analyse several variations in roof construction and in the distribution of the internal glazing. (Calcagni, Paroncini, 2004:678)

Figura 1.41. Gráficos que compararon un atrio sin cubierta (a) y con cubierta (b), según el desempeño de las curvas del DF para diferentes porcentajes de reflectancias de los muros del atrio. Calcagni; Paroncini. (2004)

61. La cubierta que se incluyó en el modelo fue de doble vidrio en 65% de transmisión y rendimiento color de 93,3% es decir muy claro.

Sharples y Lash (2007) realizaron una revisión bibliográfica que abarcó los últimos 15 años, (desde 1990), respecto de la forma en que la iluminación natural era transmitida a través de la estructura de cubierta en la abertura superior, además de la distribución en la cavidad del atrio, según las propiedades geométricas y reflectivas de las superficies, para identificar de que manera penetraba en los espacios adyacentes. Swinal, (2007) realizó por su parte, una revisión bibliográfica de los últimos 30 años en relación con la iluminación diurna en el atrio y, específicamente, el aporte en los espacios adyacentes, destacando la investigación de Calcagni y Paroncini (2004), que establecía la eficiencia del edificio atrio considerando el análisis de diferentes características.

Los autores destacaron la importancia del desarrollo de pautas de investigación basadas en estimaciones de la luz natural en espacios interiores, las estrategias para el estudio de la luz del sol y la orientación, además del diseño conceptual de la luz diurna que consideró el brillo y control solar. Las pautas también consideraron el comportamiento de la temperatura, demostrando que con la altura fija e incrementando el largo del atrio aumentó la superficie para admitir luz. Swinal, 2007, concluyó finalmente que en las investigaciones de aquellos autores se usó algún programa de simulación, modelos de prueba y fórmulas de verificación de los niveles de iluminancia. Entre las diferentes configuraciones geométricas del atrio, se pudo establecer que el mejor desempeño de la luz del día correspondió aquellos de planta cuadrangular⁶², planteándose también, que un esquema de corte escalonado de las fachadas que contienen la cavidad del atrio, podría contribuir en gran medida a la distribución de la luz del día y ser una herramienta eficaz de diseño, aun cuando, se estimó también que se requiere más investigación para analizar estos efectos.

En los estudios que realizó Saxon (1986), se demostró que si hubiera que entregar un área vidriada en un atrio ubicado en un edificio alto, el DF alcanzaría un 7% más en un atrio cuadrado que en uno rectangular. Así como el incremento de las reflectancias, desde el piso superior a la base, genera un mejor desempeño lumínico en el 1er piso.

El análisis de la distribución de la luz en un atrio cuadrado, triangular y rectangular mostró que el FLD en el centro de la planta cuadrada fue mayor que en la planta rectangular y también en el caso de la triangular. Así, la forma de un atrio, fue posible de ser cuantificada en su comportamiento⁶³. Swinal, S.; Yang, F. (2007).

62. Swinal Samant (2010): A critical review of articles published on atrium geometry and surface reflectances on daylighting in an atrium and its adjoining spaces, *Architectural Science Review*, 53:2, p.145-156. Obtenido el 16 de September 2012,

63. Swinal, S.; Yang, F. (2007) Daylighting in atria: The effect of atrium geometry and reflectance distribution. *Lighting Res. Technol.*, 39,2 p. 147–157. Obtenido, 30 de septiembre de 2013.

Differences between SC measurements are due to the fact that similar values of WI can be derived from atria of significantly different proportions. This indicates that caution must be taken when using WI. Aizlewood et al., (1997) have successfully managed to predict the SC as a function of WI by approximating the square plan of their atrium as a circle, and comparing derived values with measured values (from a scale model) and those from the computer programme RADIANCE [...]. This technique would probably become less accurate as the atrium becomes more linear. Differences between IRC values between authors are due to the aforementioned geometric paradox and differences in values of reflectance used in the models. The general graphical form for IRC at floor level is that of a curve rising and peaking at a WI of about 1, before gradually tailing off. The complexity of reflected light makes it seem improbable that a simple algorithm can accurately predict the IRC, particularly when real atria are normally far more complicated than unobstructed rectilinear boxes of uniform reflectance. The most effective current means of accurately deriving reflected flux values is through computer simulation⁶⁴.

Concordando con Swinal (2007), así como también con Kim y Song (2013), la extensa trayectoria de investigaciones respecto del espacio atrio y el desempeño de la iluminación natural han versado sobre la distribución de la iluminación natural bajo cielo nublado del orden de 5.000 lux a 8.000 lux, de acuerdo al modelo cielo de la CIE *overcast*, considerado el peor escenario de disponibilidad lumínica. Este planteamiento ha sido aceptado en todo estudio y las herramientas disponibles para su evaluación son diversas, softwares, fórmulas matemáticas y algunos índices de rangos de la geometría del atrio planteados a través PAR, SAR, WI, WID, AR y RI, para la evaluación de la cavidad.

Han transcurrido 30 años de investigaciones acerca del comportamiento de la iluminación natural bajo cielo nublado, para el cual, debido a esta uniforme condición, no es necesario considerar la orientación solar. Sin embargo, la condición variable y dinámica de la iluminación diurna en cielo soleado típico del clima mediterráneo, demanda entre otras variables a profundizar en el estudio de la cubierta.

64. Para más información véase: Sharples, S.; Lash, D (2007). Daylight in Atrium Buildings: A Critical Review. Architectural Science Review. Volume 50.4, p. 301-312. Obtenido, 15 de Junio de 2013.

1.8.6. Mas allá del factor luz día.

En diferentes publicaciones de los últimos 15 años, fue habitual encontrar una creciente necesidad por contar con herramientas de simulación de mayor precisión para el análisis de la iluminación natural, en lo que se refiere al efecto visual, el aporte térmico si lo hubiere, y también como estrategia de ahorro de energía. La mayoría de las herramientas de simulación, han presentado algunas desventajas, tales como, condiciones restrictivas en la construcción de la geometría de los espacios a modelar, limitadas a formas rectangulares, recintos con ventana única y especialmente simular usando condiciones de cielo restringidas a la normalización de cielos CIE, lo que genera una limitación en el campo de la investigación, debido, a la separación de los espacios interiores respecto del exterior. Miguet y Groleau (2002)⁶⁵.

Estimar las características y el nivel de la iluminación natural resultó clave para diseñar un ambiente interior luminoso. La profusa investigación y, en consecuencia la gran cantidad de recomendaciones, revisadas anteriormente, dan cuenta de la convencional utilización del FLD, de acuerdo con el modelo de cálculo bajo cielo nublado de 5.000 lux, Calcagni y Paroncini (2004), propuesto por la Comisión Internacional en Iluminación (CIE). Este criterio de larga data, que ha dominado la escena de la investigación en iluminación natural goza de una indiscutible vigencia, sin embargo, resulta muy limitado en aquellas latitudes donde predominan cielos soleados o solo parcialmente nublados y donde los días completamente cubiertos de nubosidad abarcan solo el 35% del año. Por este motivo y concordando con Nabil y Mardaljevic, (2005)⁶⁶:

The venerable daylight factor approach is now over 50 years old. It persists as the dominant evaluation metric for daylighting because of its inherent simplicity rather than its 'realism'. Despite the lack of realism, practitioners have become accustomed to the daylight factor and design manuals such as the CIBSE Guide A list recommended minimum daylight factors for various settings or tasks. Indeed, for the vast majority of practitioners, the consideration of any quantitative measure of daylight begins and ends with the daylight factor. (Nabil; Mardaljevic, 2005:41)

Aún así, a través de los cálculos actuales y las simulaciones en el ordenador para obtener el comportamiento lumínico, no se ha logrado aún interpretar la complejidad de las diversas variables presentes en los edificios.

65. Miguet,F., Dominique Groleau (2002. Enero). A daylight simulation tool for urban and architectural spaces application to transmitted direct and diffuse light through glazing, Building and Environment 37. p.833 – 843. Obtenido, 10 de Marzo de 2006 de la base de datos Elsevier Ltda.

66. Nabil, A; Mardaljevic, J. (2005). Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. Lighting Research Technology. 37,1 p. 41- 59. Obtenido, 18 de Julio de 2014 de la base de datos EBSCO..

Las características innovadoras especiales, tales como superficies especulares, los lumiductos, los estantes de luz y otros⁶⁷. Esta situación toca cualquier caso a evaluar, desde una ventana hasta aquellos edificios que han incorporado un atrio, o las limitaciones de la iluminancia desde el recurso natural, el cual es convencionalmente estimado en términos del factor de luz día, que si bien logró gran aceptación y adeptos por la sencillez, no es suficientemente flexible para una estimación dinámica apropiada, Li (2010)⁶⁸.

Algunos autores, desde fines de los años 90 concordaron en criticar las dificultades (inhabilidad) del modelo de cálculo FLD, existente en los planteamientos de propuestas de evaluación del potencial de iluminación natural, en las etapas iniciales de diseño lo que a menudo tiene resultados negligentes o que caen en la sub explotación del recurso natural, por esto cada uno de ellos planteó un nuevo método de evaluación a partir del clima.

Mardaljevic, Reinhart y Rogers (2006) plantearon un nuevo modelo de cálculo de la iluminación llamado dinámico e indicaron “como predecir la iluminancia diurna para el período de un año completo, usando las condiciones de cielo y sol local”⁶⁹, acentuando con esto, la necesidad de obtener mediciones de luz diurna a largo plazo que permitieran evaluar su desempeño en los edificios y en cada una de las situaciones especiales. Este método fue verificado a partir de la utilización de una base de datos climáticos TRYs⁷⁰, que hace referencia al conjunto de datos climáticos anuales elaborados con antecedentes meteorológicos horarios e históricos⁷¹, por un lapso de 30 años al menos.

Sin embargo, la metodología demandó la construcción de un modelo de cielo para una bóveda celeste local según la latitud geográfica, lo que presentó dificultades debido a la cantidad de datos que se debieron manejar, tanto como por las mediciones simultáneas que se requieren *in situ* en el caso a evaluar, como por las iluminancias locales.

67. Kim, J. T.; Kim, Overview, G. (2010) Overview and new developments in optical daylighting systems for building a healthy indoor environment. Building and Environment 45. p. 256–269. Obtenido, 16 de Diciembre de 2009, de la base de datos Elsevier Ltda.

68. Li, D. (2010. Marzo). A review of daylight illuminance determinations and energy implications. Applied Energy 87. 2109–2120. Obtenido, 19 de Julio de 2014, de la base de datos Elsevier Ltda.

69. Mardaljevic, J. (200) Simulation of annual daylighting profiles for internal illuminance Obtenido, 24 de Noviembre de 2014, de la base de datos EBSCO Ltda.

70. TRYs corresponde a Test Reference Years (o Typical Meteorological Years en los Estados Unidos).

71. Habitualmente estas bases de datos meteorológicas se han construido, a través de diferentes servicios de información climática, vinculados a información local a través de la O.M.M. Sin embargo, muchas de ellas no están completas en particular en lo que respetan a los datos de iluminación natural, cual es el caso de las ciudades chilenas.

CF. Reinhart (2002) respaldó lo planteado e indicó:

This dataset consists of simultaneous measurements of the sky luminance distribution, the direct normal illuminance and the internal illuminance in a full-size mock of ce (together with other measurements). With this dataset it is possible to specify to an unprecedented degree of precision the conditions at the time of measurement e.g., the sky luminance distribution, the direct normal illuminance, the of ce dimensions, the photo-cell locations, etc.pp. 79–81

La luz natural es variable y dinámica especialmente en clima mediterráneo, fuera de latitudes de cielos nublados. Esta variabilidad se acentúa en los espacios interiores cuando la necesidad de considerar diversos factores involucrados, demanda llevar a cabo las mediciones para cada lugar, y así, lograr interpretar en detalle el comportamiento luminoso de acuerdo al clima local, según sostienen Nabil y Mardaljevic (2005). De forma complementaria es necesario también considerar el conjunto de datos climáticos anuales para ese lugar, Reinhart, Mardaljevic y Rogers, (2006). En la Fig. 1.42. Mardaljevic (2009)⁷² planteó los cuatro componentes de una evaluación dinámica, luz solar directa, luz solar indirecta, cielo luminosos directo y cielo luminoso indirecto.

Figura 1.42. Comparación entre los modelos de cálculo de métrica estática y dinámica de acuerdo a Mardaljevic, J.; Heschemong, L.; Lee, E. (2009).

72. Mardaljevic, J.; Heschemong, L.; Lee, E. (2009). Daylight metrics and energy savings. Lighting Research Technology. 1–23

Climate-based daylight modelling (CBDM) is the prediction of luminous quantities using realistic sun and sky conditions derived from standardised meteorological data (i.e. hourly values for a full year). CBDM avoids the many pitfalls of 'snapshot' evaluations. Whilst it has been used successfully in many projects, critics correctly point out that we do not yet have authoritative 'targets' for CBDM measures which could feature in guidelines. We rightly need to cast a critical eye over developments in CBDM, but by the same token we should not be uncritical of what we find in the current guidelines⁷³.

El método desarrollado recientemente fue llamado “modelo de iluminación natural basada en el clima”, el cual permitió establecer la cantidad de iluminación natural útil en un año, de acuerdo a un umbral de iluminancia requerido, así como también, respecto a un umbral dentro de un rango de tolerancia desde un ambiente luminoso menor a uno mayor. Para ambos casos la base de cálculo se apoya en algunos aspectos del conocido FLD, el cual se cuantifica según el concepto de métrica, ya que refiere a un concepto expresado en un porcentaje sobre cada punto de una grilla en el plano de trabajo.⁷⁴

While both of these methods provide the experienced designer with some insight into how daylight will be distributed in the space, both provide only a partial understanding. Using these methods, the designer must integrate this information with internalised experience about local weather variation patterns, reflectance of materials, etc., in order to infer the resulting visual qualities of the space. While many experienced designers have indeed achieved an intuitive synthesis of this information, that knowledge is not easily transferred to new locations, evaluated, or communicated to others before a building is constructed.⁷⁵

Según Mardaljevic, *et al* (2009), una métrica es una combinación matemática de mediciones, dimensiones y/o condiciones que se encuentran representadas en una escala. Una métrica puede no estar directamente relacionada con el lugar. Es un criterio, una demarcación, en alguna escala de medidas que determina lo relevante o aquello que cualifica, por ejemplo decir, tres cuartas partes de la zona de trabajo alcanzó un día 2% de factor de luz diurna. El propósito de una métrica es combinar varios factores que la harán predecir con éxito, resultados mejores o peores de desempeño, y así favorecer una toma de decisiones.

73. Ibid. Mardaljevic, J. (2012,

74. Muñoz, C.; Esquivias, P.; Moreno, D.; Acosta, I. y Navarro, J. (2014). Climate-based daylighting analysis for the effects of location, orientation and obstruction. *Lighting Research y Technologie*. 2014; Vol. 46 p. 268–280. Obtenido, 20 de Octubre de 2014, de la base de datos Ebsco.

75. Mardaljevic J, Heschong L, Lee E. (2009). Daylight metrics and energy savings. *Lighting Research and Technology*; 41 p. 261–283. Obtenido, 3 de octubre de 2014. <http://lrt.sagepub.com/>.

El comportamiento de la luz puede ser descrito por más de una métrica, es decir, no es necesario combinar todos los factores en una de ellas, ya que la mayoría de las escalas de medida, tienen un significado intuitivo para sus usuarios y también pueden ser medidos directamente para su validación, por ejemplo en el caso de contar con una estación de registros climáticos.

1.8.7. Medidas dinámicas de evaluación de la iluminación natural.

Actualmente muchas investigaciones en el mundo fueron realizadas buscando maneras para mejorar, comprender y utilizar la luz natural en las edificaciones y evaluar su potencial de aprovechamiento. Estos análisis pueden ser hechos por medio de simulaciones computacionales, las que pueden ser estáticas o dinámicas: Autonomía Lumínica -DA- (Daylight Autonomy) , Iluminancia Diurna Útil -UDI- (Useful Daylight Illuminances)

La Autonomía de la Iluminación (DA) fue definida como el porcentaje de horas ocupadas en un año que tengan un determinado umbral de iluminancia y que puedan mantenerse solo con iluminación natural Reinhart, (2006). Un alto valor de DA no es necesariamente una garantía y una economía de energía eléctrica, independiente del sistema de iluminación artificial instalado y del tipo de control. Aun así, este índice tampoco permite la identificación de situaciones donde los niveles de iluminación son excesivamente elevados pudiendo provocar efectos adversos a los asociados al confort visual y a la carga térmica.

La Iluminancia Diurna Útil (UDI) ésta dada por la frecuencia de iluminancia en un determinado tiempo, de acuerdo con fechas pre establecidas. Este índice permite verificar cual porción del ambiente posee valores útiles, no muy bajos, ni muy altos, que puedan causar oscurecimiento o ganancia de calor e igual a porcentaje de ocurrencia durante un año, Nabil y Mardaljevic, (2006).

Actualmenet, tanto UDI como DA, incorporaron e interpretación archivos climáticos y son capaces de describir una variación temporal del espacio de cielo y la ocurrencia de insolación directa de los niveles horarios de iluminación natural absoluta; esta compleja asimilación de antecedentes meteorológicos anuales están incorporados en algunos programas de computadora especializados en calculos de iluminación natural y ahorro de energía y han determinado un salto cualitativo y cuantitativo en estas evaluaciones.

Entre los programas más habituales actualmente se encontró Daysim, una herramienta de simulación computacional desarrollada por Reinhart y Walkenhorst, (2001)⁷⁶ que permitió las simulaciones de modelos con una geometría simplificada, y que calcula un perfil anual de iluminación interna utilizando archivos climáticos, lo que es una tendencia verificada en la mayoría de los programas de simulación del comportamiento termo energético en la actualidad. Esta aplicación que utiliza un archivo climático, se diferencia de las otras existentes por poder predecir las cantidades de luz natural en un ambiente en el curso de un año a diferencia de los programas de simulación estática solo simulan los fenómenos bajo una condición de cielo predeterminada.

This situation has prompted the development of calculation procedures to provide sky type estimates under local climate conditions for places where measurements are not carried out and for places where there are gaps in the measurement records. Several studies have demonstrated that using meteorological data can be a feasible and practical approach to predict sky types. However, these models for estimating sky types still need some parameters which cannot be easily obtained at standard meteorological stations. It will require more research effort to estimate the appropriate CIE Standard General Sky from standard meteorological data under local climate conditions and to develop agreed procedures by international comparison. This would meet the daylight data requirement, especially sky luminance, for the places where no detailed measurements are carried out⁷⁷. (He; 2012:73)

Otro de los programas más utilizados es Radiance, Ward y Larson, (1996) esta entre los más usados en las investigaciones actuales y varios de los estudios han demostrado una buena correlación con los datos medidos localmente, confirmando su validez científica. Mardaljevic, (1995), Aizlewood y otros, (1997), Fontoynt et al. (1999). El programa Radiance se ha utilizado para simulaciones estática de acuerdo a los modelos de cielo CIE como dinámicas a través de una versión programable que permite incorporar el clima, también se lo utiliza como motor de cálculo dinámico del programa Daysim. Esta última opción fue utilizada en esta tesis.

76. Reinhart, C.F., Walkenhorst, O. 2001. Dynamic Radiance- based daylight simulations for a fullscale test office with outer venetian blinds. *Energy and Buildings* 33(7), 683–697.

77. He, J. Z. (2012, mes?). Opinion: The CIE Standard General Sky and local climate. *Lighting Research y Technology* 44: 94. Obtenido, 3 de enero de 2013. de la base de datos Ebsco.

1.9. Conclusiones parciales capítulo 1.

Se pueden extraer las siguientes conclusiones parciales:

Después de una extensa revisión del estado de la investigación y técnicas de estudio del atrio, recurriendo a diversas bibliografías se constató la escasa información local y todas las fuentes consultadas provinieron del hemisferio norte.

A través de la revisión bibliográfica se pudo establecer que el espacio de mayor cavidad interior en la arquitectura destinado a múltiples usos correspondió al atrio, un recurso de la arquitectura importado en la ciudad de Santiago en el cual a diferencia de sus orígenes lo habitual en los edificios locales fue el funcionamiento pasivo, sin embargo la incorporación de estos espacios en la arquitectura de la ciudad no responde a otra situación más que la presencia de una tipología globalizada, esta vez en el contexto de la metrópolis.

De las fuentes bibliográficas consultadas solo a través de la revisión de revistas chilenas especializadas en arquitectura desde los años 70 en adelante, se logró establecer el período de estudio del atrio en la ciudad de Santiago y correspondió a 27 años desde 1983 al 2010.

La clasificación del atrio de Saxon (1983;1985) fue la adoptada en esta tesis debido a la universalidad de los tipos y fácil identificación según las caras construidas (fachadas interiores), además se constató la vigencia del autor en la materia en todas las publicaciones científicas actuales.

Respecto a los métodos de estudios y algunas técnicas, se puede concluir que fueron relevantes los métodos de evaluación vinculados a los índices geométricos de identificación del atrio, a través de las dimensiones de la cavidad y proporciones, provenientes de estudios del potencial de la iluminación natural en el interior del atrio, sin embargo, estos han sido probados en relación a criterios de evaluación estática y solo algunos recientes estudios han evaluado las propuestas de acuerdo al método dinámico más apropiados en la latitud geográfica en estudio.

CAPÍTULO 2. LOS EDIFICIOS ATRIO EN SANTIAGO.

2.1. INTRODUCCIÓN.

Santiago es una ciudad moderna que ha vivido en las últimas décadas, una fuerte expansión urbana hacia la periferia, junto a la consolidación de su área central; impulsado por el sostenido crecimiento económico del país, el cual, está regulado por las leyes del mercado de la oferta y la demanda, lo que ha generado con los años, una gran expansión territorial en baja densidad, en la constante búsqueda de suelos urbanos de menor valor en la periferia que maximicen la rentabilidad del negocio inmobiliario, en desmedro de mayor densidad y renovación de las áreas centrales de la ciudad.

Dentro de la división administrativa del país, en 15 Regiones de Norte a Sur, la ciudad de Santiago; es la capital administrativa y política de la nación. Se ubica al centro de la Región Metropolitana, provincia dividida en 37 distritos comunales, de los cuales 26 se encuentran totalmente incorporados en el radio urbano (Figura 2.1).

Según el último censo vigente¹ de 2012, la población alcanzó los 6.045.532 habitantes, sobre un total estimado para el país de 15.051.136 habitantes, es decir, la capital ha concentrado, el 40,17% de la población de Chile.

Figura 2.1. Santiago de Chile. A la izquierda, mapa esquemático de Chile, en el se ubicó al centro Santiago, al extremo norte Arica y al sur Punta Arenas. Arriba: Vista panorámica: en primer plano destaca la torre del complejo comercial y de oficinas Costanera Center. Abajo: Igual vista en estaciones opuestas: verano e invierno.

1 Según Censo de 2012 la cifra de habitantes alcanzó 6.685.685 h., sin embargo, habiéndose detectado errores en la metodología del muestreo de la información, tales cifras no han sido oficializadas por el gobierno..

2.2. La ciudad de Santiago y su ubicación geográfica.

Santiago de Chile, ubicada en la latitud 33,4° Sur y longitud 70,4° Oeste, se asentó desde sus orígenes a los pies del cerro Huelén y se extendió ocupando la cuenca del río Maipo situada a 550 m.s.n.m. Se encuentra localizada en una depresión intermedia o valle transversal longitudinal en la zona central del país, que está contenido por dos cadenas montañosas. Al oriente está la Cordillera de Los Andes, con cimas de hasta 6.108 m. Entre los cerros mas cercanos, están el Marmolejo, el Tupungato y El Plomo, en torno a los 5.430 m. de altura. Al poniente está la Cordillera de La Costa, el segundo cordón montañoso de menor altura que recorre Chile de Norte a Sur, que alcanza alturas en algunos sectores de 2.281 m, como es el caso de la serranía de Alhué. Tanto al norte como al sur se levantan cerros aislados que terminan por rodear completamente a la ciudad, esta condición acentúa el carácter mediterráneo del clima, limitando el ingreso de vientos, y con ello la ventilación del valle lo que acarrea un fuerte incremento de la contaminación atmosférica en los meses de invierno, producto de la inversión térmica en altura. En contraste hacia primavera la ventilación se acentúa y aumenta la ventilación atmosférica del aire en la ciudad.

El contexto geográfico de la ciudad, además de la imponente presencia de los macizos cordilleranos, se caracteriza por la presencia del río Mapocho que la atraviesa de oriente a poniente².

Figura 2.2. A la derecha mapa esquemático de la división comunal del Área Metropolitana llamada también Gran Santiago. Al centro se ubica la comuna de Santiago.

²Figura 2.3. La huella de la ciudad de Santiago en el entorno geográfico a los pies de la cordillera de los Andes.

2. Instituto Nacional de Normalización. (2008) NCH 1079. Of 2008. Arquitectura y construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.

2.2.1. Aspectos climáticos.

De acuerdo con la norma climática vigente³, la provincia de Santiago esta incorporada en una de las nueve zonas climáticas que esta norma identifica. Se clasifica como la zona Centro Interior. El clima es templado cálido con estación seca de verano, las características climáticas predominantes corresponden al tipo mediterráneo.

El régimen térmico se caracteriza por temperaturas templadas todo el año, la máxima media el mes más cálido, enero alcanza 20,9 °C y la mínima media del mes más frío, Julio de 8,1 °C; durante el año el período libre de heladas va desde Noviembre a Marzo. Sin embargo, la oscilación media mensual de enero es 16,7 °C y en julio de 11 °C.

La magnitud de la energía solar sobre la ciudad por superficie unitaria, es generosa y corresponde a una insolación media en el mes de enero de 6.908 [kWh/m²] y en julio de 1.918 [kWh/m²]. Las horas de sol día el 21 de Diciembre son 14,3 h. y el 21 de Julio 9,8 h. La nubosidad registrada en octavas, es muy baja en Enero, 1,3 y alcanza en la época de invierno durante el mes de Julio 5,9. Los grados días anuales con base 18,3 °C, son 1.918 °C. El viento predominante anual es SE y SO, solo en la época de invierno ingresa viento cálido por el norte que habitualmente antecede a la lluvia, la cual tiene un régimen anual de agua caída de 312 mm. De esta manera la humedad relativa en julio alcanza al 84% a diferencia en enero se mantiene en torno a 57%⁴, caracterizando el clima durante la larga estación seca estival.

Figura 2.4: A derecha corte geo morfológico de la zona central entre la cordillera y la costa.

3. Norma Chilena 1079- 2008, "Arquitectura y Construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico"
4. Dirección Meteorológica de Chile. "Anuarios Meteorológicos". Santiago. Chile. Fuerza Aérea de Chile. Dirección de Aeronáutica Civil. 1980 - 2013.

2.3. El contexto urbano.

La ciudad de Santiago se asentó en la prolongación del Camino del Inca⁵, y acogida por la geografía se ubicó a los pies del cerro Huelén, hoy Santa Lucía, entre dos brazos del río Mapocho. Por entonces, el trazado urbano se implantó en los mismos terrenos que ocupaban los poblados incas, según sostiene de Ramón, A. (2000), y consistió en una cuadrícula con sus calles orientadas norte-sur y oriente-poniente, en la cual destacó la plaza como centro del poder político, económico y social, desde donde la ciudad creció y se desarrolló.

Los orígenes del trazado ortogonal de Santiago, al igual que en las ciudades hispanoamericanas, es parte de una larga tradición urbanística que se verifica en distintas latitudes y culturas, incluso con mucha anterioridad a la colonización de América. En el caso de la región y en concordancia con Rosas, J. (1985), obedeció de manera primigenia a un objetivo esencialmente funcional de todo proceso colonizador, cual fue: “[...] asentar rápidamente a la población, y transformar reglada y ordenadamente al territorio dominado”⁶; a lo que se añadiría el buscar favorecer las condiciones sanitarias e higiénicas en los nuevos asentamiento, al proveer una estructura de crecimiento urbano, ordenado y racional en manzanas de iguales dimensiones con lo cual se evita el hacinamiento, y se aseguraba de paso el adecuado soleamiento y ventilación de las construcciones, junto con permitir una accesibilidad óptima y expedita a los distintos rincones del tramado urbano.

Figura 2.5. Croquis de Santiago en 1600, Tomas Thayer Ojeda. Archi

Figura 2.6. Plano Ciudad de San Juan Bautista de la Rivera, 1607. Fuente: José Rosas Vera, Tesis doctoral: "Manzana y tipo edificatorio en transformación: El Centro de Santiago y las constantes de la ciudad hispanoamericana" p.39.

5. Hoy corresponde avenida Independencia, que ingresa al sector centro de la ciudad desde el norte.
6. Vera, José Rosas; (1985) Tesis doctoral : Manzana y Tipo Edificatorio en transformación: El Centro de Santiago y las constantes de la ciudad hispanoamericana p.39.

Otra idea al respecto la planteó Gross, P. (1990), quien identificó como objetivos que perseguía este trazado racional de los asentamientos, los de: “ignorar o avasallar a las culturas nativas, implementar un sistema político, económico y social jerarquizado”. Este sentido de segregación, espacial y social de la población, ha trascendido en el tiempo, hasta nuestros días, pues permitió establecer desde los orígenes, una estratificación social por sectores desde el centro hacia la periferia.

Cabe recordar que la vastedad de los territorios colonizados por la corona española, muy probablemente debieron obligar a una empresa de esta magnitud, a racionalizar los recursos, para maximizar la eficiencia y la continuidad de la operación de conquista, lo que se consiguió justamente, a través de un planeamiento urbano regular y ordenado, como fue el empleo de la retícula. Fue éste entonces, un modelo de gestión racionalizada en la ocupación territorial, que, propendía a optimizar el manejo y uso de la tierra, además de su propiedad⁷.

[...] las ciudades hispanoamericanas presentan desde sus inicios, una división de la ciudad relativamente regular en sus componentes de relleno, a objeto de obtener por una parte una facilidad de la traza y una repartición modulada de los predios, así como múltiples combinaciones o subdivisiones internas derivadas del mecanismo inicial de “parcelación en cruz”. (Rosas, 1985; p.22)

En efecto, el autor lo explicó, en las siguientes palabras:

[...] la manzana cuadrada, en sus inicios fue dividida internamente en cuatro solares o suertes, conformando un esquema de parcelas en cruz, que dieron lugar a predios también cuadrados cuya superficie era cuarto de la unidad de relleno, este esquema de parcelación fue ampliamente utilizado en diferentes ciudades del continente como modalidad de repartición de la tierra. La necesidad práctica de otorgar a los pobladores solares equivalentes, determinó la manzana cuadrada y la parcelación en cruz. (Rosas, 1985; p.40)

Todo esto sin olvidar, el carácter intrínseco de la manzana como una célula urbana que por su regularidad, es repetible infinitamente, permitiendo la expansión de la ciudad sujeta a un orden preestablecido.

7. Ibid. p.39 Vera, José Rosas; (1985) Tesis doctoral : Manzana y Tipo Edificatorio en transformación: El Centro de Santiago y las constantes de la ciudad hispanoamericana p.40

2.3.1. El trazado urbano en Santiago.

Sin duda es posible ahondar mucho más en los principios y la génesis del trazado en damero en las ciudades hispanoamericanas, pero hacerlo nos apartaría del objetivo central de esta tesis. Por ahora, es interesante realzar la constatación de una condición propia de las ciudades hispanoamericanas, y de Santiago de Chile en particular, como es, la existencia del trazado regular de cuadrícula, que nació como vimos, atendiendo a múltiples razones, siendo una de las mas importantes la de facilitar la orientación espacial, al establecer este trazado siguiendo los 4 puntos cardinales, lo que en definitiva no fué otra cosa mas que un ordenamiento urbano regido por el movimiento del Sol, apareciendo nuevamente y de manera nítida la atávica relación del hombre con el clima.

La forma y orientación de los espacios atrio, tiende a seguir la trama urbana donde se inserta el edificio que los contiene. Así en el centro histórico de Santiago, donde las manzanas siguieron de manera uniforme la geometría ortogonal predominan los atrios de plantas regulares de forma rectangular o cuadrada, que se orientan siguiendo las directrices de los puntos cardinales. Hacia la periferia en cambio, donde aparecieron patrones de retícula irregulares que siguen principalmente los trazados viales, y no la orientación cardinal, es donde encontramos atrios de geometría irregular con orientaciones diversas..

De igual manera, se puede anticipar una correlación estrecha entre la orientación de los espacios atrio y la trama urbana donde se insertan. Así, aquellos ubicados en el centro histórico de Santiago, al estar inmersos en éste orden ortogonal que sigue los ejes cardinales, se situaron en ella con el mismo estrecho vinculo y correspondencia. Por otro lado, se observó que aquellos espacios atrio que pertenecen a edificios alejados del centro urbano, la orientación de su geometría es diversa pues, es la resultante de una envolvente que se liberó de la de la estricta traza originaria.

2.4. La incorporación del atrio en los edificios de la ciudad.

La elección de Santiago como área de estudio, nació en primera instancia porque se reconoce la confluencia de varios factores que aportan interés a la investigación sobre el tema, entre ellos la constatación de la creciente proliferación de la tipología atrio en edificios, en la arquitectura local las últimas tres décadas, los cuales han sido emplazados en una condición climática muy distinta a la que vio nacer estos espacios en Europa y Estados Unidos. Esto plantea la interrogante sobre cuan bien lograda fue esta adaptación, o si derechamente se trata de otra de tantas soluciones trasplantadas desde el extranjero, sin mayor cuestionamiento, siguiendo el impulso de una moda o tendencia internacional .

Establecer el comportamiento bioclimático de estos espacios, cada vez mas comunes en la ciudad, y con ello corroborar su eficiencia, se transformó en un imperativo que en la actualidad alcanza ribetes éticos para la arquitectura, de cara a la creciente demanda energética de la sociedad. De sobra son conocidos los casos de enormes volúmenes edificados provistos de pieles vidriadas, expuestos a las inclemencias climáticas sin mas protección térmica que la dotación de sistemas activos de climatización artificial que con dificultad logran brindar confort ambiental a sus moradores a costa de ingentes demandas de energía.

Chile en la actualidad enfrenta dificultades para proveerse de fuentes de energía suficientes frente a un sostenido aumento de la demanda, situación que de no cambiar podría llevar al país a enfrentar una aguda crisis energética en el mediano plazo. Por otro lado la fuerza de la sociedad civil organizada, motivada por una creciente preocupación medio ambiental ha conducido a la paralización de muchos proyectos de generación eléctrica debido a la presión de sectores cada vez mas numerosos de la población que se oponen a ellos a causa de las externalidades negativas que este tipo de instalaciones invariablemente suelen generar en el ecosistema en que se insertan. En tal sentido el ahorro energético cobra cada vez mas importancia como una variable importante a ser considerada en la agenda energética del país.

Por otra parte el desarrollo económico de las últimas décadas se refleja también en la arquitectura local de Santiago, lo que se traduce en la aplicación de nuevas tecnologías a las soluciones arquitectónicas y un diseño espacial de buena calidad, lo que confiere un interés adicional al estudio de los espacios atrio desde el punto de vista del diseño constructivo.

2.4.1. La relación Contenedor - Contenido entre atrios y borde construido.

Lo anterior se diría que no es mas que la relación lleno - vacío, o contenedor y contenido, sin embargo llama la atención, que por regla general, los espacios atrio tienden entonces a estar configurados y diseñados, en definitiva como el espacio organizador del entorno, es decir, hacia el perímetro edificado, cuya geometría a su vez tiene estrecha relación con la trama urbana ortogonal, en la cual el edificio se insertó y domina la configuración formal rectilínea. Por lo cual, y mas bien fuera de la rígida trama urbana; podría decidirse, que si el atrio fuese concebidos con una geometría propia diferente al volumen que lo alberga , lo que habitualmente es difícil ocurra y en aquellos casos esta independencia de diseño finalizaría sometiendo al borde construido, por lo tanto se detecta una clara subordinación, como lo indica Bednar, M. (1986).

No cabe duda que la razón de ello, es meramente producto de una racionalidad constructiva guiada a su vez por una eficiencia económica, pero también podría deberse a que existen allí algunas relaciones por mencionar. En terminos geométricos fue posible adscribirlo a un número -o cociente por así llamarlo-, y en este caso correspondería al factor WI (ver pagina XX) que relaciona las tres dimensiones de la cavidad es decir el volumen de la cavidad y la envolvente. Esta relación tuvo diferentes propósito de no solo reconocer una configuración geométrica sino también un rol ambiental basado en el potencial de iluminación natural en el interior. Sin embargo, fueron estas relaciones aquellas que finalmente lo hacen viable y sustentable, como estrategia de diseño.

Toda obra arquitectónica es el resultado de una larga cadena de factores que la configuran y se articulan para su materialización. Es, por así decirlo el reflejo de una época, de un lugar, una geografía y de una determinada realidad sociocultural.

2.5. Metodología para construir el inventario.

Uno de los objetivos que persiguió esta investigación fue analizar el modo en que la tipología del espacio atrio, nacida en otras latitudes y culturas, se materializó en las condiciones específicas de la ciudad de Santiago, atendiendo no solo a las variables climáticas, sino que también al desarrollo tecnológico, económico y social propio de la realidad actual de Chile.

Se espera que este estudio pueda aportar, en un futuro inmediato al que hacer arquitectónico, el poder generar nuevas soluciones y mejoras a partir de edificios locales. Para ello se abarcó las últimas 3 décadas, es decir, el período que va desde el 1982 a 2010, considerando tanto al primer edificio que incorporó un atrio en la ciudad, como las construcciones realizadas al momento de este inventario.

2.5.1. Criterios para la selección de los edificios y fuentes de información

Para llevar a cabo este inventario se efectuó una selección de obras que cobijan un atrio y que destacan de manera ejemplar en la escena arquitectónica local, debido a la calidad de su diseño. Todos los edificios albergan usos de servicios asociados a empresas corporativas, otros son recintos educacionales, centros cívicos, centros de salud, etc. En general se trata de edificios destinados al uso público masivo, de intensidad media a alta, por lo cual tienen un impacto social relevante en la ciudad.

En primera instancia se diseñó una ficha que incluyó 4 hojas, donde se resumieron, los principales antecedentes informativos y los parámetros de cada edificio. Cada ficha se estructuró enfatizando la información gráfica, de manera de facilitar una rápida comprensión y el entendimiento global de cada caso. Se incluyeron también tres áreas de información, en primer lugar, los antecedentes generales del edificio y del proyecto, en segundo lugar los planos y cortes interiores que permitieron identificar claramente el atrio; y finalmente, el análisis del atrio en relación con el edificio, las superficies, los materiales y la estructura y los aspectos ambientales.

En una segunda etapa, se recopiló los antecedentes obtenidos desde diversas publicaciones especializadas en arquitectura y construcción, ya fueran impresas, como también información extraída de fuentes digitales en línea.

2.5.2. Parámetros de diseño de fichas.

Una vez que se estableció la selección de los edificios, se realizaron diferentes visitas a cada uno de ellos; para completar la información en falta y hacer un registro fotográfico adicional de apoyo. En muchos casos se solicitaron entrevistas a los arquitectos autores de algunos de los edificios, para completar los antecedentes extraídos desde las publicaciones y cuando fue posible se solicitaron planos, que permitieron aun mejor entendimiento de los proyectos.

Además para cada caso de estudio, se construyó un listado de información que contenía diferentes aspectos del edificio, así como del atrio al interior. Estos antecedentes se incluyeron en el texto de presentación de cada ficha y consideraron los siguientes tópicos:

En la página 1. Descripción del edificio.

- Destino de uso del edificio.
- Configuración morfológica del edificio.
- Rol funcional del espacio atrio, respecto cuál era la función principal que cumplía el atrio en el organigrama del edificio.
- Estrategias bioclimáticas del edificio, si las hubiere.

En la página 2. Descripción plantas a escala.

En la página 3. Descripción gráfica del atrio y las dimensiones

Caracterización y configuración del atrio, de acuerdo a los siguientes aspectos:

- Forma geométrica en planta
- Altura del atrio
- Tipo de cubierta
- Materiales predominantes
- Grado de reflectividad de los materiales; respecto la textura, el brillo y tono
- Rol funcional del atrio respecto de los espacios aledaños (como interactúa con ellos)
- Rol “bioclimático” del atrio
- Aspectos de las energías naturales incorporadas en el atrio.

En la página 4. Cortes y elevación a escala gráfica.

Cada ficha se construyó en base a 4 páginas, el contenido de cada una se explica a continuación (figuras 2.7 y 2.8.). La página N° 1, se inició con la información general del edificio y descripción del edificio. Se incluyó la clasificación de la configuración del atrio, Saxon (1986). Además se informó el emplazamiento en la ciudad y localización del atrio al interior del edificio; en la página N°2, se presentaron los planos.

Figura 2.7. Estructura de la ficha y aspectos temáticos tratados en páginas 1 y 3.

En la página N° 3 se analizó el atrio a través de esquemas gráficos de las principales dimensiones y detalló la estructura, los materiales; además de los aspectos ambientales más relevantes.

Finalmente en la página N° 4, se presentaron los cortes identificando el atrio al igual como se hizo en la página N° 2, señalándose la ubicación del atrio al interior del edificio (ver figuras 2.8 y 2.9).

Figura 2.8. Estructura de la ficha y aspectos temáticos tratados en páginas 2 y 4.

Ubicados en el mapa de la Región Metropolitana, se les identificó con el mismo número que se les adscribió, en cada ficha a continuación (ver figura 2.9).

Jeannette Roldán Rojas
88

2.5. Conclusiones parciales capítulo 2.

Se pueden concluir que los edificios en altura más destacados por su atrio, se encontraron ubicados en las comunas de mayor ingreso de la ciudad, a saber: Santiago (centro metropolitano principal); Providencia (sub centro metropolitano principal); Vitacura y Las Condes (continuación del corredor oriente - poniente de la ciudad) hacia el oriente, y, en un polígono unifuncional llamado Ciudad Empresarial (comuna periférica de Huechuraba junto a la circunvalación Americo Vespucio).

Se llegó a obtener dentro del período en estudio, 1982 -2010, 27 edificios que incorporaron un atrio, todos sistematizados en una ficha construida especialmente cuyo diseño propio tuvo las ventajas de registros rápidos y claramente individualizados para cada uno de los datos relevantes, los que fueron actualizándose durante la investigación. La información se ordenó de manera estandarizada bajo la clasificación de Saxon (1983).

La identificación de las cavidades de los atrios en los esquemas de las dimensiones generales con diversas escalas gráficas -dadas las limitaciones de tamaño de la ficha- no dificultó el trabajo de análisis necesario en este capítulo orientado principalmente al reconocimiento general de las proporciones.

El manejo de una de tabla resumen de los datos incorporados en las fichas, contribuyó a la rápida identificación de la materialidad del espacio atrio y aspectos ambientales que en el siguiente capítulo fue el material base para el análisis de los aspectos constructivos.

FICHA Nº 01a	CENTRO DE EXTENSIÓN Y BIBLIOTECA CENTRAL UDP
ORIENTACIÓN AZIMUT 350°	Arquitecto: Mathias Klotz
<p>1</p> <p>ATRIO DE CUATRO CARAS</p>	<p>4</p>
<p>2</p> <p>Emplazamiento</p>	<p>5</p> <p>6</p>
<p>3</p> <p>0 10</p> <p>----- Orientación del Atrio en Planta</p>	<p>DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.</p> <p>El edificio alberga el centro de extensión, la biblioteca central y las aulas de la Universidad Diego Portales, en el centro histórico de la ciudad de Santiago.</p> <p>Se alza como un gran volumen ortogonal compacto de 5 pisos de altura que atraviesa la manzana de oriente a poniente, conectando las calles opuestas mediante accesos abiertos a cada una de ellas.</p> <p>El espacio atrio constituye un vacío, ubicado hacia el centro del edificio, con el fin de llevar iluminación a su interior que de otro modo permanecería ciego por su emplazamiento entre medianeros.</p> <p>Como parte de las estrategias de diseño bioclimático, además del espacio atrio, el edificio incorpora vegetación en macetas en las fachadas interiores, lo que permite regular la temperatura y oxigenar el ambiente además de la permanente ventilación desde la abertura lateral bajo a cubierta. Posee también una cubierta vegetal que aísla térmicamente el edificio de las inclemencias del exterior.</p>
<p>INFORMACIÓN DEL PROYECTO</p> <p>Ubicación: Vergara 332, Santiago</p> <p>Destino: Educacional</p> <p>Mandante: Universidad Diego Portales</p> <p>Fecha de Construcción: 2010</p> <p>Superficie del Terreno: 1850 m²</p> <p>Superficie Construida: 14.776 m²</p> <p>Altura total: 18,5 m</p> <p>Nº de pisos: 5</p>	

Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, Google Earth. Figura 3: Ubicación de atrio en planta, elaboración propia basada en fuente www.mathiasklotz.com; Figura 4: Atrio biblioteca U.D.P. y Figura 5: Interior atrio, fuente <http://www.mathiasklotz.com>; Figura 6: fachada principal, Google Street View.

CENTRO DE EXTENSIÓN Y BIBLIOTECA CENTRAL UDP

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 01b

ORIENTACIÓN

AZIMUT 350°

Planta Cubierta

Planta Piso Tipo

Planta Primer Nivel

Atrio en Planta

0 5 10

Fuente: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel, Planta Techo Terraza, Corte A-A' y Corte B-B':
<<http://www.mathiasklotz.com>>

FICHA Nº 01c

CENTRO DE EXTENSIÓN Y BIBLIOTECA CENTRAL UDP

ORIENTACIÓN AZIMUT 350°

Análisis Atrio en edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Sur

Superficies

Edificio (1º nivel)	1.850 m ²
Atrio (1º nivel)	210 m ²
Envoltente del atrio	1.548,5 m ²
Volumen	1.885 m ³

El atrio, de planta rectangular, se eleva en toda la altura del edificio, conectando los 5 pisos desde el 1º nivel. La cubierta de acero y vidrio esta distanciada de su perímetro, permitiendo con ello, el libre ingreso de aire por todo su contorno.

La fachada interior norte del atrio, que es totalmente vidriada posee un revestimiento vertical de perfiles de acero a modo de celosía, que tamiza la conexión visual entre las aulas que cobija y el atrio mismo. En el interior dominan las superficies brillantes, dadas por el porcelanato en pavimentos y las extensas áreas vidriadas de los ventanales, reflectividad es contrarrestada en parte con el color oscuro del revestimiento de perfiles verticales de la fachada interior norte.

El atrio cumple la doble misión de ser un captador de iluminación natural llevándola al corazón del edificio, favoreciendo a la vez la ventilación pasiva de su interior.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	210 m ²	hormigón armado	porcelanato	gris	lisa	Vegetación	Plantas ornamentales en pequeñas macetas
			vidrio	incoloro			
Muros	1.128.5 m ²	hormigón armado	vidrio	gris	lisa	Agua	No consulta
			perfiles de acero	gris			
Techumbre	210 m ²	acero	vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	Abierto en el borde lateral superior bajo la cubierta

Fuentes: Esquema y cálculos : Elaboración de la autora.

Figura 7: Detalle jardineras y fachadas vidriadas al interiores del atrio. Figura 8: Detalles fachada norte interior del atrio con revestimiento en estructura metálica, Figura 9: Detalles pavimentos y muros en hormigón a la vista.

CENTRO DE EXTENSIÓN Y BIBLIOTECA CENTRAL UDP

Planimetría General: Cortes y Elevaciones

FICHA N° 01d

ORIENTACIÓN

AZIMUT 350°

Corte A-A'
Atrio en Corte

Corte B-B'

Corte C-C'

0 5 10

Fuente: Corte A-A', Corte B-B', Corte C-C' en <<http://www.mathiasklotz.com>>.

FICHA Nº 02a

EDIFICIO TRANSOCEÁNICA

ORIENTACIÓN AZIMUT 340°

+ Arquitectos

1

ATRIO LINEAL

2

3

Ubicación de Atrio en Planta

4

5

6

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Santa María de Manquehue, Vitacura.

Destino: Oficinas Transoceánica

Mandante: Empresas Transoceánica

Fecha de Construcción: 2008-2010

Superficie del Terreno: 20.00 m²Superficie Construida: 17.000 m²

Altura total: 12 m

Nº de pisos: 3

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga la sede corporativa de Empresas Transoceánica, una compañía de inversiones de capitales privados en desarrollos inmobiliarios, hotelería y turismo, así como proyectos industriales.

La edificación tiene una envolvente curva y sinuosa. Consta de un volumen principal de 3 pisos y junto a él, otro menor para el Auditorio y el Casino. Ambos cuerpos están conectados por una cubierta vegetal tipo marquesina

El atrio se ubica en un punto intermedio del volumen principal y conforma el acceso al edificio.

La forma planteada para el edificio, optimiza la ganancia de luz natural para los espacios de trabajo, desarrollando un cuidadoso tratamiento de fachadas para evitar a la vez transferencias térmicas indeseadas. Como energía renovable, se incorporó la geotermia a través de la extracción de agua desde un pozo profundo a 75 mts con temperatura constante a 12°, la cual se usa para enfriar aire y capilares a través de intercambiadores de calor. El edificio posee la Certificación LEED Plata desde el año 2012.

Fuentes: Figura 1; Esquema SAXON, 1985; Figura 2; Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3; Ubicación de Atrio en Planta, fuente <<http://www.masarquitectos.cl>>; Figura 4; Interior Atrio 1, archivo de la autora; Figura 5; Interior Atrio 2, archivo de la autora; Figura 6; fachada principal, <<http://www.masarquitectos.cl>>

EDIFICIO TRANSOCEÁNICA

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 02b

ORIENTACIÓN

AZIMUT 340°

Planta Tercer Nivel

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel
Atrio en Planta

0 5 10 20 50

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel y Planta Tercer Nivel en <<http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/10/28/edificio-transoceanica-arquitectos-2/>>

FICHA N° 02c

EDIFICIO TRANSOCEÁNICA

ORIENTACIÓN AZIMUT 340°

Análisis Atrio en edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

Superficies

Edificio (1° nivel)	2.100,8 m²
Atrio (1° nivel)	485,7 m²
Envoltente del atrio	1.231,9 m²
Volumen	5.828 m³

El atrio tiene una planta irregular y se eleva hasta la cubierta desde el 1° piso. La cubierta es de acero y cristal sobre una estructura de hormigón armado. En el interior predomina el hormigón armado a la vista. La reflectividad lumínica interior, se ve favorecida por la existencia de antepechos de vidrio en barandas

El atrio es el punto de llegada y distribución a las distintas zonas del edificio. Concentra en él las circulaciones verticales. El vacío en pisos superiores, está flanqueado por circulaciones a cada lado que a modo de rampas conectan los sectores oriente y poniente de los pisos de cada nivel.

El atrio junto con distribuir la luz natural, contribuye a uniformar la temperatura interior a través de la circulación de la masa de aire interno entre los distintos niveles que es mantenida a temperatura de confort gracias a la geotermia.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	485,7 m²	hormigón armado	porcelanato opaco y brillante	gris	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	1.231,9 m²	hormigón armado	acero / vidrio	incoloro	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	183,9 m²	hormigón armado	acero / vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	Abertura lateral

Fuentes: Figura 7, estructura de cubierta, Figura 8, materialidad interior atrio, y Figura 9, materialidad piso, archivos de la autora. Esquemas y cálculos: Elaboración propia en base a información de www.masarquitectos.cl, www.plataformaarquitectura.cl/2010/10/28/edificio-transoceanica-arquitectos-2/, y visitas a terreno de la autora.

EDIFICIO TRANSOCEÁNICA

Análisis Atrio en edificio

FICHA N° 02d

ORIENTACIÓN

AZIMUT 340°

Corte B-B'
Atrio en Corte

0 5 10 20

Corte A-A'
Atrio en Corte

Elevación Sur
Atrio proyectado

0 5 10 20 50

Fuentes: Corte A-A', Corte B-B', y Elevación Sur en www.plataformaarquitectura.cl/2010/10/28/edificio-transoceanica-arquitectos-2/.

FICHA Nº 03a

CENTRO CÍVICO Y CULTURAL DE EL BOSQUE

ORIENTACIÓN AZIMUT 19°

ARQDESIGN Arquitectos Consultores

1

ATRIO LINEAL

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Alejandro Guzmán
975, El Bosque, Santiago.

Destino: Cultura

Mandante: I. M. de El Bosque

Fecha Proyecto: 2007

Fecha de Construcción: 2010

Superficie del Terreno: 8.864 m²

Superficie Construida: 2.824 m²

Altura total: 8 m

Nº de pisos: 2

4

5

6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga el Centro Cultural El Bosque, dependiente de la Municipalidad del mismo nombre, en el sector Sur de Santiago. Es un lugar para el desarrollo de diversas actividades culturales y sociales, promoción de artistas locales, así como de ceremonias de carácter institucional a nivel comunal. En él se encuentra además una biblioteca pública, un micro cine y una completa mediateca. Este centro sirve comuna de escasos recursos con alto índice de riesgo social.

La edificación se define en 2 volúmenes: El volumen principal, de mayor altura y de forma cilíndrica que alberga el programa principal y masivo (Hall Cívico, la Biblioteca, Mediateca, Administración, Cafetería y baños) y una placa longitudinal, tangencial al cilindro, que es hermética y cerrada, paralela a la calle que cobija el auditorio, la sala de exposiciones y camarines.

El atrio, contiguo al Hall de ingreso del edificio, articula ambos volúmenes, accediéndose desde él a la placa longitudinal.

Aparte del atrio el edificio no contempla el empleo de otras estrategias específicas de diseño bioclimático.

Fuentes: Figura 1; Saxon, 1985; Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente Revista AOA nº 17, agosto 2011, pp. 56-61; Figura 4, Interior Atrio en Revista AOA nº 17, agosto 2011, pp. 56-61; Figura 5, Interior Atrio, archivo de la autora; Figura 6, Fachada principal en Revista AOA nº 17, agosto 2011, pp. 56-61.

CENTRO CÍVICO Y CULTURAL DE EL BOSQUE

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 03b

ORIENTACIÓN AZIMUT 19°

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel

▤ Atrio en Planta

0 5 10

Fuentes: Planta Primer Nivel y Planta Segundo Nivel en Revista AOA n° 17, Agosto 2011, pp. 56-61.

FICHA Nº 03c

ORIENTACIÓN AZIMUT 19°

CENTRO CÍVICO Y CULTURAL DE EL BOSQUE

Análisis Atrio en Edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

Superficies

Edificio (1º nivel)	2.133 m ²
Atrio (1º nivel)	243 m ²
Envoltente del atrio	1.062 m ²
Volumen	1.944 m ³

El atrio de planta rectangular se erige como un espacio de doble altura. La cubierta es de acero y cristal sobre una estructura de hormigón armado, la misma materialidad de los muros (todo estucado y pintado en colores claros y cálidos). En una de las caras longitudinales del atrio existe un revestimiento de durmientes de madera maciza dispuestos en vertical a la manera de quiebravista, que homogeneiza el paño de muro ocultando las ventanas de los recintos que limitan con el atrio. El piso es de baldosas de hormigón microvibrado. Si bien el atrio recibe una generosa iluminación, las superficies de su materialidad interior evitan una reflectividad excesiva.

El atrio por su singularidad formal y su ubicación contiguo al acceso entre los 2 volúmenes, adquiere relevancia y actúa como un espacio articulador que conecta las distintas áreas del centro. Es también un gran receptor de los visitantes.

El mayor aporte bioclimático del atrio es la ganancia lumínica. No existen en él otros elementos moderadores como vegetación o agua.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	232 m ²	hormigón armado	Palmetas de hormigón microvibradas	gris	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	1.369 m ²	hormigón armado	hormigón armado a la vista / madera	gris	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	232 m ²	hormigón armado	hormigón armado a la vista / acero / vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figura 7, estructura cubierta, archivo de la autora, Figura 8, materiales de revestimiento del atrio, archivo de la autora, Figura 9, materialidad piso, archivo de la autora. Esquema y cálculos: Elaboración propia en base a información de Revista AOA nº 17, agosto 2011, pp. 56-61, y visitas a terreno de la autora.

CENTRO CÍVICO Y CULTURAL DE EL BOSQUE

Planimetría General: Cortes y Elevaciones

FICHA Nº 03d

ORIENTACIÓN AZIMUT 19°

Corte A-A'
Atrio proyectado

Corte B-B'
Atrio en Corte

0 5 10

Corte C-C'
Atrio proyectado

0 5 10

Fuente: Cortes A-A', B-B' y C-C' en Revista AOA nº 17, agosto 2011, pp. 56-61.

FICHA Nº 04a

CLÍNICA DE LA SALUD U. DEL DESARROLLO

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Arquitecto: Víctor Lobos

1

ATRIO LINEAL

2

3

Ubicación de Atrio en Planta

4

5

6

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Avda. Vicuña Mackenna Oriente 9630, La Florida, Santiago.

Destino: Salud

Mandante: U. del Desarrollo

Fecha de Proyecto: 2007

Fecha de Construcción: 2007-2009

Superficie del Terreno: 4.400 m²

Superficie Construida: 14.000 m²

Altura total: 18,5 m

Nº de pisos: 5

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga Instalaciones clínicas, de atención a pacientes, en Odontología, Kinesioterapia, Fonoaudiología, Nutrición y Psicología, como también, áreas para las actividades docentes, de la facultad de Medicina de la Universidad del Desarrollo

La edificación de cinco pisos está conformada por dos volúmenes unidos por un atrio, albergando uno, la clínica, y el otro la actividad docente. El área clínica incluye consultas odontológicas, salas de espera, rayos x, pabellones quirúrgicos, de esterilización y laboratorios. El ala docente cubre las salas de clases, oficinas, biblioteca, y salas de estudio.

El atrio, ubicado al centro del edificio, conforma el gran vacío iluminado y protegido que une ambas partes del edificio. Ambas zonas se conectan mediante puentes que atraviesan el atrio en sus extremos. Uno de los volúmenes limita al atrio con recintos, y el otro con espacios comunes de circulación. Ambos se sirven de él para ganar iluminación natural

Aparte del uso del atrio el edificio se valió de estrategias de diseño bioclimático en el manejo de las transparencias de fachadas: La fachada sur es completamente vidriada, la norte tiene perforaciones mínimas para no elevar los costos de enfriamiento.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985) Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en planta, fuente Anuario Revista AOA 2008-2009 "Arquitectura de Chile", pp. 268-269; Figura 4, 5 y 6: <<http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/10/12/clinica-de-la-salud-universidad-del-desarrollo-victor-lobos-y-asociados-arquitectos-ltda/>>

CLÍNICA DE LA SALUD U. DEL DESARROLLO

Planimetría General: Plantas

FICHA Nº 04b

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Planta Piso Tipo

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel

■ Atrio en Planta

0 5 10

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel y Planta Piso Tipo en Anuario Revista AOA 2008-2009 "Arquitectura de Chile", pp. 268-269.

FICHA N° 04c

CLÍNICA DE LA SALUD U. DEL DESARROLLO

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Análisis Atrio en Edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

Superficies

Edificio (1º nivel)	1.198 m²
Atrio (1º nivel)	232 m²
Envoltente del atrio	1.833 m²
Volumen	2.682,5 m³

El atrio de planta rectangular se erige como un espacio de cinco niveles. Su cubierta es de vidrio sobre estructura metálica revestida. En el interior predomina el vidrio y el hormigón en paramentos verticales. La fachada sur del atrio es un muro cortina totalmente vidriado. La fachada norte corresponde a los pasillos de circulación que sirven a las salas de clases y dependencias del ala docente. Las barandas de estos pasillos son de vidrio. El pavimento del atrio y pasillos de circulación es porcelanato color madera rojiza.

El atrio es el espacio que articula uniendo ambas partes del edificio. En primer piso es el punto de ingreso al complejo.

El atrio como función bioclimática cumple el rol de captado de luz natural. Para ello busca maximizar ingreso de luz, mediante el empleo de la mayor área de superficie vidriada posible.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	232 m²	hormigón armado	porcelanato	ocre	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	1.369 m²	hormigón armado	vidrio	incoloro	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	232 m²	acero	vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuente: Figura 7, estructura de cubierta, archivo de la autora, Figuras 8 y 9, materialidad interior atrio, en Anuario Revista AOA 2008-2009 pp. 268-269. Esquema y cálculos: Elaboración propia en base a información de Anuario Revista AOA 2008-2009, sitio web <<http://www.plataformaarquitectura.cl>>, y visitas a terreno de la autora.

CLÍNICA DE LA SALUD U. DEL DESARROLLO

Planimetría General: Cortes y Elevaciones

FICHA N° 04d

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Fuente: Corte Longitudinal A-A', Corte Transversal B-B', Elevación Norte y Elevación Poniente en Anuario Revista AOA 2008-2009 "Arquitectura de Chile", pp. 268-269.

FICHA Nº 07a

CAMPUS UNAB / AIEP SEDE BELLAVISTA

ORIENTACIÓN AZIMUT 342°

Arquitectos: Martín Schmidt

1

ATRIO DE CUATRO CARAS

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Bellavista 0121,
Providencia, Santiago.

Destino: Educación

Mandante: UNAB

Fecha de Proyecto: 2008

Fecha de Construcción: 2009

Superficie del Terreno: 10.000 m²

Superficie Construida: 16.000 m²

Altura total: 22,9 m

Nº de pisos: 5

4

5

6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

El edificio alberga las sedes de la facultad de Derecho de la Universidad Andres Bello, y del Instituto Profesional AIEP, en el Barrio Bellavista de Santiago.

El campus esta conformado por 2 edificios de planta rectangular, de cruzía similar pero de distinto largo. De ellos, el volumen de mayor longitud es la sede de AIEP, y se orienta de forma paralela a la Calle Bellavista, teniendo como acceso principal en extremo oriente, la entrada que se da desde la calle misma. El edificio en este extremo eleva su altura y la fachada presenta mayor transparencia. En extremo opuesto existe un segundo acceso desde una plazoleta interior, abierta a la calle y compartida con la facultad de Derecho

El atrio es el gran recibidor del edificio y desde este espacio a través de los ascensores y rampas se accede a los pisos superiores. Arquitectónicamente, en su condición de agente captador de luz, es empleado como un recurso para realzar el acceso y potenciar esta zona en su carácter de núcleo organizativo del edificio.

Aparte del atrio el edificio no contempla el empleo de otras estrategias específicas de diseño bioclimático que sea relevante mencionar.

Fuentes: Figura 1: Esquema SAXON, 1985; Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación Atrio en Planta, fuente Anuario Revista AOA 2008-2009 "Arquitectura de Chile, pp. 258-259; Figuras 4, 5 y 6: Interior Atrio y fachada principal, fuente Schmidt Arquitectos Asociados, <www.s3.cl>.

CAMPUS UNAB / AIEP SEDE BELLAVISTA

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 07b

ORIENTACIÓN

AZIMUT 342°

Planta Cubierta

Planta Piso Tipo

Planta General Campus
Atrio en Planta

0 5 10

Fuentes: Planta General Campus, Planta Piso Tipo y Planta Cubierta en Anuario Revista AOA 2008-2009 "Arquitectura de Chile", pp. 258 - 259 y Schmindt Arquitectos Asociados, <www.s3.cl>

FICHA Nº 07c

CAMPUS UNAB / AIEP SEDE BELLAVISTA

ORIENTACIÓN AZIMUT 342°

Análisis Atrio en edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Sur

Superficies

Edificio (1º nivel)	1.644,9 m ²
Atrio (1º nivel)	78,4 m ²
Envoltente del atrio	648 m ²
Volumen	1.411 m ³

El atrio es de planta trapezoidal, y tiene 5 pisos de altura. En primer piso acoge al hall de acceso y en sus bordes en pisos superiores se desarrollan los pasillos de circulación y las rampas por las que se accede a los pisos superiores. Su cubierta es de metal y vidrio sobre una estructura de hormigón armado. La estructura soportante (pilares, vigas y losas) es de hormigón armado, estucado y pintado blanco, conteniendo tramos de tabiques de periferia de aluminio y vidrio. El pavimento es de porcelanato gris, cielos de circulaciones son losas estucadas y pintadas color blanco. Barandas de pasillos de circulación son metálicas con alma de mallas metálicas, pintadas color gris oscuro. Predomina la reflectividad del color blanco del hormigón armado que es reforzada por los paños vidriados. El tono más oscuro de pavimentos matiza los reflejos.

El atrio vincula a todas las circulaciones interiores, formando parte de ellas.

El atrio bioclimáticamente cumple como función primordial la de iluminar este núcleo organizacional del edificio.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	78,4 m ²	hormigón armado	porcelanato	blanco	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	648 m ²	hormigón armado	vidrio	blanco	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	144,3 m ²	hormigón armado	acero / vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figura 7 y 8, estructura cubierta, archivo de la autora; Figura 9, materialidad piso, archivo de la autora, Esquema y cálculos, elaboración propia en base a información de Anuario Revista AOA 2008-2009 "Arquitectura de Chile", pp. 258-259 y visitas a terreno de la autora.

CAMPUS UNAB / AIEP SEDE BELLAVISTA

Planimetría General: Cortes y Elevaciones

FICHA N° 07d

ORIENTACIÓN

AZIMUT 342°

Corte A-A'

Atrio en corte

0 5 10

Elevacion Norte

Atrio proyectado

Elevacion Oriente

Atrio proyectado

Fuentes: Corte A-A', Elevacion Norte y Elevacion Oriente archivos de Schmindt Arquitectos Asociados.

FICHA Nº 05a

U. SAN SEBASTIAN CAMPUS BELLAVISTA

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Arquitecto: Cristián Boza

ATRIO DE CUATRO CARAS

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Bellavista 7, Recoleta, Santiago.

Destino: Educación

Mandante: U. San Sebastián

Fecha de Proyecto: 2007

Fecha de Construcción: 2008

Superficie del Terreno: 6.742 m²

Superficie Construida: 40.188 m²

Altura total: 27 m

Nº de pisos: 8

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

El edificio alberga el Campus Bellavista de la Universidad San Sebastián que imparte las carreras de Ingeniería, Economía y Negocios, Derecho y Ciencias de la Educación. Esta emplazado en la comuna de Recoleta y cuenta con una capacidad para 3.900 estudiantes.

El edificio corresponde a un gran volumen de 27.000 m² en ocho pisos. Su planta se asimila a la forma de dos trapecios traslapados, que encierran este gran vacío que es el atrio. En primer piso acoge el acceso y es el gran lugar de encuentro de sus ocupantes. Este gran espacio central también está abierto en la esquina, en sus 8 pisos de altura desde donde se accede al edificio.

El atrio aparte de permitir el ingreso de iluminación natural, cumple la función de ser una gran plaza interior escalonada, que suple la ausencia de espacios abiertos dado el reducido tamaño del terreno en relación al programa construido.

Aparte del atrio el edificio no contempla el empleo de otras estrategias específicas de diseño bioclimático.

Fuentes: Figura 1: SAXON (1985); Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en planta, fuente Boza Arquitectos; Figura 4, 5 y 6: Interiores Atrio y fachada principal en D+A Magazine, nº 17 junio-julio 2010, pp. 60-63.

U. SAN SEBASTIAN CAMPUS BELLAVISTA

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 05b

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Planta Octavo Nivel

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel

▭ Atrio en Planta

0 10 50

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel y Planta Octavo Nivel, elaboración esquematica en base a información de Boza Arquitectos.

FICHA N° 05c

U. SAN SEBASTIAN CAMPUS BELLAVISTA

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Análisis Atrio en Edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Sur

Superficies

Edificio (1° nivel)	2.741 m ²
Atrio (1° nivel)	541,5 m ²
Envolvente del atrio	2.272,8 m ²
Volumen	12.996 m ³

El atrio de planta irregular en su nivel de piso se eleva en una gran escalinata y gradería que permite ser usada como aposentadurías de público en ceremonias institucionales como a diario por sus ocupantes. La altura del atrio, debido a esto es variable, siendo de 8 pisos en explanada de acceso, y de 6 en área de Biblioteca, en extremo opuesto de la escalinata. La cubierta es una estructura metálica revestida en acero prepintado, con múltiples lucarnas de dimensiones variables. Pavimentos son de Piedra Pizarra oscura, Vigas y pilares de Hormigón estucados y pintados color blanco, barandas de pasillo de vidrio y cielos de pasillos en placa de terciado de madera barnizada.

El atrio es el gran patio del campus, de gran vitalidad, rodeado por circulaciones y atravesado por puentes que balconean sobre él, en pisos superiores.

El atrio como función bioclimática cumple el rol de captador de luz natural, desde las lucarnas cenitales que por su espesor atenúan la incidencia directa de rayos solares y por un gran ventanal en esquina de acceso al edificio.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	541,5 m ²	hormigón armado	porcelanato	blanco	lisa	Vegetación	Macetas individuales con plantas ornamentales
Muros	2.272,8 m ²	hormigón armado	hormigón pintado / vidrio	blanco	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	541,5 m ²	acero	acero galvanizado	rojo	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuente: Figuras 7, 8 y 9, materialidad interior atrio, en D+A Magazine, n° 17 junio-julio 2010, pp. 60-63.
Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Boza Arquitectos, D+A Magazine, n° 17 junio-julio 2010, pp. 60-63. y visitas a terreno de la autora.

U. SAN SEBASTIAN CAMPUS BELLAVISTA

Planimetría General: Cortes y Elevaciones

FICHA N° 05d

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Corte A-A'

0 5 10

Corte B-B'

Atrio en corte

0 5 10

Fuente: Corte Longitudinal A-A', Corte Transversal B-B', Boza Arquitectos.

FICHA Nº 06a

EDIFICIO AIEP BARRIO UNIVERSITARIO DE SANTIAGO

ORIENTACIÓN AZIMUT 348°

Arquitecto: Martín Schmidt

1

ATRIO DE CUATRO CARAS

2

3

Ubicación de Atrio en Planta

5

6

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Ejército 49, Santiago Centro, Santiago.

Destino: Educación

Mandante: Instituto AIEP

Fecha de Proyecto: 2007

Fecha de Construcción: 2007-2008

Superficie Terreno: 650 m²Superficie Construida: 4.500 m²

Altura total: 19 m

Nº de pisos: 6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga la sede del Instituto profesional AIEP, que imparte carreras técnicas y profesionales, dependiente de la Universidad Andres Bello, ubicado en el que se conoce como barrio universitario de Santiago.

Como tantas otras edificaciones del centro antiguo de Santiago, ocupa íntegramente el sitio quedando toda la construcción confinada entre medianeros, y por ende sus fachadas perimetrales son ciegas. De planta irregular, el edificio se yergue 6 pisos. El mejor aprovechamiento espacial, hizo que la parte trasera del edificio este medio piso levantada respecto de la zona delantera hacia la calle. A nivel de cubierta existe una terraza mirador que cumple funciones de patio exterior elevado, como desahogo a la densificación máxima a la que se obligó el diseño del edificio.

Funcionalmente el atrio viene a formar parte del núcleo central de circulaciones verticales del edificio, conformado por una caja ascensores transparentes, y una rampa panorámica que recorren todo el edificio. La rampa llega hasta la terraza de cubierta.

Aparte del atrio el edificio no contempla el empleo de otras estrategias específicas de diseño bioclimático que sea relevante mencionar.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en planta, en Revista AOA nº 8, agosto 2008, pp. 88-89.; Figura 4: Interior Atrio en <Schmidt Arquitectos, www.s3.cl>; Figura 5: Interior Atrio en Revista AOA nº 8, agosto 2008 pp. 88-89; Figura 6: <Schmidt Arquitectos www.s3.cl>.

EDIFICIO AIEP BARRIO UNIVERSITARIO DE SANTIAGO

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 06b

ORIENTACIÓN AZIMUT 348°

Planta Cubierta

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel
Atrio en Planta

0 5 10

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel y Planta Cubierta en Revista AOA n° 8, agosto 2008, pp. 88-89.

FICHA N° 06c

ORIENTACIÓN AZIMUT 348°

EDIFICIO AIEP BARRIO UNIVERSITARIO DE SANTIAGO

Análisis Atrio en Edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

Superficies

Edificio (1º nivel)	650 m ²
Atrio (1º nivel)	35,75 m ²
Envoltiente del atrio	527,5 m ²
Volumen	679 m ³

El atrio es de planta rectangular, y se eleva 6 pisos de altura. Los pavimentos son de hormigón vitrificado gris oscuro. La cubierta es de vidrio y estructura metálica, ventilada generosamente por la circulación de aire transversal bajo ella. La fachada sur es un muro cortina de vidrio, mismo material para barandas y cerramientos de ascensor transparente panorámico. Vigas, pilares y otros elementos estructurales son de hormigón armado a la vista, lo mismo que cielos de circulaciones que rodean al atrio. La presencia de cristales favorecen la reflectividad del espacio que contribuye a darle mas luminosidad.

El atrio vincula a todas las circulaciones interiores, formando parte de ellas y es el centro de relación entre la calle y el volumen posterior.

Por la conformación entre medianeros del edificio, el atrio cumple un rol fundamental de iluminar el interior y propiciar la adecuada ventilación interior.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltiente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	35,75 m ²	hormigón armado postensado	hormigón vitrificado	gris -	lisa	Vegetación	Plantas ornamentales en macetas individuales
Muros	456 m ²	hormigón armado	tabiquería vidriada	incoloro	lisa	Agua	No consulta
			acero	gris			
Techumbre	96 m ²	acero	vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	Abierto en la zona superior bajo la cubierta

Fuentes: Figuras 7, 8 y 9 en <Schmidt Arquitectos, www.s3.cl>. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Revista AOA n° 8, agosto 2008, pp. 88-89, Schmidt Arquitectos, <www.s3.cl> y visitas a terreno de la autora.

EDIFICIO AIEP BARRIO UNIVERSITARIO DE SANTIAGO

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 06d

ORIENTACIÓN AZIMUT 348°

Fuentes: Corte A-A', Corte B-B', Corte C-C' y Corte D-D' en Revista AOA n° 8, agosto 2008, pp. 88-89.

FICHA Nº 08a

EDIFICIO VANGUARDIA

ORIENTACIÓN AZIMUT 339°

Arquitecto: Gonzalo Mardones

1

ATRIO DE DOS CARAS

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Avda. Del Valle 869, Huechuraba, Santiago.

Destino: Oficinas

Mandante: Hispano Chilena.

Fecha de Proyecto: 2007

Fecha de Construcción: 2008

Superficie del Terreno: 4.631 m²Superficie Construida: 7.100 m²

Altura total: 19 m

Nº de pisos: 6

4

5

6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Es un edificio que alberga un conjunto de oficinas de servicios independientes.

Formalmente el edificio es un paralelepípedo blanco de 6 pisos abierto en su esquina nor oriente por un espacio atrio de seis alturas que a modo "grieta", según sus autores, penetra a su interior, generando un vacío de uso público. El volumen en sus fachadas mantiene una predominancia del lleno sobre el vacío con ventanas modulares dispuestas según conveniencia de las plantas a las que sirven, las que son distintas en cada piso. Este orden de se ve alterado en esquina nor oriente, donde irrumpe el gran ventanal de acceso protegido por una celosía.

El atrio es el espacio conector de las distintas plantas del edificio, dentro de él se desarrolla una escalera que lo recorre íntegramente para acceder a todos los niveles.

El edificio como estrategia bioclimática adicional, exhibe una celosía de protección solar en fachada de acceso como resguardo del asoleamiento norte y poniente para determinadas épocas del año.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985); Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, <www.plataformaarquitectura.cl/2008/08/05/edificio-de-oficinas-vanguardia-gonzalo-mardones-v/>; Figura 4, 5 y 6: Interior atrio y fachada principal: <www.plataformaarquitectura.cl/2008/08/05/edificio-de-oficinas-vanguardia-gonzalo-mardones-v/>

EDIFICIO VANGUARDIA

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 08b

ORIENTACIÓN AZIMUT 339°

Planta Quinto Nivel

Planta Tercer Nivel

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel

Atrio en Planta

0 5 10

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel, Planta Tercer Nivel y Planta Quinto Nivel: www.plataformaarquitectura.cl/2008/08/05/edificio-de-oficinas-vanguardia-gonzalo-mardones-v/

FICHA Nº 08c

EDIFICIO VANGUARDIA

ORIENTACIÓN AZIMUT 339°

Análisis Atrio en Edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Sur

Superficies

Edificio (1º nivel)	1.470m ²
Atrio (1º nivel)	142 m ²
Envolvente del atrio	1.121 m ²
Volumen	2.698 m ³

El atrio es de geometría irregular que irrumpe a modo de “grieta” en una envolvente ortogonal. Tiene altura variable, partiendo en 6 pisos en acceso al edificio, para reducirse a medida que su nivel de piso, que es la escalera de acceso a los pisos superiores, va ascendiendo en su desarrollo. La cubierta del atrio es de estructura metálica, con lucernas circulares a modo de perforaciones puntuales. Todo el interior del atrio es de acero pintado blanco, de terminación satinada tanto en pilares como revestimientos laminares de tabiques y muros. Esto fue concebido como estrategia de maximizar la reflectividad de la luz natural en su interior. El pavimento es de piedra pizarra gris.

Podría entenderse que el atrio es el espacio que a partir de configurar el hall de recepción, acompaña a la escalera en su ascensión por el edificio. En este sentido el atrio es principalmente un espacio de circulación, un elemento conector entre los distintos niveles del edificio.

la función primordial del atrio es la de iluminar el espacio interior.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	142 m ²	hormigón armado	porcelanato	blanco	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	1.121 m ²	hormigón armado / acero	acero / tabiquería / vidrio	blanco	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	142 m ²	acero	acero / vidrio	blanco	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figuras 7, 8 y 9 en Revista Innotec nº 3, noviembre 2008, pp. 48-57. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información en <www.plataformaarquitectura.cl/2008/08/05/edificio-de-oficinas-vanguardia-gonzalo-mardones-v/>, Revista Innotec nº 3, noviembre 2008, pp. 48-57, y visitas a terreno de la autora.

EDIFICIO VANGUARDIA

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 08d

ORIENTACIÓN AZIMUT 339°

Corte Longitudinal A-A'

Corte Transversal B-B'
Atrio en Corte

0 5 10

Fuentes: Cortes Longitudinal y Transversal : <www.plataformaarquitectura.cl/2008/08/05/edificio-de-oficinas-vanguardia-gonzalo-mardones-v/>

FICHA N° 09a

EDIFICIO LOS PRESIDENTES U. DE CHILE

ORIENTACIÓN AZIMUT 352°

Arquitecto: Humberto Eliash

ATRIO DE TRES CARAS

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Avda. Pío Nono 1, Providencia, Santiago.

Destino: Educación

Mandante: Escuela de Derecho Universidad de Chile.

Fecha de Construcción: 2006-2007

Superficie del Terreno: 5.972 m²

Superficie Intervención: 660 m²

Altura total: 18,5 m

N° de pisos: 5

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga dependencias académicas de la Escuela de Derecho de la Universidad de Chile en el barrio bellavista. Su construcción data de 2007, producto de un programa de ampliación de la planta física de la antigua facultad. Contempla aulas de clase, salas de computación, un auditorio, una librería jurídica, un gimnasio, cafetería y estacionamientos subterráneos.

Formalmente el edificio es un volumen de planta trapezoidal de 5 pisos, que comparte el patio central de la facultad, en su costado norte, con el antiguo edificio de la Escuela de Derecho. En su centro está el atrio de toda la altura del edificio, conformando un gran hall iluminado naturalmente, en el que se encuentra una escalera panorámica de barandas transparentes que balconea sobre él y comunica todos los niveles. Cercano a él están los ascensores y otro núcleo interno de escaleras. El atrio está circundado por circulaciones y en pisos superiores por aulas en su costado sur. Las ventanas de fachadas son de toda la altura de cada piso, sin antepechos opacos. Con ello se maximizan las vistas y el ingreso de luz.

Aparte del atrio el edificio no contempla el empleo de otras estrategias específicas de diseño bioclimático que sea relevante mencionar

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985); Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación Atrio en Planta, fuente Revista ARQ (Santiago) n° 68, abril 2008, pp. 28-33; Figura 4 y Figura 5: Revista D+A Magazine, n° 11 marzo-abril 2009, pp. 30-33; Figura 6: Revista ARQ, n° 68, abril 2008, pp. 28-33.

EDIFICIO LOS PRESIDENTES U. de CHILE

Planimetría General

FICHA N° 09b

ORIENTACIÓN AZIMUT 352°

Planta Cubierta

Planta Quinto Nivel

Planta Tercer Nivel

Planta Primer Nivel
Atrio en Planta

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Tercer Nivel, Planta Quinto Nivel y Planta Cubierta, archivos de Eliash + Marsino Arquitectos.

FICHA N° 09c

EDIFICIO LOS PRESIDENTES U. DE CHILE

ORIENTACIÓN AZIMUT 352°

Análisis Atrio en Edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Sur

Superficies	
Edificio (1º nivel)	511,4 m²
Atrio (1º nivel)	67,7 m²
Envoltente del atrio	610,5 m²
Volumen	1.252,5 m³

El atrio se configura como un vacío central, de planta rectangular. Tiene 6 pisos de altura, hasta la cubierta que es de cristal sobre una estructura metálica. Al costado poniente del atrio la fachada se abre en un gran ventanal de piso a cielo en cada piso, que esta separado del atrio por pasillos de circulación que por su ancho actúan como quiebrasoles del sol poniente. En su interior predomina el color blanco en todos su elementos, incluido el pavimento. Las barandas de pasillos así como la de la escalera panorámica que recorre el atrio son de vidrio, favoreciendo la reflectividad luminica.

El atrio es un elemento que organiza funcionalmente el edificio. En torno al atrio se ordenan las circulaciones horizontales y algunas aulas que reciben iluminación natural. Las circulaciones verticales se ubican dentro del atrio como elementos protagonistas.

El atrio bioclimáticamente cumple como función primordial la de iluminar el espacio interior.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	67,7 m²	hormigón armado	porcelanato	blanco	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	610,5 m²	hormigón armado	vidrio	incoloro	lisa	Agua	No consulta
			mortero pintado	blanco			
Techumbre	73,5 m²	acero	vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figuras 7, 8 y 9 en Revista ARQ (Santiago) n° 68, abril 2008, pp. 28-33. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a Revista ARQ n° 68, abril 2008, pp. 28-33, y Revista D+A Magazine, n° 11 marzo-abril 2009, pp. 30-33 y visitas en terreno de la autora.

EDIFICIO LOS PRESIDENTES U. DE CHILE

Análisis Térmico y Lumínico del Espacio Atrio

FICHA N° 09d

ORIENTACIÓN AZIMUT 352°

Corte A-A'

Atrio en corte

Corte B-B'

Corte C-C'

0 5 10

Elevación Norte

Atrio proyectado

Fuentes: Corte A-A', Corte B-B', Corte C-C' y Elevación Norte , archivos de Eliash + Marsino Arquitectos.

FICHA Nº 10a

CENTRO CULTURAL PALACIO LA MONEDA

ORIENTACIÓN AZIMUT 355°

Arquitecto: Cristián Undurraga

1

ATRIO DE CUATRO CARAS

2

3

Ubicación de Atrio en Planta

0 20

4

5

6

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Plaza de la Ciudadanía 26, Santiago Centro.

Destino: Cultural

Mandante: Gobierno de Chile

Fecha de Proyecto: 2003

Fecha de Construcción: 2004 - 2007

Superficie del Terreno: /

Superficie Construida: /

Altura total: 15 m

Nº de pisos: 3

DESCRIPCION DEL EDIFICIO

Es un centro cultural ubicado bajo la Plaza de la Ciudadanía, frente a la fachada sur del palacio de gobierno, en Santiago. Forma parte de las construcciones realizadas en el marco del Proyecto Bicentenario impulsado por el Gobierno de Chile. Busca dar acceso a todo público a muestras artísticas y patrimoniales de alto nivel, así como al patrimonio audiovisual del país y la documentación sobre la producción artística contemporánea nacional.

Es una edificación subterránea, de planta rectangular y 3 niveles que ocupa 7200 m². Adicionalmente al gran atrio central, contempla cuatro salas de exposición, una cineteca con dos salas de proyección, el Centro de Documentación de las Artes Visuales, además de tiendas, librerías, cafeterías y restaurantes. Se accede a él por medio de rampas a través de dos patios hundidos en extremos opuestos de la plaza. En ellos, cascadas ornamentales de agua se derraman por los muros laterales que ayudan a la refrigeración del espacio interior.

Para permitir hacer amigable habitar el subsuelo, el edificio busca el ingreso de iluminación natural a través de múltiples franjas de vidrio translúcidas en el pavimento de la plaza sobre él. También se vale del gran espejo de agua, cascadas y surtidores, existentes en superficie para refrigerar el subsuelo.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985); Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente <www.undurragadeves.cl>; Figura 4 y 5, Interior Atrio, archivos de la autora; Figura 6, Fachada contexto en <www.undurragadeves.cl>

CENTRO CULTURAL PALACIO LA MONEDA

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 10b

ORIENTACIÓN AZIMUT 355°

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel y Planta Tercer Nivel en <www.plataformaarquitectura.cl/2006/08/17/centro-cultural-palacio-la-moneda-plaza-de-la-ciudadania-undurraga-deves-arquitectos/>

FICHA Nº 10c

CENTRO CULTURAL PALACIO LA MONEDA

ORIENTACIÓN AZIMUT 355°

Análisis Atrio en Edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

Superficies	
Edificio (1º nivel)	1.850 m ²
Atrio (1º nivel)	1.152 m ²
Envoltente del atrio	4.464 m ²
Volumen	17.280 m ³

El atrio de planta rectangular, es un espacio de triple altura, cuya cubierta es la losa de la Plaza de la Ciudadanía, constituida por franjas de vidrio translucidas, soportadas entre vigas de Hormigón que estructuran el pavimento, sobre las cuales se transita, la iluminación penetra al subsuelo, disminuyendo la sensación de encerramiento al interior del espacio subterráneo. La existencia de vegetación natural en el interior, especialmente adaptada para tales ambientes, contribuye aun mas a lograr este efecto, así como la luz que ingresa por los patios de acceso hundidos. Si bien la materialidad predominante es el hormigón armado a la vista, y los muros revocados así como los pavimentos de piedra natural en tonos grises, la generosa iluminación cenital logra un espacio gratamente iluminado, de forma difusa, uniforme, y sin encandilamiento, muy apropiada al edificio. El atrio es el gran espacio jerárquico multiuso del centro al que se llega por medio de una rampa monumental

La temperatura ambiental es confortable, ayudada por el gran espejo de agua que cubre la losa de cubierta de buena parte del edificio, que de no existir estaría en franca exposición al sol por la transparencia del vidrio.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	1.152 m ²	hormigón armado	palmetas de hormigón	gris	lisa	Vegetación	Jardín Interior
Muros	2.160 m ²	hormigón armado	hormigón armado a la vista / vidrio	blanco	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	1.152 m ²	hormigón armado	vidrio / acero	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figura 7, estructura cubierta, archivo de la autora; Figura 8, vegetación interior, archivo de la autora; Figura 9, materialidad interior atrio, archivo de la autora. Esquema y cálculos: Elaboración propia en base a información de <www.plataformaarquitectura.cl, y www.undurragadeves.cl>, y visitas a terreno de la autora.

CENTRO CULTURAL PALACIO LA MONEDA

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 10d

ORIENTACIÓN AZIMUT 355°

Corte A-A'

Corte B-B'
Atrio en Corte

0 20 40

Fuentes: Corte A-A' y Corte B-B' en <www.plataformaarquitectura.cl/2006/08/17/centro-cultural-palacio-la-moneda-plaza-de-la-ciudadania-undurraga-deves-arquitectos/>

FICHA Nº 11a

FACULTAD DE COMUNICACIÓN Y DISEÑO U. MAYOR

ORIENTACIÓN AZIMUT 12°

Arquitecto: Ramón Delpiano Pérez-Canto

1

ATRIO DE UNA CARA

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Camino La Pirámide
5826, Huechuraba, Santiago.

Destino: Educacional

Mandante: Universidad Mayor

Fecha de Proyecto: 2006

Fecha de Construcción: 2006-2007

Superficie del Terreno: 7.5 ha

Superficie Construida: 7.850 m²

Altura total: 24 m

Nº de pisos: 6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga la facultad de Comunicación y Diseño de la Universidad Mayor. Se ubica en los faldeos sur, de los cerros del Bosque Santiago, en la Comuna de Huechuraba en el sector norte de la ciudad.

Es un edificio de dos cuerpos de 4 pisos, ambos de planta rectangular, que se articulan a modo de bisagra en un hall de distribución que concentra las circulaciones verticales. Debido a su emplazamiento en pendiente y a la altura de los cerros, tiene limitaciones para recibir el asoleamiento norte en determinadas épocas del año. En consecuencia, las circulaciones del edificio se ubican al sur, y los recintos nobles al norte, a fin de privilegiar a éstos últimos con la ganancia solar. Es en la cara sur donde se genera un atrio como antesala de las aulas.

El edificio busca así, maximizar el aprovechamiento de la ganancia solar orientando hacia la luz los recintos de permanencia. Al sur ubica los espacios públicos y de tránsito, pero a la vez los protege de la exposición a vientos y corrientes de aire indeseadas mediante paramentos de vidrio, que cierran el espacio en los pisos superiores que por su altura están más expuestos. De esta manera se logra brindar un confort ambiental a este gran espacio receptor que permanece a la sombra. En primer piso y en extremos oriente y poniente el espacio está abierto, sin cerramiento alguno.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985); Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta; Figura 4: Interior Atrio, Figura 5: Vista Fachada, todas en <www.plataformaarquitectura.cl/2008/10/13/facultad-de-comunicacion-y-diseno-universidad-mayor-ramon-delpiano/>

FACULTAD DE COMUNICACIÓN Y DISEÑO U. MAYOR

Planimetría General: Plantas

FICHA Nº 11b

ORIENTACIÓN

AZIMUT 14°

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel

Atrio en Planta

0 5 10

Fuentes: Planta Primer Nivel y Planta Segundo Nivel <www.plataformaarquitectura.cl/2008/10/13/facultad-de-comunicacion-y-diseno-universidad-mayor-ramon-delpiano/>

FICHA Nº 11c

FACULTAD DE COMUNICACIÓN Y DISEÑO U. MAYOR

ORIENTACIÓN AZIMUT 14º

Análisis Atrio en edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente-Poniente

Superficies

Edificio (1º nivel)	1.600 m ²
Atrio (1º nivel)	627 m ²
Envoltente del atrio	3.975 m ²
Volumen	12.540 m ³

El atrio es un espacio de planta rectangular de 4 pisos. En este espacio longitudinal, la cara interna es un muro cortina de vidrio, tras el cual existen aulas. Hacia el exterior, en la fachada sur del edificio, separados por un vacío, están los pasillos de acceso a las aulas conectadas a ellas por medio de puentes diagonales. Estas circulaciones, desde el segundo nivel al cuarto, están protegidas de los vientos por un paño de vidrio, que actúa como pantalla sin llegar hasta la cubierta. El espacio atrio es semi cerrado, y queda abierto en sus extremos oriente y poniente, así como en el primer piso. La cubierta del atrio, es cerrada. Los pavimentos son de hormigón pulido, y al igual que los cielos interiores del atrio poseen una tonalidad gris no reflectante. La luz sur que ingresa al espacio es reflejada por los vidrios de las fachadas del atrio.

El atrio conforma un hall de antesala a las aulas en todos los niveles.

El Atrio protege del clima una espacialidad semi exterior sombría, tornandola amable, y permitiendo que en ella se de un punto de reunion de sus moradores.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	627 m ²	hormigón armado	hormigón vitrificado	gris	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	2.720 m ²	acero	tabiquería vidriada	incoloro gris	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	627 m ²	acero	acero	gris	lisa	Ventilación Natural	Abierto en zona lateral

Fuentes: Figuras 7, 8 y 9, en <http://ramondelpiano.blogspot.com>. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de www.plataformaarquitectura.cl/2008/10/13/facultad-de-comunicacion-y-diseno-universidad-mayor-ramon-delpiano/ y a visitas a terreno de la autora.

FACULTAD DE COMUNICACIÓN Y DISEÑO U. MAYOR

FICHA N° 11d

Planimetría General: Corte

Fuente: Corte transversal <www.plataformaarquitectura.cl/2008/10/13/facultad-de-comunicacion-y-diseno-universidad-mayor-ramon-delpiano/>

FICHA N° 12a

EDIFICIO AULAS FACEA UNIVERSIDAD DE CHILE

ORIENTACIÓN AZIMUT 321°

Arquitecto: Juan Lund Plantat

1

ATRIO ENTRE EDIFICIOS

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Diagonal Paraguay 257, Santiago.

Destino: Educación

Mandante: Facultad de Economía y Negocios, U.de Chile

Fecha de Proyecto: 2003

Fecha de Construcción: 2005 - 2006

Superficie Construida: 7.480 m²

Altura total: 14.6 m

N° de pisos: 4

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

El edificio alberga las escuelas de Ingeniería Comercial e Ingeniería en Informática y Control de Gestión, de la Facultad de economía y Negocios de la Universidad de Chile. Se ubica en el sector del barrio San Borja, en la Comuna de Santiago. Forma parte de un campus mayor en conjunto con otras edificaciones que incluyen una torre.

El edificio esta conformado por dos volúmenes de planta trapezoidal, uno de 3 y otro de 4 pisos, mas subterráneos para estacionamientos. Ambos cuerpos de conformación alargada enfrentan por su lado menor a la Avda. Diagonal Paraguay, dejando entre ellos un espacio del mismo ancho de crujía y altura, que conforma un atrio iluminado de manera natural, tanto cenitalmente como por sus extremos opuestos, donde se encuentran los accesos desde la calle y el patio del campus

El atrio es un patio techado, que funciona como recibidor y punto de reunión de sus ocupantes. A él confluyen los distintos recintos del conjunto.

El atrio bioclimáticamente cumple la función de generar un espacio interior iluminado de forma natural. La ganancia térmica excesiva esta controlada con la existencia de paños abiertos, sin cerramiento en tramo superior de fachada poniente del atrio.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985); Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación Atrio en Planta, fuente Juan Lund Plantat; Figura 4, 5 y 6: Interior atrio y fachada, archivo de la autora.

EDIFICIO AULAS FACEA UNIVERSIDAD DE CHILE

FICHA N° 12b

Planimetría General: Plantas

ORIENTACIÓN

AZIMUT 321°

Planta Tercer Nivel

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel
Atrio en Planta

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel y Planta Tercer Nivel, arquitecto Juan Lund Plantat.

FICHA Nº 12c

EDIFICIO AULAS FACEA UNIVERSIDAD DE CHILE

ORIENTACIÓN AZIMUT 321°

Análisis Atrio en edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Sur

Superficies

Edificio (1º nivel)	1.767,5 m ²
Atrio (1º nivel)	448 m ²
Envolvente del atrio	1.343 m ²
Volumen	6.540 m ³

El atrio es un espacio de planta rectangular que une en toda su altura a los volúmenes contiguos. En sus lados menores y opuestos, está cerrado con tabiques vidriados por donde se accede a él desde el exterior. En pisos superiores al Nororiente, se desarrollan las circulaciones horizontales que conducen a las aulas. En lado Surponiente una fachada mas hermética conecta en primer y segundo piso con el auditorio y el bloque de oficinas. La cubierta es de policarbonato alveolar sobre vigas de madera laminada a la vista, apoyadas en una estructura metálica pintada color blanco. Los pilares y vigas son de hormigón a la vista, los pavimentos de porcelanato y hormigón pulido. La luz que ingresa al atrio es reflejada por las fachadas vidriadas. Las estructuras metálicas blancas y el brillo de pavimentos otorgan luminosidad al espacio

Funcionalmente el atrio es un gran hall de distribución y patio común a la vez.

Bioclimáticamente el atrio cumple como función primordial la de iluminar el espacio interior, moderando de paso las condiciones externas en su interior.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	448 m ²	hormigón armado	hormigón a la vista	gris	lisa	Vegetación	No consulta
			porcelanato	gris			
Muros	1.343,2 m ²	hormigón armado	vidrio	blanco	lisa	Agua	No consulta
			perfiles de acero	blanco			
Techumbre	448 m ²	acero / madera	policarbonato / acero	incolore	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figura 7 y 8, materialidad interior; Figura 9, estructura cubierta, archivos de la autora. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Juan Lund Plantat y visitas a terreno de la autora.

EDIFICIO AULAS FACEA UNIVERSIDAD DE CHILE

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 12d

ORIENTACIÓN

AZIMUT 321°

Corte A-A'

Atrio en Corte

0 5 10

Corte B-B'

Corte C-C'

0 5 10

Fuentes: Corte A-A', Corte B-B' y Corte C-C', arquitecto Juan Lund Plantat.

FICHA Nº 13a

CENTRO CÍVICO MUNICIPALIDAD DE VITACURA

ORIENTACIÓN AZIMUT 6°

Iglesis Prat Arquitectos

1

ATRIO DE UNA CARA

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Avda. Bicentenario
8300, Vitacura, Santiago.

Destino: Edificio Consistorial

Mandante: I. Municipalidad de
Vitacura

Fecha de Construcción: 2004-2006

Superficie Construida: 22.600 m²

Altura total: 18 - 24 m

Nº de pisos: 5

4

5

6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga la sede de la Municipalidad de Vitacura, en Santiago Oriente.

Se emplaza en el borde Sur del Parque Bicentenario como una construcción aislada que se inserta en él. Esta condición otorga al edificio un carácter escultórico, que destaca por el volumen edificado de geometría pura y color blanco, en contraposición con el entorno natural del parque. El volumen está constituido por dos cuerpos de 4 pisos, bajo una cubierta triangular. El bloque principal, y mas largo, es paralelo a la calle Bicentenario y el otro de menor longitud configura la fachada norte, para formar una planta en L, que libera una gran plaza cívica al poniente abierta al parque. En esta fachada que mira hacia el parque se ubica el atrio.

El atrio es en si mismo la gran circulación vertical del edificio, siendo ocupado por una gran escalinata, que conecta todos los niveles, permitiendo a quien la recorre, la contemplación panorámica del parque.

El atrio bioclimáticamente cumple la función de generar un espacio interior iluminado de forma natural,

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985) Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente Revista CA nº 119 "Puentes", año 2005, pp.46-47; Figuras 4, 5 y 6: Interior atrio y fachada, fuente <<http://www.plataformaarquitectura.cl/2011/03/15/municipalidad-de-vitacura-iglesis-prat-arquitectos/>>

CENTRO CÍVICO MUNICIPALIDAD DE VITACURA

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 13b

ORIENTACIÓN AZIMUT 6°

Fuentes: Plantas, archivo de autor. Gentileza de arquitecto Jorge Iglesias

FICHA Nº 13c

CENTRO CÍVICO MUNICIPALIDAD DE VITACURA

ORIENTACIÓN AZIMUT 6°

Análisis Atrio en Edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Sur

Superficies

Edificio (1º nivel)	5.650 m ²
Atrio (1º nivel)	660 m ²
Envolvente del atrio	3.480 m ²
Volumen	9.900 m ³

El atrio es un espacio de planta trapezoidal, de cuatro pisos. Alberga la gran escalinata de acceso público a todos los niveles del edificio. Su cubierta es de vidrio sobre una estructura metálica contenida entre vigas de Hormigón. Al lado Oriente del atrio se desarrollan las circulaciones horizontales de cada nivel que acceden a la escalinata. Su lado poniente es una gran fachada vidriada de 4 pisos de altura abierta a la plaza cívica con vista hacia el parque. En su extremo sur el atrio se extiende a un Hall de planta triangular. La estructura soportante del edificio es de hormigón armado a la vista. La fachada vidriada poniente es de estructura metálica pintada blanca. El pavimento es de porcelanato gris. La generosa iluminación que ingresa al atrio es moderada por la predominancia de superficies grises y opacas.

Funcionalmente el atrio acoge la gran circulación vertical del edificio.

Bioclimáticamente el atrio permite iluminar el espacio interior.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	300 m ²	hormigón armado	porcelanato	gris	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	1.369 m ²	hormigón armado	vidrio	blanco	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	232 m ²	acero	vidrio / acero	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figura 7 en <<http://www.katerinagordon.com/>> Figura 8 y 9 en <<http://www.plataformaarquitectura.cl/2011/03/15/municipalidad-de-vitacura-iglesia-prat-arquitectos/>>. Esquema y cálculos: Elaboración propia en base a información de Revista CA nº 119 "Puentes", año 2005, pp. 46-47, y visitas a terreno de la autora.

CENTRO CÍVICO MUNICIPALIDAD DE VITACURA

Planimetría General: Cortes - Elevacion Poniente

FICHA N° 13d

ORIENTACIÓN AZIMUT 6°

Corte A - A'

Corte B - B'

Corte C - C'

Elevacion Poniente

Atrio en Corte

Fuentes: Cortes y Elevacion Poniente, archivo de autor. Gentileza del arquitecto Jorge Iglesias

FICHA Nº 14a

EDIFICIO TVN

ORIENTACIÓN

Arquitecto: Víctor Gubbins

1

ATRIO DE UNA CARA

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Bellavista 0990,
Providencia, Santiago.

Destino: Estudios de Televisión

Mandante: Televisión Nacional de Chile.

Fecha de Construcción: 1990 - 2005

Superficie Terreno: 26.280 m²

Superficie Construida: 60.156 m²

Altura total: 18,5 m

Nº de pisos: 5

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga la estación televisiva Televisión Nacional de Chile

Es un complejo constituido por múltiples partes que se ordenan e interconectan mediante un anillo de circulación semicircular que da estructura al conjunto. Esta nace del bloque de acceso que es paralelo a la calle Bellavista, y se adentra en el terreno para recorrerlo circularmente, encerrando un patio denominado la Plaza de las Comunicaciones. A este recorrido circular, se adosan radialmente los volúmenes de los estudios de grabación y transmisión. El tramo de esta circulación estructural que circunda la Plaza de las Comunicaciones se configura como un atrio de una cara que permite la entrada de luz lateralmente a través de un gran muro circular inclinado.

Funcionalmente el atrio a la vez de ser parte de una circulación principal, es también un patio de encuentro cubierto de sus ocupantes. Por su gran presencia escénica, no pocas veces ha sido usado también como telón de fondo y set de transmisiones televisivas.

Aparte del atrio, el edificio no contempla el empleo de otras estrategias específicas de diseño bioclimático, relevantes de ser mencionadas.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985) Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente Revista AOA nº 4, abril 2007, pp. 48-55; Figura 4: Interior Atrio, fuente <<http://www.gubbinsarquitectos.cl>>; Figuras 5 y 6: Interior Atrio y Fachada, fuente Revista AOA nº 4, abril 2007, pp. 48-55.

EDIFICIO TVN

Planimetría General: Planta General

FICHA N° 14b

ORIENTACIÓN

Fuente: Planta General en Revista AOA n° 4, abril 2007, pp. 48-55.

FICHA N° 14c

EDIFICIO TVN

ORIENTACIÓN

Análisis Atrio en Edificio

7

8

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Oriente

Superficies	
Edificio (1º nivel)	26.280 m ²
Atrio (1º nivel)	2.520 m ²
Envolvente del atrio	--- m ²
Volumen	--- m ³

El atrio es un espacio que sigue la planta del gran pasillo de circulación principal que describe una trayectoria semicircular. Su altura bordea los 12 y es de 20m medida hasta nivel subsuelo. La cubierta es cerrada, sin aberturas cenitales. El atrio es de una cara, siendo su lado cóncavo mayoritariamente cerrado, con abertura superior corrida por sobre las cubiertas. Su cara convexa opuesta, es abierta, mediante un muro cortina inclinado y curvo, que describe en planta una semi circunferencia. El pavimento del atrio es de mármol pulido claro. En cerramiento vertical de lado cóncavo, predomina el hormigón armado a la vista. En lado convexo opuesto, está el vidrio del muro cortina, soportado por una estructura metálica blanca, y en subsuelo un revestimiento de madera clara. Cielo es de planchas de acero color metálico.

Funcionalmente el atrio es la circulación estructurante del edificio

Bioclimáticamente, el atrio permite introducir iluminación natural a un espacio interior, que por su uso requiere ser absolutamente ciego en uno de sus lados.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	2.5200 m ²	hormigón armado	vitrificado	gris	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	--- m ²	hormigón armado	hormigón a la vista	gris	lisa	Agua	No consulta
		acero	vidrio	incoloro			
Techumbre	-- m ²	acero	acero / vidrio	blanco/ incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figura 7, materialidad envolvente; Figura 8, estrucutra cubierta y materialidad piso, en Revista AOA n° 4, abril 2007. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Revista AOA n° 4, abril 2007, pp. 48-55 y visitas a terreno de la autora.

EDIFICIO TVN

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 14d

ORIENTACIÓN

Corte A-A'
Atrio en Corte

0 5 10

Corte B-B'
Atrio en Corte

0 5 10

Corte C-C'
Atrio en Corte

0 5 10

Fuente: Corte A-A', Corte B-B' y Corte C-C' en Revista AOA n° 4, abril 2007, pp. 48-55.

FICHA Nº 15a

EDIFICIO K UNIVERSIDAD LAS AMÉRICAS

ORIENTACIÓN AZIMUT 344°

Eliash + Moreno Arquitectos

1

ATRIO DE TRES CARAS

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Antonio Varas 880
Providencia, Santiago.

Destino: Educacional

Mandante: Universidad de Las
AméricaS

Fecha de Proyecto: 2004

Fecha de Construcción: 2005

Superficie Construida: 9.977 m²

Altura total: 21 m

Nº de pisos: 6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

El edificio alberga dependencias universitarias del Campus Providencia de La Universidad de las Américas (UDLA), en el Barrio Manuel Montt.

Es un edificio de planta irregular en forma de L, de seis pisos de altura mas subterráneos para estacionamientos. El volumen edificado ocupa la constructibilidad máxima que de acuerdo a la normativa urbanística permite el sitio. El volumen de formas cúbicas, sin salientes, en sus fachadas mantiene una predominancia del lleno sobre el vacío con ventanas de vanos verticales, de piso a cielo, sin antepechos, dispuestas según conveniencia de las plantas a las que sirven.

El atrio, a falta de espacio en el sitio se plantea como un patio central cubierto, iluminado cenitalmente y de manera lateral desde el oriente.

Aparte del atrio el edificio no contempla el empleo de otras estrategias específicas de diseño bioclimático que sean relevantes de mencionar.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente Eliash + Moreno Arquitectos; Figura 4, 5 y 6: Interior Atrio, Eliash +Moreno Arquitectos.

EDIFICIO K UNIVERSIDAD LAS AMÉRICAS

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 15b

ORIENTACIÓN

AZIMUT 344°

Planta Techo Terraza

Planta Piso Tipo

Planta Primer Nivel
Atrio en Planta

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel y Planta Cubierta, Eliash + Moreno Arquitectos

FICHA Nº 15c

EDIFICIO K UNIVERSIDAD LAS AMÉRICAS

ORIENTACIÓN AZIMUT 344°

Análisis Atrio en edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Sur

Superficies

Edificio (1º nivel)	1.209,5 m ²
Atrio (1º nivel)	200 m ²
Envoltente del atrio	1.260 m ²
Volumen	4.200 m ³

El atrio de planta trapezoidal, tiene una altura de 6 pisos y es abierto tanto cenitalmente, como hacia el oriente, a través de un gran ventanal de toda la altura del edificio. En 2 de sus lados se ubican escaleras inmersas en el espacio, siendo el lado sur donde está el núcleo principal que recorre todo el edificio. La cubierta es de vidrio sobre estructura metálica. El pavimento es porcelanato en tonalidades grises en pasillos y escaleras, y madera laminada en planta de atrio. Muros son estucados pintados color claro, mostrándose en ellos las vigas de entrepiso de hormigón a la vista. El generoso ingreso de iluminación natural es mitigado por la tonalidad media de los elementos y brillo controlado que evita el deslumbramiento.

Funcionalmente el atrio es el gran patio de encuentro del edificio, y a la vez un auditorio, para lo cual su planta se escalona en graderías a modo de anfiteatro.

Bioclimáticamente el atrio cumple como función primordial la de iluminar el interior. Paneles de malla metálica en vidrios atenuan la sobre iluminación.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	200 m ²	hormigón armado	porcelanato	gris / anaranjado	lisa	Vegetación	No consulta
			-	-			
Muros	1.260 m ²	hormigón armado	vidrio	incoloro	lisa	Agua	No consulta
			hormigón a la vista	gris			
Techumbre	285 m ²	acero	vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	Abierto en la zona superior bajo la cubierta

Fuentes: Figura 7, materialidad muros; Figura 8, materialidad piso; Figura 9, estructura cubierta, archivos de Eliash + Moreno Arquitectos. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Eliash + Moreno Arquitectos y visitas a terreno de la autora.

EDIFICIO K UNIVERSIDAD LAS AMÉRICAS

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 15d

ORIENTACIÓN

AZIMUT 344°

Corte A-A'

Atrio en Planta

Corte B-B'

0 5 10

Fuente: Corte A-A' y Corte B-B', Eliash + Moreno Arquitectos

FICHA Nº 16a

EDIFICIO VICENTE KOVACEVIC II U. CENTRAL

ORIENTACIÓN AZIMUT 344°

Arquitecto: Jorge Marsino

1

ATRIO DE TRES CARAS

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Avda. Santa Isabel
1278, Santiago Centro.

Destino: Educacional

Mandante: Universidad Central

Fecha de Proyecto: 2002 - 2003

Fecha de Construcción: 2003-2004

Superficie del Terreno: 3.329 m²

Superficie Construida: 16.673 m²

Altura total: 21 m

Nº de pisos: 6

4

5

6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El proyecto alberga las Facultades de Ciencias de la Educación y de Ciencias Políticas y Administración Pública, de la Universidad Central de Chile.

Es un edificio de planta en forma de "C". Conformar un volumen compacto, de 6 pisos, con aberturas controladas en fachadas Sur y Poniente, siendo sus fachadas Norte y Oriente mayoritariamente vidriadas. En ellas están los accesos al edificio desde la calle y desde el patio del campus. En ambas irrumpen paños vidriados de toda la altura del edificio donde se emplazan estos accesos. La abertura Norte queda separada del atrio por los pasillos puentes de circulación. En ella está el acceso desde la calle Santa Isabel. El orden volumétrico genera un gran espacio central, rodeado en 3 de sus lados por circulaciones en los pisos superiores.

El atrio, con respecto al edificio, se plantea como un espacio múltiple, que es a la vez el gran patio central cubierto y Hall de recepción. Está iluminado cenitalmente y de manera lateral desde el oriente.

El edificio como estrategia adicional de diseño bioclimático, plantea un tratamiento diferenciado de aberturas de fachada, siendo mas amplias y vidriadas hacia el Norte y Oriente donde el asoleamiento es mas benigno.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente Revista CA nº 117 "Bienal y (re)forma urbana", año 2004, pp. 76-77; Figuras 4, interior atrio, archivo de la autora. 5 y 6: <<http://www.marsinoarquitectos.cl>>.

EDIFICIO VICENTE KOVACEVIC II U. CENTRAL

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 16b

ORIENTACIÓN AZIMUT 344°

Planta Tercer Nivel

Planta Primer Nivel

Atrio en Planta

0 10 40

Fuentes: Planta Primer Nivel y Planta Tercer Nivel: Revista CA n° 117 "Bienal y (re)forma urbana", año 2004, pp. 76-77.

FICHA Nº 16c

EDIFICIO VICENTE KOVACEVIC II U.CENTRAL

ORIENTACIÓN AZIMUT 344°

Análisis Atrio en edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

Superficies

Edificio (1º nivel)	2.600 m ²
Atrio (1º nivel)	768 m ²
Envolvente del atrio	4.224 m ²
Volumen	18.432 m ³

El atrio es de planta rectangular. Tiene una altura de 6 pisos y es abierto tanto cenitalmente, como hacia el oriente, a través de un gran ventanal de toda la altura del edificio el que es atravesado por 2 puentes que conectan los extremos del edificio. En pisos superiores tres lados del atrio corresponden a pasillos de circulación, que balconean sobre el espacio central. El cuarto lado, al norte y mas cerrado es la fachada interior de recintos. Inmerso en el atrio están unas escaleras abiertas al espacio central. La cubierta es de estructura metálica revestida en madera en cielo interior. En ella se ubican tragaluces. La cubierta se separa del edificio dejando una abertura libre para permitir la ventilación. Cerramientos verticales y estructuras son de Hormigón a la vista y Vidrio. Pavimentos de Hormigón a la vista pulido y porcelanatos brillantes.

Funcionalmente el atrio pretende ser el gran patio del edificio

Bioclimáticamente el atrio cumple como función la de iluminar el espacio interior y permitir su ventilación.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	768 m ²	hormigón armado	porcelanato	gris	lisa	Vegetación	No consulta
			hormigón n a la vista	gris			
Muros	2.688 m ²	hormigón armado	vidrio	gris	lisa	Agua	No consulta
			perfiles de acero	gris			
Techumbre	768 m ²	acero	Paneles de MDF revestido en coigue	madera	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Figura 7 y 8, interior atrio, archivo de la autora. Figura 7, en <www.marsinoarquitectos.cl>. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Revista CA nº 117 "Bienal y (re)forma urbana", año 2004, pp. 76-77 y <http://www.marsinoarquitectos.cl>

EDIFICIO VICENTE KOVACEVIC II U.CENTRAL

Planimetría General: Cortes y Elevaciones.

FICHA N° 16d

ORIENTACIÓN AZIMUT 344°

Corte A-A'

Atrio en Corte

Elevación Sur

Atrio proyectado

Fuentes: Corte A - A' y Elevación Sur en Revista CA n° 117 "Bienal y (re)forma urbana", año 2004, pp. 76-77.

FICHA N° 17a

DUOC UC SEDE PLAZA VESPUCIO

ORIENTACIÓN AZIMUT 330°

Arquitecto: Juan Sabbagh

1

ATRIO DE DOS CARAS

2

3

.....Ubicación del Atrio en Planta

4

5

6

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Mall Plaza Vespucio, Santiago.

Destino: Educacional

Mandante: DUOC UC

Fecha de Construcción: 2002-2003

Superficie del Terreno: 4.200 m²Superficie Construida: 4.700 m²

Altura total: 18,5 m

N° de pisos: 5

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga la Escuela de Administración y Negocios, Escuela de Comunicación y la Escuela de Diseño del instituto Profesional DUOC, dependiente de la Pontificia Universidad Católica de Chile, y se emplaza en el tercer nivel de estacionamientos del Mall Plaza Vespucio,

Es un edificio conformado por dos volúmenes longitudinales para aulas, de 3 pisos orientados de Oriente a Poniente en disposición paralela. Ambos cuerpos están conectados entre sí por puentes. En Nivel de acceso al edificio, existe otro cuerpo de norte a Sur de un piso de altura, que alberga el área administrativa, para conformar una planta en "L" en este nivel. La relación entre el bloque administrativo y los bloques de aulas se resuelve generando un espacio atrio de triple altura en la esquina de encuentro de ambos bloques perpendiculares.

El atrio es un espacio organizador, que cumple funciones de ser un patio elevado y gran hall del edificio

El edificio como estrategia adicional de diseño bioclimático, genera una serie de aberturas y separaciones entre elementos arquitectónicos que favorecen ventilación de los espacios interiores.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985) Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente Revista CA n° 112 "Identidad Nacional", año 2003, pp.53-54; Figuras 4 y 6: Revista ARQ (Santiago) n° 56 "Educación", marzo 2004, pp. 32-37. Figura 5, interior atrio, archivo de la autora.

DUOC UC SEDE PLAZA VESPUCIO

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 17b

ORIENTACIÓN

AZIMUT 330°

Planta Piso Tipo

Planta Primer Nivel
Atrio en Planta

0 5 10

Fuentes: Planta Primer Nivel y Planta Piso Tipo en Revista CA n° 112 "Identidad Nacional", año 2003, pags 53-54.

FICHA N° 17c

DUOC UC SEDE PLAZA VESPUCIO

ORIENTACIÓN AZIMUT 330°

Análisis Atrio en edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

El atrio, de planta irregular, tiene 3 pisos de altura, la cubierta así como su fachada Sur y Oriente son una estructura metálica enteramente vidriada. Inmersa en este espacio hay una escalera mirador que recorre los 3 pisos, que balconea sobre este patio cubierto. Los pavimentos son de porcelanato en tono gris mate, la estructura soportante general del edificio es metálica pintada blanca, cielos de pasillos son de hormigón a la vista, color natural. El vidrio de fachadas Oriente y sur, y las barandas de pasillo aportan reflectancia al espacio interior.

Funcionalmente el atrio es el patio de encuentro y hall de distribución del edificio.

Bioclimáticamente el atrio es una envolvente que cobija una espacialidad interior que busca establecer una relación directa con el exterior, moderando su incidencia. La envolvente vidriada tiene paños abiertos que permiten la ventilación que morigera el exceso de calor en determinadas épocas del año.

Edificio (1º nivel)	3.752,4 m ²
Atrio (1º nivel)	541,5 m ²
Envolvente del atrio	3.046 m ²
Volumen	10.288,5 m ³

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	541,5 m ²	hormigón armado / acero	hormigón a la vista	gris	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	1.963 m ²	acero	tabiquería / acero / vidrio	blanco / incoloro	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	541,5 m ²	acero	acero / vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figuras 7 y 8, estructura cubierta, archivo de la autora; Figura 9, materialidad interior atrio, archivo de la autora. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Revista CA n° 112 "Identidad Nacional", año 2003, pp. 53-54; Revista ARQ (Santiago) n° 56 "Educación", marzo 2004, pp. 32-37 y visitas a terreno de la autora.

DUOC UC SEDE PLAZA VESPUCIO

Planimetría General: Cortes y Elevaciones

FICHA Nº 17d

ORIENTACIÓN

AZIMUT 330°

Corte A-A'

Atrio en corte

Elevación Sur

Atrio proyectado

0 5 10
m

Fuentes: Corte A-A' y Elevación Sur en Revista CA nº 112 "Identidad Nacional", año 2003, pags 53-54.

FICHA Nº 18a

CENTRO DE LA CONSTRUCCIÓN DUOC UC

ORIENTACIÓN AZIMUT 350°

Sabbagh Arquitectos

1

ATRIO DE TRES CARAS

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Avda. España 8, Santiago Centro.

Destino: Educacional

Mandante: DUOC UC

Fecha de Proyecto: 1999

Fecha de Construcción: 2000 - 2001

Superficie del Terreno: 1.953 m²

Superficie Construida: 10.855 m²

Altura total: 18 m

Nº de pisos: 5

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga la Escuela de Construcción del instituto Profesional DUOC, dependiente de la Pontificia Universidad Católica de Chile, en el barrio República en el centro de Santiago.

El volumen edificado de 5 Pisos, ocupa casi la totalidad del sitio en que se emplaza. Es un edificio esquina que enfrenta la Alameda hacia el Norte y Avenida España hacia el Poniente, desde donde se accede a él. El interior se ordena funcionalmente en torno a un patio central, iluminado cenitalmente y a través grandes ventanales sobre el acceso, en su lado Poniente. Este atrio central de 5 alturas esta rodeado en todo su perímetro por las circulaciones que sirven a cada nivel, y es recorrido en toda su altura por una escalera inmersa en él que sirve de mirador. El Edificio se prolonga en extensión al sur donde en ultimo nivel existe una terraza mirador descubierta.

El atrio es el gran espacio interior de reunión de la vida universitaria

Como recurso bioclimático adicional, el edificio cuenta con una segunda fachada de cristal, separada del edificio, que si bien fue pensada como un recurso arquitectónico, colabora en atenuar la ganancia termica de fachadas Norte y Poniente.

4

5

6

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente Revista CA nº 108 "Nuevos Programas", año 2002, pp. 58-61; Figuras 4 y 5, Interior Atrio, archivos de la autora; Figura 6, Fachada principal, archivo de la autora.

CENTRO DE LA CONSTRUCCIÓN DUOC UC

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 18b

ORIENTACIÓN AZIMUT 350°

Planta Tercer Nivel

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel
Atrio en Planta

0 5 10

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel y Planta Tercer Nivel: Revista CA n° 108 "Nuevos Programas", año 2002, pp. 58-61.

FICHA Nº 18c

ORIENTACIÓN AZIMUT 350°

CENTRO DE LA CONSTRUCCIÓN DUOC UC

Análisis Atrio en Edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

Superficies

Edificio (1º nivel)	2.086 m ²
Atrio (1º nivel)	212,7 m ²
Envoltente del atrio	1.505,5 m ²
Volumen	3.829,5 m ³

El atrio, de planta rectangular, tiene 5 pisos de altura. Su cubierta es de vidrio sobre una estructura de vigas de madera laminada. Esta se eleva sobre los techos aledaños, dejando una apertura perimetral sin cerramientos en todo el contorno, lo que permite ventilar el espacio interior. La estructura soportante de losas, pilares y vigas es de hormigón armado a la vista. El pavimento del atrio mismo en primer piso es de piedra pizarra negra vitrificada. En pasillos superiores el piso es de Porcelanato mate, en tonos gris claro. Barandas de pasillos superiores son de cristal. El uso de revestimiento de madera en tabiques de fachada de aulas a pasillo, junto al colorido no reflectante de los distintos materiales, en especial el del pavimento de primer piso, permiten controlar la intensa iluminación que ingresa al interior.

Funcionalmente el atrio es el patio de encuentro y hall de recepción del edificio.

Bioclimáticamente el atrio cumple como función la de iluminar el espacio interior y permitir su ventilación.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	212,7 m ²	hormigón armado	porcelanato / madera	gris	lisa	Vegetación	Plantas ornamentales en macetas individuales
Muros	1.080 m ²	hormigón armado	hormigón y madera	gris / madera	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	212,7 m ²	madera / acero	vidrio / acero	incoloro / blanco	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figura 7, estructura cubierta, archivo de la autora; Figura 8 y 9, materialidad interior atrio, archivos de la autora. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Revista CA nº 108 "Nuevos Programas", año 2002, pp. 58-61 y visitas a terreno de la autora.

CENTRO DE LA CONSTRUCCIÓN DUOC UC

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 18d

ORIENTACIÓN AZIMUT 350°

Corte A-A'
Atrio en Corte

Corte B-B'
Atrio proyectado

0 5 10

Fuentes: Corte A-A' y Corte B-B' en Revista CA n° 108 "Nuevos Programas", año 2002, pp. 58-61.

FICHA N° 19a

EDIFICIO SONDA

ORIENTACIÓN AZIMUT 355°

Arquitecto: Enrique Browne

1

ATRIO LINEAL

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Teatinos esq. Catedral, Santiago Centro.

Destino: Oficinas Corporativas

Mandante: Empresas SONDA

Fecha de Proyecto: 1996

Fecha de Construcción: 1996-2000

Superficie del Terreno: 2.270 m²

Superficie Construida: 26.683 m²

Altura total: 45 m

Nº de pisos: 15

4

5

6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga la sede corporativa de SONDA, una empresa del área de las Tecnologías de la Información, con sucursales en 9 países en Sudamérica. Se ubica en el centro histórico de Santiago, en un predio esquina de calles Catedral y Teatinos.

El volumen edificado de 15 Pisos, se conforma por 2 cuerpos paralelos a la calle, separados por un atrio iluminado cenitalmente y además en toda la altura en su lado Sur de acceso. El volumen que enfrenta a la calle es mas corto, para formar una plazoleta elevada exterior de acceso al edificio en la esquina, a la que se llega por una escalinata monumental, que asciende la altura de un piso completo. En fachada, ambos volúmenes que hasta el décimo piso presentan una apariencia con predominio del lleno sobre el vacío, con ventanas de aberturas controladas, envuelven a su vez a 2 cuerpos interiores de mayor altura, siendo el que esta al Oriente, un paralelepípedo transparente con cerramiento de muro cortina de vidrio.

Funcionalmente el atrio es el gran hall de recepción del edificio

Como estrategia bioclimática adicional el edificio incorpora vegetación en su interior, que por efecto de la evotranspiración colabora a enfriar y moderar la temperatura interior

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985) Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente <<http://www.ebrowne.cl>>; Figura 4: Vista Atrio Interior, <<http://www.sonda.com>>; Figura 5: Interior atrio, fuente <<http://www.ebrowne.cl>>; Figura 6: vista exterior, fuente <<http://www.sonda.com>>

EDIFICIO SONDA

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 19b

ORIENTACIÓN

AZIMUT 355°

Planta Piso Tipo

Planta Segundo Nivel

Planta Noble
Atrio en Planta

Fuentes: Planta Noble, Planta Segundo Nivel, Planta Piso Tipo, Enrique Browne y Asociados, <<http://www.ebrowne.cl>>.

FICHA N° 19c

EDIFICIO SONDA

ORIENTACIÓN AZIMUT 355°

Análisis Atrio en edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Sur

Superficies

Edificio (1° nivel)	1.495m ²
Atrio (1° nivel)	221 m ²
Envolvente del atrio	3.412 m ²
Volumen	7.956 m ³

El atrio, de planta rectangular, acoge al Hall de acceso al edificio, y un piso mas abajo a un espacio común de reunión. Tiene 8 pisos de altura, en referencia a hall de acceso y 9 pisos en relación al piso inferior. Su cubierta es de vidrio sobre vigas metálicas. Es abierto en toda su altura en fachada sur, y es en esa zona, donde es atravesado en los pisos superiores por puentes que conectan los volúmenes que a cada lado conforman el vacío. Se incorpora vegetación ornamental en todos los niveles, y queademas modera las condiciones de microclima interior. Tanto pilares, como vigas estructurales, bordes de Losas, y paramentos verticales cerrados, esta revestidos, en paneles de aluminio blanco y color metálico. Pavimentos son de Porcelanato gris, cielos son colgantes de palmetas modulares de fibra mineral blancas. Barandas de pasillos son metálicas,color acero. El colorido general es muy claro y reflectante

Funcionalmente el atrio es el patio de encuentro y hall de recepción del edificio.

Bioclimáticamente el atrio cumple como función la de iluminar el espacio interior

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	221 m ²	hormigón armado	mármol	gris	lisa	Vegetación	Vegetación ornamental
			porcelanato	gris			
Muros	2.268 m ²	hormigón armado	mármol	blanco	lisa	Agua	No consulta
			perfiles de acero	blanco			
Techumbre	419 m ²	acero	vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuente: Figura 7, materialidad cubierta; Figura 8, materialidad envolvente; Figura 9, vegetación interior, archivos de la autora. Esquema y cálculos: Elaboración propia en base a información de Enrique Browne y Asociados, <<http://www.ebrowne.cl>> y visitas a terreno de la autora.

EDIFICIO SONDA

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 19d

ORIENTACIÓN

AZIMUT 355°

Corte A-A'

Corte B-B'

Fuentes: Corte A-A' y Corte B-B', Enrique Browne y Asociados, <<http://www.ebrowne.cl>>.

FICHA Nº 20a

EDIFICIO ATRIUM

ORIENTACIÓN AZIMUT 345,5°

Arquitecto: Alemparte Barreda

1

ATRIO DE DOS CARAS

2

3

Ubicación de Atrio en Planta

4

5

6

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Avenida Alonso de Córdova 5739, Las Condes.

Destino: Oficinas

Mandante: Inmobiliaria Atrium S.A.

Fecha de Proyecto: 1996

Fecha de Construcción: 1999

Superficie del Terreno: ----

Superficie Construida: 8.726 m²

Altura total: 32,6 m

Nº de pisos: 10

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Es un edificio que alberga un conjunto de oficinas independientes.

La construcción es un volumen de planta trapezoidal de 10 pisos de altura. Los espacios de Oficinas se orientan al Oriente, Norte y Sur siguiendo una configuración ortogonal que se ve interrumpida al sur con un gran muro cortina vidriado dispuesto en diagonal, que viene a conformar el atrio. En las fachadas de los espacios de oficinas, enteramente revestidas en chapa de ladrillo, se mantiene una predominancia del lleno sobre el vacío con ventanas modulares cuadradas dispuestas según un patrón regular. Esta misma disposición de ventanas se da al interior del atrio.

El atrio es el Hall recibidor del edificio, desde donde se accede a los distintos pisos por un núcleo de circulación central. En el también se encuentra un café que extiende en él su área de servicio.

El edificio aparte del espacio atrio no presenta otra estrategia adicional de diseño bioclimático, que sea relevante de mencionar.

Fuentes: Figura 1: Esquema SAXON, 1985; Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en planta, fuente Alemparte Barreda Arquitectos; Figura 4 y 5, Interior atrio, archivos de la autora; Figura 6, Fachada principal, Alemparte Barreda Arquitectos.

EDIFICIO ATRIUM

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 20b

ORIENTACIÓN AZIMUT 345,5°

Planta Piso Tipo

Planta Primer Nivel
Atrio en Planta

0 5 10

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Piso Tipo, gentileza de Alemparte Barreda Arquitectos Asociados.

FICHA N° 20c

EDIFICIO ATRIUM

ORIENTACIÓN AZIMUT 345,5°

Análisis Atrio en Edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Sur

Superficies

Edificio (1º nivel)	695,4 m²
Atrio (1º nivel)	209,2 m²
Envoltente del atrio	70,2 m²
Volumen	5.648,4 m³

El atrio, de planta trapezoidal se desarrolla en toda la altura del edificio. Su cubierta cerrada, tiene una claraboya adosada al núcleo de ascensores, cuyo aporte lumínico es muy bajo. La fachada Sur del atrio, es un muro cortina 10 pisos de altura, soportado por una estructura metálica color blanco. En lado opuesto al acceso esta el núcleo común de circulaciones verticales conformado por ascensores panorámicos abiertos al espacio y mas atrás, el núcleo de escaleras. Los muros que conforman el atrio en sus otros 3 lados son de hormigón, enchapados en ladrillos en fachadas laterales, y estucado y pintado blanco, en fachada Norte, para la estructura de balcones y ascensores. El Pavimento es de mármol reconstituido, y porcelanato negro brillante. El cielo es de palmeta modular de acero prepintado color aluminio, tipo grilla.

Funcionalmente el atrio es el el Hall de recepción del edificio

Bioclimáticamente el atrio cumple como función la de iluminar el espacio interior.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	209,2 m²	hormigón armado	porcelanato	blanco / ocre	lisa	Vegetación	plantas en macetas incorporadas a balcones
Muros	1.895,4m²	hormigón armado y acero	enchape de ladrillo y vidrio	ocre / incoloro	rugosa / lisa	Agua	No consulta
Techumbre	209,2 m²	acero	entrepiso de acero	gris	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuente: Figura 7, estructura de cubierta, archivo de la autora, Figuras 8 y 9, materialidad interior atrio, archivos de la autora. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Alemparte Barreda Arquitectos y visitas a terreno de la autora.

EDIFICIO ATRIUM

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 20d

ORIENTACIÓN AZIMUT 345,5°

Corte A-A'

Corte B-B'
Atrio en corte

0 5 10

Fuente: Corte A-A' y Corte B-B' , elaboración propia en base a información de Alemparte y Barreda Arquitectos y visitas a terreno de la autora.

FICHA Nº 21a

EDIFICIO GASCO

ORIENTACIÓN AZIMUT 354º

Arquitecto: Luis Izquierdo W.

ATRIO DE CUATRO CARAS

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Santo Domingo 1601, Santiago.

Destino: Oficinas Centrales

Mandante: GASCO S.A.
Compañía de Consumidores de Gas de Santiago,

Fecha de Construcción: 1999

Superficie del Terreno: 1.850 m²

Superficie Construida: 9.112 m²

Altura total: 10,2 m

Nº de pisos: 3

El edificio alberga las oficinas de una compañía distribuidora de gas, GASCO.

Se compone de 2 cuerpos de distinta data de construcción. Enfrentando a la calle Santo Domingo está el edificio original de 2 pisos, de Principios del S. XX, de planta rectangular construido entre medianeros, que fue restaurado. Adosado a él se construyó un nuevo edificio en forma de U en planta que en su centro alberga un atrio iluminado cenitalmente. Esta nueva ala edificada, tiene 3 pisos de altura y se adosa al edificio original. El volumen edificado ocupa totalmente el sitio donde se emplaza, quedando confinado entre medianeros, por lo que la captación de la iluminación a través de las cubiertas, es esencial. En eje central Norte Sur, en todo el largo del atrio, existe una lucarna abierta al cielo. En este mismo espacio, el cielo se levanta en sus costados para abrir ventanas corridas que reciben luz rasante. En muros medianeros los planos horizontales de losas de entrepiso se separan de ellos para permitir ingreso de luz, dando así iluminación por ambos lados a las oficinas. Los pasillos de circulación que rodean al atrio son de bloques de vidrio que también dejan paso a la luz.

El atrio es el espacio de encuentro y estar y sirve de expansión a las oficinas

Como estrategia bioclimática adicional el edificio incorpora vegetación de caña de bambú en su interior, que colabora a enfriar y moderar la temperatura interior

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente <http://www.izquierdolehmann.com/1021/edificio-gasco/?lang_pref=es>; Figura 4: Interior Atrio, fuente <<http://www.barco.cl>>; Figura 5 y 6, Interior Atrio y Fachada principal, archivos de la autora.

EDIFICIO GASCO

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 21b

ORIENTACIÓN AZIMUT 354°

Planta Cubierta

Planta Tercer Nivel

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel

----- Atrio en Planta

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel, Planta Tercer Nivel y Planta Cubierta en Revista CA "El Espacio de la Luz", n° 102, año 2000, pp. 44-49.

FICHA N° 21c

EDIFICIO GASCO

ORIENTACIÓN AZIMUT 354°

Análisis Atrio en Edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Sur

Superficies

Edificio (1º nivel)	1.775 m ²
Atrio (1º nivel)	341 m ²
Envoltiente del atrio	1.690 m ²
Volumen	4.092 m ³

El atrio, de planta rectangular tiene 3 pisos de altura. Su cubierta es en estructura metálica que conforma 2 planos inclinados revestidos en plancha metálica color blanco, como 2 aguas invertidas que se levantan hacia los costados. Ambos planos se unen al centro del atrio en una lucarna longitudinal a dos aguas, de un extremo a otro el espacio abierta al cielo. Cada plano inclinado, al levantarse deja también en todo su largo, una ventana corrida, en vertical, una al Oriente y otra al Poniente, para el ingreso de luz rasante. El nuevo edificio tiene estructura soportante metálica, pintada color blanco. El pavimento a nivel suelo es granito gris pulido. Los pasillos superiores de circulación que rodean el atrio, son de bloque de vidrio para permitir el paso de la luz, al igual que sus barandas.

El atrio es el espacio común de encuentro de sus ocupantes y de expansión de las oficinas. Incorpora vegetación que refuerza la idea de plaza interior.

Bioclimáticamente el atrio cumple la función de iluminar y ventilar el interior.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltiente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	511 m ²	acero	porcelanato	blanco	lisa	Vegetación	Jardin interior central
Muros	1.212 m ²	acero	tabiquería vidriada	incoloro blanco	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	660 m ²	acero	vidrio / acero	incoloro / blanco	lisa	Ventilación Natural	Abierto en la zona superior bajo la cubierta

Fuentes: Figura 7 y 8, materialidad interior atrio, archivos de la autora, Figura 8 en www.izquierdolehmann.com. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Revista CA "El Espacio de la Luz", n° 102, año 2000, pags. 44-49, Izquierdo Lehmann Arquitectos, <http://www.izquierdolehmann.com>, y visitas a terreno de la autora.

EDIFICIO GASCO

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 21d

ORIENTACIÓN AZIMUT 354°

Corte A-A'

Corte B-B'

Corte C-C'

Atrio en Corte

0 5 10

Fuentes: Corte A-A', Corte B-B' y Corte C-C' en Revista CA "El Espacio de la Luz", n° 102, año 2000, pags. 44-49.

FICHA Nº 22a

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN UTEM

ORIENTACIÓN AZIMUT 354º

Arquitecto: Vicente Justiniano

1

ATRIO DE CUATRO CARAS

2

3

Ubicación de Atrio en Planta

4

5

6

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Dieciocho 390, San Ignacio 387, Santiago Centro.

Destino: Educacional

Mandante: UTEM

Fecha de Proyecto: 1998

Fecha de Construcción: 1999

Superficie del Terreno: 1.930 m²

Superficie Construida: 11.250 m²

Altura total: 18,5 m

Nº de pisos: 6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio alberga el Campus Area Central de la universidad Tecnológica Metropolitana de Santiago, UTEM, compuesto por la Facultad de Ciencias de la Construcción y Ordenamiento Territorial

El edificio se inserta en el casco antiguo de la ciudad, en un terreno en forma de L, que atraviesa la manzana en sentido de Oriente a Poniente, manteniendo dos accesos en cada extremo. En cada calle de acceso, el edificio ocupa todo el frente edificable, en 5 pisos al Poniente y 6 pisos al Oriente, liberando al interior del predio, un patio interior flanqueado por construcciones al Oriente, Poniente y Sur. Traspasado el umbral del acceso Poniente se encuentra un hall, concebido como un atrio de triple altura iluminado cenitalmente. Desde este hall se accede al 2º piso por medio de una escalera ornamental, y al Auditorio.

El atrio es un hall organizador del espacio interior en el edificio que da estructura al ordenamiento funcional del programa arquitectónico.

Aparte del atrio, no existe otra estrategia bioclimática relevante de destacar

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente Revista CA nº 104 "Universidades", año 2001, pp., 72-75; Figura 4, interior atrio <<http://www.vjustiniano.cl>>, Figura 5, interior atrio, archivo de la autora, Figura y 6, fachada principal en <<http://www.vjustiniano.cl/utem2.html>>

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN UTEM

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 22b

ORIENTACIÓN AZIMUT 354°

Planta Sexto Nivel

Planta Cuarto Nivel

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel
Atrio en Planta

0 5 10

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel, Planta Cuarto Nivel y Planta Sexto Nivel en Revista CA n° 104 "Universidades", año 2001, pp. 72-75.

FICHA Nº 22c

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN UTEM

ORIENTACIÓN AZIMUT 354º

Análisis Atrio en Edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

Superficies

Edificio (1º nivel)	1.828 m ²
Atrio (1º nivel)	180 m ²
Envolvente del atrio	1.008 m ²
Volumen	2.682,5 m ³

El atrio, de planta rectangular tiene 3 pisos de altura. La fachada norte es un muro medianero ciego. La cubierta es soportada por vigas de madera laminada, que conforman 12 casetones que en su centro dejan una única gran abertura cenital de vidrio. Está levantada de los muros perimetrales del edificio, dejando ventanales corridos verticales en sus cuatro lados. En 2º Piso el atrio es rodeado por circulaciones a modo de balcones. Caras Oriente y Poniente de 3º piso son oficinas que obtienen iluminación del atrio. La fachada sur de este nivel, es un pasillo de circulación. El pavimento es de baldosa microvibrada de hormigón, pulida, en tonos claro, con listas de color tierra café rojizo. Estructura es de hormigón a la vista, combinada con paños estucados pintados color marfil. Cielos son revestidos en entablado de madera.

Funcionalmente el atrio es el hall del edificio, antesala del auditorio, y que sirve también como punto de encuentro y eventual hall de exposiciones

Bioclimáticamente el atrio cumple la función de iluminar el espacio interior

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	180 m ²	hormigón armado	porcelanato	blanco / ocre	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	648 m ²	hormigón armado	hormigón / piedra	blanco	rugosa	Agua	No consulta
Techumbre	180 m ²	acero / madera	vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figura 7, estructura de cubierta, archivo de la autora, Figura 8, materialidad piso, archivo de la autora y Figura 9, materialidad envolvente, archivo de la autora. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Revista CA nº 104 "Universidades", año 2001, pp. 72-75. <<http://www.vjustiniano.cl> y visitas a terreno de la autora>

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN UTEM

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 22d

ORIENTACIÓN AZIMUT 354°

Corte Longitudinal A-A'
Atrio en corte

0 5 10

Corte Transversal B-B'
Atrio en Corte

0 5 10

Fuentes: Cortes A-A' y B-B' en Revista CA n° 104 "Universidades", año 2001, pp. 72-75.

FICHA Nº 23a

TALLERES PROLAM

ORIENTACIÓN AZIMUT 350°

Arquitecto Juan Baixas Del Río

1

ATRIO LINEAL

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Ciudad Empresarial,
Huechuraba Santiago.

Destino: Oficinas Centrales
PROLAM

Mandante: PROLAM

Fecha de Construcción: 1997

Superficie del Terreno: 5.575 m²

Superficie Construida: 3.238 m²

Altura total: 9 m

Nº de pisos: 3

4

5

6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

El edificio alberga las oficinas de la empresa de publicidad PROLAM, en la Ciudad Empresarial, en Huechuraba.

En la composición se distinguen 2 volúmenes, un cuerpo anterior, de formas sinuosas de 3 niveles de alto, que acoge oficinas administrativas y de dirección, y tras este un volumen mayor, de una especialidad a modo de galpón que acoge el taller de trabajo publicitario, que se plantea como una planta libre en niveles escalonados. Dentro de este galpón se distinguen 2 zonas separadas por un pasillo de circulación que en primer piso recorre todo el edificio de Poniente a Oriente, desde el acceso a la cafetería y patio. A cada lado de este pasillo se levantan escalonadamente 3 niveles de plantas libres que agogen estaciones de trabajo conectadas visualmente unas con otras. Articulando el cuerpo anterior de oficinas y el galpón existe un atrio iluminado tanto cenitalmente como en sus extremos. Destaca en su interior el empleo de revestimientos de madera tanto en cielos, que siguen la curvatura de la envolvente, como en pisos.

El atrio es un espacio de circulación que articula la unión de ambos volúmenes.

Aparte del atrio, no existe otra estrategia bioclimática relevante de destacar.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente Revista CA nº 94 "Edificios Institucionales", año 1998, pp. 50-53; Figuras 4, 5 y 6: Interior atrio y fachada: <<http://www.chilearq.com/web/proyectos/45/>>.

TALLERES PROLAM

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 23b

ORIENTACIÓN AZIMUT 350°

Planta Tercer Nivel

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel

Planta Subterráneo
Atrio en Planta

Fuentes: Planta Subterráneo, Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel y Planta Tercer Nivel en Revista CA n° 94 "Edificios Institucionales", año 1998, pp. 50-53.

FICHA Nº 23c

TALLERES PROLAM

ORIENTACIÓN AZIMUT 350º

Análisis Atrio en Edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Norte - Sur

Superficies

Edificio (1º nivel)	1.468,8 m²
Atrio (1º nivel)	293 m²
Envolvente del atrio	918 m²
Volumen	2.637 m³

El atrio, de planta irregular y sinuosa, tiene 3 pisos de altura. Está abierto tanto cenitalmente como en sus extremos. Su cubierta de vidrio sobre estructura de metal, acusa el encuentro de los volúmenes del galpón y la silueta ondulada del cuerpo de oficinas. El atrio se plantea en sentido transversal de Norte a Sur, al eje que recorre de Poniente a Oriente el edificio desde el ingreso hasta la cafetería. En 2º y 3º piso al costado poniente del atrio están las circulaciones del edificio de oficinas. En el lado opuesto, el espacio se abre integrándose al galpón de trabajo. El pavimento del atrio es de madera, y marmol en la huella del pasillo del eje central que cruza el edificio. Tanto barandas como los cielos de galpón contiguo son revestidos en madera. Los cielos de pasillos de bloque de oficinas son de palmeta modular de acero precintado color aluminio.

Funcionalmente el atrio corresponde al eje de circulación transversal del edificio, que sirve al bloque de oficinas, conectándolo al galpón

Bioclimáticamente el atrio cumple la función de iluminar el espacio interior

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	293 m²	hormigón armado	porcelanato	gris / naranjo	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	918 m²	acero	madera	madera	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	293 m²	acero	acero / vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figura 7, 8 y 9 en www.barqo.cl (Banco Fotografico de Arquitectura chilena). Esquema y cálculos: Elaboración propia en base a información de Revista CA nº 94 "Edificios Institucionales", año 1998, pp. 50-53 y visitas a terreno de la autora.

TALLERES PROLAM

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 23d

ORIENTACIÓN AZIMUT 350°

Corte Transversal A-A'
Atrio en Corte

Corte B-B'
Atrio proyectado

0 5 10

Fuentes: Corte A-A' y Corte B-B' en Revista CA n° 94 "Edificios Institucionales", año 1998, pp. 50-53.

FICHA Nº 24a

EDIFICIO DOCE JUZGADOS DE SANTIAGO

ORIENTACIÓN AZIMUT 348°

Arquitecto: Enrique Browne

1

ATRIO DE TRES CARAS

2

3

Ubicación de Atrio en Planta

4

5

6

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Avda. España 503 - 509, Santiago Centro.

Destino: 12 Juzgados del Crimen

Mandante: Sistema Judicial

Fecha de Proyecto: 1993

Fecha de Construcción: 1994 - 1996

Superficie del Terreno: 1.776 m²Superficie Construida: 8.064 m²

Altura total: 22,5 m

Nº de pisos: 7

El edificio alberga la sede de los 12 juzgados del Crimen de Santiago, en la zona poniente del centro histórico de Santiago

El volumen edificado alcanza los 7 pisos de altura mas subterráneos y se organiza en torno a un patio con cubierta de vidrio. Este patio divide el volumen mayor en 2 zonas : Un área publica, con planta en forma de bote, al Norte, que enfrenta la calle, y otra en forma de "C", al Sur, que alberga el área de funcionarios, y los juzgados mismos. Adosado a este ultimo cuerpo, existe un volumen de planta rectangular muy cerrado que acoge al área de detenidos. Este patio interior se prolonga hacia la esquina Nororiente para irrumpir en la fachada como una escisión en el volumen y conformar el acceso de público enmarcado entre 2 aristas verticales. A nivel de calle e encuentran las áreas de recepción y otras dependencias. Los seis pisos superiores contienen dos juzgados por piso. En el volumen Norte que acoge las anteceras a las salas de los Juzgados existe una escalinata exterior que sobresale del plano de la fachada conectando los 6 niveles restantes. Esta escalera sirve de mirador panorámico.

Funcionalmente el atrio es el gran hall de recepción del edificio

Como estrategia bioclimática adicional el edificio incorpora vegetación en su interior, que colabora a enfriar y moderar la temperatura interior

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en Planta, fuente Revista CA nº 94 "Edificios Institucionales", año 1998, pp. 34-37; Figura 4 y 5, interior atrio, archivos de la autora, y Figura 6, fachada principal en <<http://www.ebrowne.cl>>.

EDIFICIO DOCE JUZGADOS DE SANTIAGO

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 24b

ORIENTACIÓN AZIMUT 348°

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel
Atrio en Planta

0 5 10

Fuentes:
Planta Primer Nivel y Planta Segundo Nivel: Revista CA n° 94 "Edificios Institucionales". año 1998, pp. 34-37.

FICHA N° 24c

ORIENTACIÓN AZIMUT 348°

EDIFICIO DOCE JUZGADOS DE SANTIAGO

Análisis Atrio en Edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

Superficies

Edificio (1º nivel)	1.334 m ²
Atrio (1º nivel)	162,5 m ²
Envolvente del atrio	1.630 m ²
Volumen	--- m ³

El atrio, de planta irregular tiene 7 pisos de altura. Esta abierto, tanto cenitalmente como en su extremos Oriente. Su cubierta es de vidrio sobre estructura de metal. Sobre el muro de fachada sur del atrio, una estructura metálica soporta enredaderas que conforman un muro verde y como complemento, a nivel de suelo se plantaron palmeras. La fachada norte del atrio esta conformada por las zonas de esperas de publico, que se abren al vacio, a modo de balcones semi curvos. Los pavimentos son de porcelanato color marfil. Muros son revestidos en chapa de ladrillo, y también estucados y pintados color blanco. Cielos son de palmetas modulares tipo grillas prepintadas color aluminio en salas de espera, y losas estucadas y pintadas color blanco en puentes que atraviesan el atrio.

Funcionalmente el atrio corresponde al Hall de recepción del edificio.

Bioclimáticamente el atrio cumple la función de iluminar el interior.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	162,5 m ²	hormigón armado	baldosa microvibrada	blanco	lisa	Vegetación	Jardín interior
Muros	1.305 m ²	hormigón armado	chapa de arcilla / hormigón pintado	ocre / blanco	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	162,5 m ²	acero	vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuentes: Figura 7, estructura de cubierta, archivo de la autora; Figura 8, materialidad envolvente, archivo de la autora; Figura 9, materialidad piso, archivo de la autora. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Revista CA n° 94 "Edificios Institucionales", año 1998, pp. 34-37, y visitas a terreno de la autora.

EDIFICIO DOCE JUZGADOS DE SANTIAGO

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 24d

ORIENTACIÓN AZIMUT 348°

Elevación Oriente

Elevación Norte

Elevación Poniente

Corte A-A'
Atrio en Corte

Fuentes: Elevación Oriente, Elevación Norte, Elevación Poniente y Corte A-A' en Revista CA n° 94 "Edificios Institucionales", año 1998, pp. 34-37.

FICHA Nº 25a

EDIFICIO KOVACEVIC I U. CENTRAL

ORIENTACIÓN AZIMUT 346,75°

1

ATRIO DE CUATRO CARAS

2

3

Ubicación de Atrio en Planta

4

5

6

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Avda. Santa Isabel 1186, Santiago.

Destino: Educación

Mandante: U. Central de Chile

Fecha de Proyecto: --

Fecha de Construcción: 1997

Superficie del Terreno: -- m²

Superficie Construida: -- m²

Altura total: 23 m

Nº de pisos: 7

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

El edificio alberga las Facultades de Ingeniería, Arquitectura, Urbanismo y Paisaje de la Universidad Central, en el sector del Parque Almagro en la zona Sur del centro histórico de Santiago

El volumen edificado alcanza los 7 pisos de altura más subterráneos, y se organiza en torno a un espacio central cubierto que ocupa desde el 2º al 7º Piso. En el conjunto, se distingue un volumen mayor, conformado por 2 bloques longitudinales de planta rectangular, orientados en sentido Oriente a Poniente, que enfrentan en su lado mas largo al Parque Almagro que está al frente. Entre ambos cuerpos existe un atrio de 5 alturas, también de planta rectangular. Al estar el terreno hundido respecto del nivel calle, el acceso al edificio se establece por medio de un puente que se conecta directamente al 2º Piso. Al costado Poniente del volumen mayor las plantas de los primeros 2 pisos se extienden describiendo un arco de circunferencia. En Costado Oriente otro volumen menor de 2 Pisos de altura alberga un salón mayor.

Funcionalmente el atrio es el hall de recepción del edificio

Aparte del atrio, no existe otra estrategia bioclimática relevante de destacar

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en planta, fuente archivo de la autora.; Figura 4 y 5, interior atrio, archivos de la autora; Figura 6, fachada principal, archivo de la autora.

EDIFICIO KOVACEVIC I

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 25b

ORIENTACIÓN AZIMUT 346,75°

Planta Quinto Nivel

Planta Cuarto Nivel

Planta Segundo Nivel

Planta Primer Nivel
Atrio en planta

0 10 50

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel, Planta Cuarto Nivel y Planta Quinto Nivel, Archivos gentileza arquitecto Humberto Eliash.

FICHA N° 25c

EDIFICIO KOVACEVIC I

ORIENTACIÓN AZIMUT 346,75°

Análisis Atrio en Edificio

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

El atrio, de planta rectangular tiene 5 pisos de altura. Su cubierta de policarbonato alveolar traslúcido a cuatro aguas, sobre estructura de vigas reticuladas metálicas, que difumina la luz en el espacio. En ella existen ventanas proyectantes para la ventilación. El atrio esta rodeado en sus cuatro lados por pasillos, salvo en costado Norte, en 3° y 4° piso cuya fachada esta conformada por recintos hasta el borde mismo del vacío. Al costado poniente del atrio, hay una escalera ornamental, que recorre todos los pisos. El pavimento del atrio es de porcelanato marfil pulido. En los pasillos de circulación superiores se empleó el mismo material pero de superficie mate. Muros y pilares estructurales, son de hormigón armado estucado y pintado color amarillo pálido. Los cielos de pasillos son losas de hormigón estucadas y pintadas color blanco.

El atrio adquiere la doble connotación de ser un patio interior cubierto y hall de recepción

Bioclimáticamente el atrio cumple la función de iluminar y ventilar el espacio interior

Superficies

Edificio (1° nivel)	2.609 m ²
Atrio (1° nivel)	404,4 m ²
Envoltente del atrio	1.872 m ²
Volumen	7.885,8 m ³

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	404,4 m ²	hormigón armado	porcelanato	ocre	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	1.872 m ²	hormigón armado	hormigón revocado	amarillo palido	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	404,4 m ²	acero	acero / policarbonato	incoloro	lisa	Ventilación Natural	Ventanas proyectantes en la cubierta

Fuente: Figura 7, estructura cubierta, archivo de la autora; Figura 8 y 9, materialidad interior, archivos de la autora. Esquema y cálculo: Elaboración propia en base a información de planimetría existente, archivos de la autora y visitas a terreno.

EDIFICIO KOVACEVIC I

Planimetría General: Cortes

FICHA N° 25d

ORIENTACIÓN AZIMUT 346,75°

Fuente: Corte A-A', Corte B-B' y Corte C-C. Archivos gentileza arquitecto Humberto Eliash..

FICHA Nº 26a

HOTEL HYATT REGENCY SANTIAGO

ORIENTACIÓN AZIMUT 345º

Arquitectos: Alemparte Barreda

1

ATRIO DE CUATRO CARAS

2

3

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Avda. Kennedy esquina Alonso de Córdoba, Las Condes.

Destino: Hotel

Mandante: Hotel Corporation S.A.

Fecha de Proyecto: 1989

Fecha de Construcción: 1992

Superficie del Terreno: --- m²

Superficie Construida: 51.000 m²

Altura total: 110 m

Nº de pisos: 24

4

5

6

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

El edificio alberga las dependencias de un hotel cinco estrellas perteneciente a la cadena internacional Hyatt, en la Comuna de Las Condes, en el sector Oriente de Santiago.

El edificio está conformado por un volumen aislado de placa y torre. En la placa se ubican servicios y programas de uso múltiple mientras que en la torre de 25 pisos se ubican las habitaciones y suites. La torre de planta circular ofrece volumétricamente la lectura de un gran cilindro perimetral que acusa el ritmo horizontal de cada piso, por medio de las losas y vigas de cada nivel, y que envuelve a otro cilindro acristalado, coronado por una cubierta cónica, también de vidrio. Este espacio de planta circular, deja en su centro un gran atrio, iluminado cenitalmente, a través de su cubierta, y desde el Poniente a través de una abertura que recorre la fachada en toda su altura. Las plantas de cada nivel quedan así configuradas, en forma de C, con las circulaciones de acceso a las habitaciones que balconean sobre el vacío interior, y hacia el perímetro del cilindro las habitaciones y suites, que gozan de las vistas del entorno.

Funcionalmente el atrio es el hall de recepción del edificio

Aparte del atrio, no existe otra estrategia bioclimática relevante de destacar.

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en planta, fuente Alemparte Barreda Arquitectos Asociados; Figura 4, 5 y 6, Interior Atrio y Fachada Principal, fuente: Oficina Alemparte Barreda Arquitectos y Asociados.

HOTEL HYATT REGENCY SANTIAGO

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 26b

ORIENTACIÓN AZIMUT 345°

Planta Piso Tipo Torre

Planta Piso Tipo
Situación Placa -Torre

Planta Primer Nivel
Ario en Planta

A'

0 10

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Piso Tipo Situación Placa-Torre, Planta Piso Tipo Torre, Alemparte Barreda Arquitectos y Asociados.

FICHA Nº 26c

ORIENTACIÓN AZIMUT 345º

HOTEL HYATT REGENCY SANTIAGO

Análisis Atrio en Edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Sur - Poniente

Superficies	
Edificio (1º nivel)	4.547 m²
Atrio (1º nivel)	332 m²
Envolvente del atrio	4.928 m²
Volumen	25.564 m³

El atrio, es de planta circular, y tiene 25 pisos de altura. Su cubierta es un manto cónico de vidrio soportado por una estructura reticulada de acero. Al poniente el volumen cilíndrico se abre en esa orientación para demarcar el acceso al edificio y permitir el ingreso de iluminación. Dentro de este vacío se encuentra una batería de 4 ascensores, siendo dos de ellos panorámicos, con vista al Hall monumental. Circundando perímetro del atrio, en los pisos superiores con forma de C en planta, están las circulaciones de acceso a las habitaciones, que se abalcanan sobre el vacío. El pavimento del atrio es de mármol pulido. Las barandas de pasillos, así como la estructura de núcleo de ascensores es de hormigón, estucado y pintado color claro.

El atrio viene a conformar un hall de recepción monumental y escenográfico de 25 pisos de altura, al que convergen todas las habitaciones del hotel

Bioclimáticamente el atrio cumple la función de iluminar y ventilar el espacio interior. Por su abertura poniente requiere climatización artificial permanente.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envolvente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	332 m²	hormigón armado	porcelanato	beige	lisa	Vegetación	No consulta
Muros	4.928 m²	hormigón armado	hormigón pintado	beige	lisa	Agua	No consulta
Techumbre	332 m²	acero	vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	No consulta

Fuente: Figuras 7, 8 y 9, materialidad interior atrio, Alemparte Barreda Arquitectos y Asociados. Esquema y cálculos : Elaboración propia en base a información de Alemparte Barreda Arquitectos, y visitas a terreno de la autora.

Jeannette Roldán Rojas

192

HOTEL HYATT REGENCY SANTIAGO

Planimetría General: Cortes y Elevaciones

FICHA N° 26d

ORIENTACIÓN AZIMUT 345°

Corte A-A'
Atrio en corte

Elevación
Sur - Poniente
Atrio proyectado

Fuente: Corte A-A', Elevación Sur-Poniente, Alemparte Barreda Arquitectos y Asociados

FICHA Nº 27a

EDIFICIO LA MERCED

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Arquitecto: Mario Perez de Arce

1

ATRIO DE CUATRO CARAS

2

3

Ubicación de Atrio en Planta

4

5

6

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Ubicación: Huérfanos 669 esq. Mac Iver, Santiago

Destino: Comercial

Mandante: Provincia Mercedaria de Chile

Fecha de Construcción: 1965-1982

Superficie del Terreno: --- m²

Superficie Construida: 17.475 m²

Altura total: 30 m

Nº de pisos: 8

Es un edificio destinado a oficinas independientes, desde el 2º al 8º Piso, con locales comerciales en planta baja. Se emplaza en la manzana de la Orden Mercedaria de Chile, conformando una unidad que lo integra con la basílica de La Merced y el patio del convento, en el centro fundacional de Santiago.

El conjunto edificado, continúa la trama de pasajes comerciales existentes en el centro de Santiago, adentrándose en la manzana para relacionarse con el patio del convento y generar así un circuito comercial de pasajes y galerías interiores. Conectado a esta red está el atrio del edificio, cuya planta está hundida 1 piso respecto del nivel de las galerías comerciales. El atrio se configura como plaza pública que filtra el flujo peatonal, de la galería hacia el edificio. Es digna de mencionar la "simbiosis" entre el nuevo edificio y la basílica, integrando el patio del convento, con su verdor a la red de pasajes, por medio de una arcada y rejas que lo separan, pero permitiendo a la vez su contemplación.

Funcionalmente el atrio es una plaza de encuentro de los transeúntes

Aparte del atrio, como estrategia bioclimática relevante de destacar, está el empleo de vegetación en macetas dentro del mismo, y el empleo de la planta libre abierta en 1º piso, para generar adecuados flujos de ventilación natural dentro del edificio. También se utiliza el agua mediante el empleo de una pileta en 1º piso, como agente moderador del clima interior

Fuentes: Figura 1: Saxon (1985). Figura 2: Emplazamiento, fuente Google Earth; Figura 3: Ubicación de Atrio en planta, fuente Revista CA "Catálogo IV Bienal", nº 35 año 1983, pp. 88-89. Figura 4 y 5, Interior Atrio, archivos de la autora; Figura 6, fachada principal, archivo de la autora.

EDIFICIO LA MERCED

Planimetría General: Plantas

FICHA N° 27b

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Fuentes: Planta Primer Nivel, Planta Segundo Nivel y Planta Piso Tipo en Revista CA "Catalogo IV Bienal", n° 35 año 1983, pp. 88-89.

FICHA Nº 27c

EDIFICIO LA MERCED

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Análisis Atrio en Edificio

7

8

9

Dimensiones Generales del Atrio

Orientación del Espacio Atrio
Oriente - Poniente

Superficies

Edificio (1º nivel)	2.907 m ²
Atrio (1º nivel)	240 m ²
Envoltente del atrio	2.100 m ²
Volumen	7.200 m ³

El atrio, de planta cuadrada, tiene 9 pisos de altura y es iluminado cenitalmente. Su cubierta es de vidrio sobre una estructura metálica, que a modo de shed, de alas iguales y totalmente vidriadas, permite el paso de la luz en forma generosa. En los pisos superiores el atrio es circundado en 3 de sus lados por las circulaciones de acceso a las oficinas que balconean sobre el vacío. El cuarto lado lo ocupan ascensores panorámicos. En 1º piso el pavimento es de piedra, y existe una piletta con surtidor de agua. La estructura soportante de vigas, pilares y losas es de hormigón estucado pintado blanco. Formando parte de barandas de pasillos de circulación en cada piso hay una sucesión de macetas para vegetación.

El atrio es el patio interior del edificio que en pisos superiores alberga las circulaciones de acceso a cada oficina.

Bioclimáticamente el atrio cumple la función de iluminar y ventilar el espacio interior a la vez de moderar su temperatura a través del uso de vegetación.

Materialidad del Espacio Atrio						Aspectos ambientales	
Envoltente	Superficie	Estructura	Terminaciones	Color	Textura	Tipo	Características
Piso	240 m ²	hormigón armado	piedra natural y granito	gris	rugosa	Vegetación	Plantas ornamentales en macetas individuales
Muros	1.860 m ²	hormigón armado	tabiquería en albañilería y vidriada	amarillo pálido	lisa	Agua	Piletta de agua en el centro
Techumbre	240 m ²	acero	acero / vidrio	incoloro	lisa	Ventilación Natural	apertura lateral por acceso de galería en primer nivel

Fuente: Figura 7, estructura de cubierta, archivo de la autora, Figuras 8 y 9, materialidad interior atrio, archivos de la autora. Esquema y cálculos: Elaboración propia en base a información de Revista CA "Catálogo IV Bienal", nº 35 año 1983, pp. 88-89. y visitas a terreno de la autora.

EDIFICIO LA MERCED

Planimetría General: Cortes y Elevaciones

FICHA N° 27d

ORIENTACIÓN AZIMUT 0°

Corte A-A'

Atrio en corte

0 10

Corte Perspectivado B-B'

Atrio en corte

0 10

Fuente: Corte A-A' y Corte Perspectivado B-B' en Revista CA "Catalogo IV Bienal", n° 35 año 1983, pp. 88-89.

2.5. Conclusiones parciales capítulo 2.

Se pueden concluir que los edificios en altura más destacados por su atrio, se encontraron ubicados en las comunas de mayor ingreso de la ciudad, a saber: Santiago (centro metropolitano principal); Providencia (sub centro metropolitano principal); Vitacura y Las Condes (continuación del corredor oriente - poniente de la ciudad) hacia el oriente, y, en un polígono unifuncional llamado Ciudad Empresarial (comuna periférica de Huechuraba junto a la circunvalación Americo Vespucio).

Se llegó a obtener dentro del período en estudio, 1982 -2010, 27 edificios que incorporaron un atrio, todos sistematizados en una ficha construida especialmente cuyo diseño propio tuvo las ventajas de registros rápidos y claramente individualizados para cada uno de los datos relevantes, los que fueron actualizándose durante la investigación. La información se ordenó de manera estandarizada bajo la clasificación de Saxon (1983).

La identificación de las cavidades de los atrios en los esquemas de las dimensiones generales con diversas escalas gráficas -dadas las limitaciones de tamaño de la ficha- no dificultó el trabajo de análisis necesario en este capítulo orientado principalmente al reconocimiento general de las proporciones.

El manejo de una de tabla resumen de los datos incorporados en las fichas, contribuyó a la rápida identificación de la materialidad del espacio atrio y aspectos ambientales que en el siguiente capítulo fue el material base para el análisis de los aspectos constructivos.

**CAPÍTULO 3. TIPOLOGÍA DE ATRIOS,
VARIABLES DE CARACTERIZACIÓN Y MODELOS BASE DE ESTUDIO.**

3.1. Introducción.

En este capítulo, los diversos antecedentes del inventario para los 27 edificios, fueron analizados conforme a las variables recabadas y teniendo presente, aquellos inventarios e investigaciones que informaron con extensas publicaciones, sobre edificios similares en diferentes latitudes. Saxon (1983, 1986 y 1993), Bernard (1986); Yoshino, H.; Ito, K.; Aozasa, K. (1995); Chow; Wong, (1999).

La síntesis se realizó, desde lo general a lo particular. Primero en una lectura gráfica de los edificios que fueron ordenados en 6 grupos, según la clasificación Saxon. Para cada edificio se analizó, la ubicación en la ciudad y los sectores con mayor presencia de cada tipo, intentando explorar las posibles razones de esa concentración; desde esta mirada urbana se analizó la orientación, lo que llevó directamente a la cavidad interior del atrio. Más adelante se individualizó el uso y en cada caso y qué tipo de servicios se prestaban; si bien, todos los edificios de la muestra, fueron seleccionados como aquellos de servicios, orientados al uso público, que en algunos casos incluso resultaron con afluencia de público masivo, esto varió en muchos de ellos de acuerdo con la localización.

A partir de las características generales de cada edificio, se analizó la configuración del atrio según las dimensiones; lo que permitió, caracterizar la cavidad interior según la planta y sección, junto a las superficie y volumen. Esta información fue incorporada en una planilla de resumen, que además incluyó, las superficies vidriadas en cubiertas y fachadas, de acuerdo con la orientación geográfica. Además fueron identificados los aspectos de la estructura de las cubiertas y los materiales.

Finalmente se evaluó aquellos aspectos geométrico presentes en la morfología de cada una de las cavidades del atrio según la relación de sus dimensiones, estos se refieren al aspecto en planta, PAR¹, aspecto en corte, SAR²; Bednar (1986) y WI³ el aspecto del espacio que conforma el atrio Liu, (1991).

3.2. Síntesis gráfica del inventario y de los principales parámetros del los edificios.

Se desarrollo la síntesis para los efectos de apoyar al análisis de cada caso, en una estructura desde la ubicación y el emplazamiento de los edificios.

1. PAR: Plain Aspect Ratio.
2. SAR: Section Aspect Ratio.
3. WI: Well Index.

ATRIOS DE CUATRO CARAS				
	Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
CENTRO DE EXTENSIÓN Y BIBLIOTECA CENTRAL UDP Mathias Klotz y Asociados	Educación	N. Oriente - N. Poniente	Rectangular	350°
1				Atrio en Planta
EDIFICIO AIEP BARRIO UNIVERSITARIO Schmidt Arquitectos Asociados	Educación	N - Oriente	Rectangular	348,7°
7				Atrio en Planta
CAMPUS UNAB AIEP SEDE BELLAVISTA Schmidt Arquitectos Asociados	Educación	N - Poniente	Cuadrilatero Irregular	342°
5				Atrio en Planta
CENTRO CULTURAL PALACIO LA MONEDA Undurraga Devés Arquitectos	Centro Cultural	N. Oriente - N. Poniente	Rectangular	355°
10				Atrio en Planta

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m ²)	(m ³)	(m ²)	Cantidad	(m ²)
20	10,5	18,5	210	3.885	0	0	215
<p>Corte A-A</p> <p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>		
6,5	5,5	19	36	2.327	0	0	96
<p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>		
Irregular	Irregular	18	135	2.430	0	0	135
<p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>		
48	24	15	1.152	17.280	0	0	687
<p>Corte</p> <p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>

ATRIOS DE CUATRO CARAS				
	Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
EDIFICIO GASCO Luis Izquierdo, Antonia Lemann, Hernán Rodríguez	Oficinas	Sur - Oriente	Rectangular	354°
21
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN UTEM Vicente Justiniano, Jorge Meyer	Educación	Sur - Poniente	Rectangular	354°
22
EDIFICIO KOVACEVIC I. U. CENTRAL Arquitecto	Educación	N. Poniente	Rectangular	346,7°
25
EDIFICIO LA MERCED Mario Pérez de Arce Arquitectos	Oficinas	N - Poniente	Cuadrado	0°
27

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m ²)	(m ³)	(m ²)	Cantidad	(m ²)
30,8	11,1	10,2	340	3.922	0	0	85

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
15	12	12	180	2.160	0	0	35

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
37,1	10,9	19,5	404	3.885	0	0	364

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
15,5	15,5	30	240	7.208	0	0	199

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones

ATRIOS DE TRES CARAS				
	Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
UNIVERSIDAD SAN SEBASTIAN CAMPUS BELLAVISTA Boza Arquitectos	Educación	Sur -Oriente	Irregular	350°
6
EDIFICIO LOS PRESIDENTES U. DE CHILE H. Ellash, J. Marsino, C. Santander	Educación	Sur Poniente	Rectangular	262°
9
EDIFICIO K UNIVERSIDAD LAS AMERICAS Ellash + Moreno Arquitectos	Educación	Sur Poniente	Rectangular	73°
15
EDIFICIO VICENTE KOVACEVIC II U. CENTRAL Marsino Arquitectos Asociados	Educación	N - Oriente	Rectangular	75°
16

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m²)	(m³)	(m²)	Cantidad	(m²)
Irregular	Irregular	23,6	669	14.791	175	1	S/I

----- Atrio en Corte

Dimensiones Generales del Atrio

Acceso y circulaciones

8,85	7,65	18,5	66	1.252,5	133	1	70
------	------	------	----	---------	-----	---	----

----- Atrio en Corte

Dimensiones Generales del Atrio

Acceso y circulaciones

20	10	21	200	4.200	168	1	208
----	----	----	-----	-------	-----	---	-----

----- Atrio en Corte

Dimensiones Generales del Atrio

Acceso y circulaciones

32	24	24	768	18.432	433	1	64
----	----	----	-----	--------	-----	---	----

----- Atrio en Corte

Dimensiones Generales del Atrio

Acceso y circulaciones

	ATRIOS DE TRES CARAS			
		Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
CENTRO DE LA CONSTRUCCION DUOC - UC Sabbag Arquitectos	18	Educación	Sur Poniente	Rectangular	260°

EDIFICIO DOCE JUZGADOS DE SANTIAGO Enrique Browne y Asociados Arquitectos	24	Judicial	N. Oriente	Irregular	64°

HOTEL HYATT REGENCY Alemparte Barreda Arquitectos y Asociados	26	Hotel	Sur - Poniente	Circular	240°

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m ²)	(m ³)	(m ²)	Cantidad	(m ²)
18,5	11,5	18	213	3.830	313	1	579

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
Irregular	Irregular	23,6	154	4.150	2.157	1	178

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
10,5	10,5	100	252	25.026	1.172	1	1.279

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		

<div> </div> <div>ATRIOS DE DOS CARAS</div>				
	Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
<div>EDIFICIO VANGUARDIA</div> <div>Gonzalo Mardones</div> <div>8</div>	Oficinas	N - Poniente	Irregular	339°
	<div>Emplazamiento</div>	<div>Orientación del Atrio en Plan-</div>	
<div>DUOC UC SEDE PLAZA VESPUCIO</div> <div>Sabbagh Arquitectos</div> <div>17</div>	Educación	Sur - Poniente	Irregular	97°
	<div>Emplazamiento</div>	<div>Orientación del Atrio en Plan-</div>	
<div>EDIFICIO ATRIUM</div> <div>Alemparte Barreda Arquitectos y Asociados</div> <div>20</div>	Oficinas	Sur - Poniente	Irregular	194,5°
	<div>Emplazamiento</div>	<div>Orientación del Atrio en Plan-</div>	

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m²)	(m³)	(m²)	Cantidad	(m²)
Irregular	Irregular	19	202	2.327	206	1	23

----- Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
Irregular	Irregular	10,3	164	1.685	305	2	164

----- Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
Irregular	Irregular	27	173	4.427	773	2	17

----- Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones

ATRIOS DE UNA CARA				
Destino		Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
Educación		Sur - Poniente	Rectangular	194°
FACULTAD DE COMUNICACIÓN Y DISEÑO U. MAYOR Ramón Delplano Pérez-Canto, Falconery Oliveros
	11	Emplazamiento	Orientación del Atrio en Plan-	
Consistorial		N - Poniente	Polígono Irregular	83°
CENTRO CÍVICO MUNICIPALIDAD DE VITACURA Iglesias Prat Arquitectos
	13	Emplazamiento	Atrio en Planta	
Comunicación		Sur - Poniente	Semicírculo irregular	225°
EDIFICIO TVN Gubbins Arquitectos
	14	Emplazamiento	Atrio en Planta	

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vi- driada
Largo	Ancho	Alto	(m ²)	(m ³)	(m ²)	Cantidad	(m ²)
57	11	20	627	12.540	542	1	627

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
Irregular	Irregular	11	384	4.725	542	1	627

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
Irregular	Irregular	12,8	316	10.400	806	1	0

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		

		ATRIOS LINEALES			
		Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
CENTRO CÍVICO Y CULTURAL DE EL BOSQUE ARQDESIGN Arquitectos Consultores		Centro Cultural	N - Poniente	Rectangular	289°
	2
EDIFICIO TRANSCOCEANICA + Arquitectos		Oficinas	N - Poniente	Irregular	340°
	3
CLÍNICA DEL DESARROLLO Victor Lobos Arquitectos Asociados		Salud y Educación	Poniente	Rectangular	270°
	4
EDIFICIO SONDA Enrique Browne y Asociados		Oficinas	N - Poniente	Rectangular	355°
	12

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m ²)	(m ³)	(m ²)	Cantidad	(m ²)
29,3	8,3	10,3	244	2.243	45	2	172

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
31,6	17,5	12	497	5.572	530	2	189

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
29	8	18,5	232	4.292	371	3	274

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
36,9	8,5	35,9	314	12.336	664	2	402

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		

<div>TALLERES PROLAM</div> <div>Del Río Arquitectos</div>		ATRIOS LINEALES			
		Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
19	Oficinas	Nor - Poniente	Irregular	333°	<div> <div> <div> </div></div></div>
23	Educación	N Poniente - Sur Oriente	Rectangular	321°	
					<div> <div> <div> </div></div></div>

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vi- driada
Largo	Ancho	Alto	(m²)	(m³)	(m²)	Cantidad	(m²)
Irregular	Irregular	10	168	1.649	77	2	145

..... Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
32	14	14,6	448	6.541	371	3	274

..... Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		

3.3. Localización de los edificio, y relación con una trama urbana específica.

El primer edificio que incorporó un atrio en el interior, fue localizado en el centro histórico de la ciudad, desde ahí, el 18,5% de la muestra, 5 edificios; fueron localizados en un radio de 2 Km. de distancia a la Plaza de Armas, hito urbano fundacional, fijado para los efectos de referencia que además, permitieron identificar el primer gran centro comercial, administrativo y de servicios de la ciudad de Santiago.

Figura 2.10: Ubicación de los edificio en el plano de Santiago, incluye limites de cada comuna.

Luego ampliando el radio a 4 km. fue encontrado el 44,5% de la muestra, correspondiente a 12 edificios; por lo tanto, la mayoría de los edificios atrio, es decir, el 63% fueron vinculados al antiguo centro de la ciudad de Santiago. Por ejemplo, el edificio La Merced, fue primero que incorporó un atrio de 4 caras, en una planta cuadrada, (ver ficha 27). Se ubicó, junto a los jardines del claustro de la Basílica, del mismo nombre; fue el caso más antiguo informado en el inventario y data del año 1982. Ubicado a 350 m. de la plaza de Armas y a otros 250 m. del hito fundacional de la ciudad, el entonces Cerro Huelén, hoy Santa Lucía. Respecto este primer edificio que incorporó un atrio de 4 caras, en el sector céntrico proliferaron en los años posteriores, otros edificios atrios de diversas configuraciones, el más reciente fue el Centro de Extensión y Biblioteca Central, de la Universidad Diego Portales (ver ficha 1). Sin embargo, es necesario destacar que los 8 atrios de 4 caras del inventario (identificados con puntos rojos, en la figura XX) se emplazaron en el sector céntrico e histórico de la ciudad, donde la trama urbana es muy densa con predios de reducido frente y extensa profundidad, que ha tenido hasta hoy exigencia de máxima ocupación de suelo y fachada continua; por lo cual, se puede asociar este clásico tipo de atrio a una búsqueda de iluminación natural cenital, como única opción vertical para apoyar y generar un mayor efecto luminoso en los espacios interiores.

Figura 2.11: Ubicación de los edificio con atrios de cuatro caras en la comuna de Santiago.

En el mismo sector fundacional, se encontraron varios edificios que incorporaron un atrio de 3 caras, que fueron identificados con un punto verde en la figura 2.12, correspondientes a 6 de los 7 casos del inventario. Respecto la localización, el más distante a la plaza de Armas se ubicó a 4 km. y fue al edificio K, perteneciente a un establecimiento de educación superior. Así también sucedió, con otros 5 edificios con un atrio de 3 caras, localizados predominantemente en el entorno al centro histórico de la ciudad; todos fueron destinados a servicios de educación superior, entre los que destacaron dentro del total, aquellos que incorporaron atrios de grandes dimensiones, cuyo volumen interior fue desde 18.400 m³ en el caso del edificio Kovacevic a 14.800 m³ (ver ficha 16).

En estos 6 atrios, la fachada vidriada se resolvió de acuerdo con dos características principales, la primera fue el emplazamiento, ya que estuvieron vinculadas al ingreso del edificio y en el segundo caso fueron totalmente volcadas hacia el interior del terreno. En general las aberturas al cenit fueron controladas, buscando iluminación natural a través de diversos lucernarios con una combinación, de llenos y vacíos donde finalmente predominó el lleno.

Figura 2.12: Ubicación de los edificios con atrios de tres caras, más un caso lineal y otro de una cara, próximos al centro histórico de la ciudad de Santiago.

El séptimo edificio atrio de 3 caras del inventario, fue el hotel de la cadena Hyatts (ver ficha 26). Ubicado en el sector oriente, junto a un nodo vial de gran confluencia vehicular, su elevada altura en un entorno de grandes aperturas visuales lo transforma en un hito que marca la cercanía de un consolidado centro comercial y de servicios del sector¹. En este edificio, el emplazamiento orientado al sur poniente fue dominante en determinar la ubicación del ingreso en la fachada vidriada que la recorre verticalmente y envuelve a su vez totalmente la apertura al cenit del atrio. Cabe destacar, que fue el segundo edificio construido en la ciudad que incorporó un atrio en el año 1986. Más tarde en los años 90, en el mismo sector se construyó el edificio de oficinas Atrium (ver ficha 20), este incorporó un atrio de 2 caras, cuya apertura visual se vuelca a una importante avenida, donde además se incorporó el ingreso. Recientemente se emplazó, en la ribera norte del río Mapocho, el edificio Transoceánica (ver ficha 2) uno de los edificios más innovadores en la tecnología utilizada, y muy próximo aguas abajo, en el borde sur se emplazó el edificio consistorial de la comuna de Vitacura (ver ficha 13).

Se detectó cierta tendencia, en la localización de varios edificios atrios próximos a ~~micro~~ centros comerciales y administrativos. También casos de edificios emplazados en una reciente urbanización, de fines de los años 90, llamada ciudad empresarial; al norte de la ciudad, donde se emplazó desde los orígenes, el edificio Prolam (ver ficha 23) y más adelante el edificio Vanguardia (ver ficha 8).

Figura 2.13: Ubicación de los edificio, próximos a los micro centros de Ciudad Empresarial, en el sector no oriente y Parque Arauco, en el sector oriente de la ciudad de Santiago.

Fuera de este micro centro pero vecino, se ubico una de las sedes de la Universidad Mayor, próxima al sector Bosque de Santiago (ver ficha 11). En el sector oriente estos 7 edificios aportaron un nuevo 26% de edificios del inventario, cabe destacar que todos ellos fueron construidos en una extensión de fuerte crecimiento urbano durante los años 70 en modelo de planificación de ciudad jardín, por lo tanto los predios son de mayores dimensiones de los tradicionales vistos anteriormente y con ocupación de suelo de la edificación del 40% del total de la superficie y exigencia de construcción aislada.

En el otro extremo de la ciudad, al sur, se localizaron algunos edificios, próximos a uno de los micro centros que sirve a comunas de alta densidad; específicamente en la Comuna de La Florida, muy próximo al epicentro comercial se ubicó el edificio que albergó el atrio del Centro de Formación Técnica DUOC (ver ficha 17) y a solo 3,5 Km. se ubicó la Clínica de la Salud de la Universidad del Desarrollo (ver ficha 4). Un caso excepcional y se puede sugerir, solo producto de una buena decisión consistorial, fue el edificio para el Centro Cultural el Bosque (ver ficha 3), ubicado en un sector de baja densidad y principalmente residencial.

Los 3 edificios atrios ubicados en el sector sur de la ciudad completaron el 11% restante de la muestra.

Figura 2.14: Ubicación de los edificio atrios en el sector Sur de la ciudad de Santiago.

3.3.1. Las invariantes en el emplazamiento de los edificios atrios en la trama urbana.

En el caso de los atrios de 4 caras, se detectaron algunas características dominantes e invariables; respecto al emplazamiento, todos los edificios que incorporaron este tipo de atrio, fueron localizados en el centro histórico de la ciudad de Santiago. Es en ésta, la zona fundacional de la ciudad, donde el trazado urbano es totalmente ortogonal y los predios actuales se los puede identificar por frentes más angostos que profundos, de alta constructibilidad. Se trata por lo tanto de un sector de alta densidad, con gran concentración de edificaciones destinadas a servicios.

Los atrios de 4 caras incorporados en los edificios, fueron utilizados para el ingreso de iluminación natural al interior de los edificios y permitiendo el vínculo visual con el entorno próximo y al exterior. En esta zona fundacional, existen 5 atrios de 3 caras que además de captar iluminación natural desde el cenit, lo hacen lateralmente a través de una abertura lateral, que habitualmente además de llevar gran cantidad de iluminación natural al interior del edificio ofrece vistas, generalmente al entorno próximo y controlado al mismo edificio.

Todos estos atrios correspondieron a formas rectilíneas, y se los ubicó, en un entorno de hasta 1,5 Km. de la Plaza de Armas de la ciudad. La orientación de cada edificio estuvo condicionada por el leve giro que tiene la trama urbana en 10° al nor poniente, de tal modo que todos están orientados entre 0° y 350° . De esta manera, resulta evidente que los atrios fueron diseñados bajo las directrices de la manzana ortogonal y específicamente de los predios trazados en el interior de estas, donde rige la normativa de ocupación de suelo del cien por ciento y alturas homogéneas.

Por estos motivos, es invariable en el caso de los atrios regulares y de planta rectangular que generalmente corresponden a tipos de 4 y 3 caras, y salvo pocas excepciones, todos son estrictamente ortogonales. Como se presentó, en el primer atrio construido en Santiago, del edificio La Merced de planta cuadrada. Otros casos excepcionales y de baja presencia en el inventario correspondieron a plantas regulares de configuraciones puras al círculo. En ambos casos la cavidad del atrio fue volumétricamente regular.

Finalmente los atrios irregulares, son todos de una o dos caras y de geometría poligonal, estos atrios se conectan, por lo general, a una arista del volumen de la envolvente. Fueron localizados en los sectores de extensión de la ciudad, donde la planificación urbana favoreció la edificación aislada y la altura según coeficiente de constructibilidad.

3.3.2. Orientación de los atrios:

En el caso de los atrios de 4 lados, ocho en total, todos se encuentran incorporados en edificios localizados en el centro histórico de la ciudad u tienen orientación nor - poniente. Luego resultó difícil en el caso de los otros tipos de atrios, establecer una tendencia clara, si bien se adoptó el criterio de adscribir la orientación del atrio, según la, o las, fachadas vidriadas exteriores, esto no facilitó el resultado final.

Si se puede decir que la diversidad de orientaciones permitió indicar que la relación al nor - poniente, se agruparon 5 casos completando 13 atrios en la orientación señalada. Así fue como en relación, al Sur - Poniente se identificaron 7 casos, al Nor - Oriente 3 más. Los 4 atrios restantes al Sur - Oriente; de ellos 3 al Poniente y 1 Sur. En el caso de los 6 atrios lineales, se adoptó la orientación en relación al norte.

Distribución de los atrios según orientación.				
Nor - Poniente	Sur - Poniente	Nor - Poniente	Sur - Poniente	Poniente
13	7	3	3	1

Tabla 2.1. Distribución de los atrios según orientación

3.4. Destino y uso de los edificios seleccionados.

Los edificios de servicios que incorporaron un atrio en el período estudiado, entre los años 1982 y 2010, corresponden a diferentes destinos de uso. De ellos, el mayor porcentaje, 52% lo componen establecimientos de educación superior universitaria y algunos de formación técnico profesional; el 30% del universo, están destinados a uso de oficinas. Según tabla 2.2, se encuentran también, algunos casos propios del uso masivo como centros culturales y finalmente casos aislados de intensa atención a público.

Distribución de los atrios según uso					
Educación Superior	Oficinas	Consistorial	Hotel	Centro Cultural	Judicial
14	8	1	1	2	1

Tabla 2.2. Distribución de los atrios según uso.

3.5. Configuración de la cavidad del atrio:

Se utilizaron formas elementales para identificar y agrupar, las diferentes configuraciones los atrios analizados en las fichas del inventario. La primera configuración de la forma se identificó con una sencilla y elemental categorización de los atrios, tales fueran, regulares o irregulares, entre las que se registraron 19 atrios y 8 respectivamente. La distribución de los edificios en cada grupo, se realizó como se indica en la siguiente tabla:

Configuración de los atrios de Santiago			
REGULARES			IRREGULARES
Rectangular	Cuadrado	Circular	Poligonal

16	1	2	8

Tabla 2.3. Configuración de los atrios de Santiago en el inventario.

Aquellos con mayor presencia en el inventario fueron de configuración regular, de planta rectangular, con cavidad del atrio totalmente ortogonal en sus muros y sin variaciones hasta la cubierta. Otro grupo importante aunque en inferior número el anterior correspondió a la de forma irregular, compuesto por 8 edificios de planta poligonal y diferentes cavidades del atrio algunos ortogonales en sus muros y sin variaciones hasta la cubierta y otros con muros irregulares también con diferentes aplomados.

Se observó además, que en los atrios regulares se puede asociar una tensión predominante del espacio, en aquellos rectangulares corresponde una tensión horizontal, a diferencia en aquellos de planta cuadrada o circular donde fue vertical; ya que, domina el alto sobre el ancho. Esta simple asociación, no es sencilla de realizar en el caso de los atrios irregulares, y se requiere analizar cada situación en particular.

3.6. Materiales.

- Muros:

Debido a la condición de país sísmico, en Chile todas las estructuras para los edificios corresponden a hormigón armado y perfiles de acero laminado, de acuerdo a los distintos casos varían a la terminación interior de muros y paramentos verticales, los distintos materiales utilizados presentan diferentes reflectividades específicas que determinan un factor importante en la condición lumínica del atrio,

Figura 2.15: Petron de reflectividades de según variación del brillo luminoso..

En esta clasificación se agrupan los atrios de acuerdo a la componente predominante en las fachadas que conforman el espacio, se identifican cinco:

Fachada vidriada

Balcones opacos, hormigón estucado y pintado

Balcones traslúcidos

Muro con ventanas interior

Vidrio exterior

Con esta reseña se indican algunas características de estas componentes, también se aplicó el criterio de agrupación, y se consideró que pertenecían a una tipología cuando superó el 50% de las caras del atrio o el porcentaje es proporcionalmente superior a los demás componentes siendo una condición relevante en términos espaciales y lumínicos.

Las Fachadas vidriadas interiores se conforman como una cara plana, muro cortina o estructura de perfiles tubulares de acero laminado y vidrio laminado, estas grandes superficies vidriadas, captan la iluminación disponible en el atrio entregándola a los los recintos circundantes

Otra de las configuraciones predominantes son las fachadas abalconadas en el atrio, que quedan en una situación intermedia entre el espacio atrio y un recinto colindante

Se presentan en dos tipologías, el balcón opaco donde se tiene una cara exterior, generalmente es una viga de hormigón armado con altura de pasamanos, terminación con estuco y pintura de color según cada caso, (con un rango de reflectividad entre el café y el blanco satinado) están también los balcones traslúcidos En los que se utilizan barandas de vidrio laminado o perfiles de acero con un grado de transparencia dependiendo de la cantidad de material.

Muro con ventanas interiores, el atrio se compone en su mayor parte por muro con ventanas que corresponden a recintos independientes que reciben iluminación desde el atrio.

Se dan casos de atrios constituidos por muros de hormigón a la vista o revestimiento,

Están documentadas en el estudio otras situaciones donde el componente espacial más relevante fueron los grandes paños de vidrio que limita a con el exterior, esto define una condición de exposición a la iluminación natural de forma directa o difusa.

- Pisos.

La condición material del uso determina la utilización de revestimientos de piso de alto tráfico, el material utilizado principalmente en estos espacios atrio fue el porcelanato que comenzó a utilizarse de forma masiva en el país, a fines de la década de los 90.

El porcelanato o porcelanato gres corresponde a un producto cerámico declarado por la norma ISO 13006/NBR13818 para su especificación y suele destinárselo a pavimentos en losas y revestimientos en muros.

3.6.1. Estructura de techumbre y cubierta del atrio en cada edificio.

Superficie de muros	Terminaciones y Revestimientos	Edificio
Vidrio interior	Vidrio laminado - perfiles de acero - hormigón	Centro de Extensión y Biblioteca Central Aiep Barrio Universitario
	Hormigón revoque a grano perdido Revestimiento Hormigón	UDP Centro Cultural Palacio La Moneda Facultad De Ciencias De La Construcción UTEM
Balcones opacos hormigón estucado y pintado	Revestimiento madera	Talleres Prolam Doce Juzgados De Santiago
	Color: blanco café amarillo café arena	Hotel Hyatt Regency Chile Edificio Vicente Kovacevic I. U. Central Edificio La Merced Unab / Aiep Sede Bellavista
Balcones traslúcidos	Vidrio laminado - perfiles de acero - hormigón	Edificio Gasco U. San Sebastián Sede Bellavista Los Presidentes E. Derecho U. De Chile Edificio Vicente Kovacevic II. U. Central Centro De La Construcción Duoc UC Edificio Sonda
Muro con ventanas interior	Vidrio laminado - perfiles de acero - hormigón	Centro Cívico y Cultural de El Bosque Edificio Vanguardia. Edificio Atrium K Universidad Las Américas
Vidrio exterior	Vidrio laminado /perfiles acero Hormigón a la vista / vidrio laminado	Duoc U.C. Sede Plaza Vespucio. Facultad de Comunicación y Diseño U. Mayor Edificio TVN Centro Cívico Municipalidad de Vitacura Edificio Transoceánica E. Aulas FACEA Universidad De Chile

Tabla 2.4: Configuraciones de terminaciones y revestimientos de muros en los atrios.

3.6.1. Estructura de techumbre y cubierta del atrio en cada edificio.

Estructura de cubierta	Tipo de cubierta	Edificio
Vigas de hormigón armado	Vidrio laminado	Centro Cultural Palacio La Moneda Edificio Transoceánica
Vigas Perfiles de acero laminado	Vidrio laminado	Centro de Extensión y Biblioteca Central UDP Duoc U.C. Sede Plaza Vespucio. Edificio Vanguardia. Talleres Prolam Centro Cívico Municipalidad de Vitacura Clínica de Salud. Universidad Del Desarrollo
	Policarbonato alveolar	Los Presidentes E. Derecho U. De Chile K Universidad Las Américas Aiep Barrio Universitario Unab / Aiep Sede Bellavista
Vigas de madera laminada	Vidrio	Centro De La Construcción Duoc Uc Facultad De Ciencias De La Construcción UTEM
	Policarbonato alveolar	Edificio Aulas FACEA Universidad De Chile
Vigas reticulares	Vidrio	Edificio Sonda Edificio La Merced Edificio Gasco Hotel Hyatt Regency Chile Edificio U. San Sebastián Sede Bellavista Edificio Vicente Kovacevic II. U. Central
	Policarbonato alveolar	Vicente Kovacevic I. U. Central Doce Juzgados De Santiago Centro Cívico y Cultural de El Bosque

Tabla 2.5: Clasificación y dimensión de los atrios.

3.7. Dimensiones generales.

A partir de cada una de las 5 clasificaciones del atrio, las dimensiones obtenidas desde las fichas, fueron ordenadas, de acuerdo a la tabla 2.4. “Dimensiones promedios 27 atrios”; según, largo (l), ancho (a) y alto (h) de piso a cubierta, determinando la superficie y el volumen interior.

De los antecedentes del inventario, se excluyó aquellos atrios que debido a su geometría compleja, son difíciles de mensurar en el largo, ancho y alto; estos fueron los de plantas irregulares, correspondientes a 8 casos; por lo tanto, la siguiente tabla se completó para 19 de los casos inventariados completos, y, los antecedentes de los atrios irregulares, solo fueron considerados en las superficies y los volúmenes. Por lo cual, se buscó identificar los edificios del inventario de acuerdo a la cavidad contenida, así, la mayor cantidad de atrios (8) fueron de la tipología de 4 lados y correspondieron al 30% de la muestra; luego, el 26% fueron atrios de 3 lados (7) y el 22% atrios lineales (6). Finalmente en esta clasificación y de acuerdo a los aspectos mensurables de la cavidad del atrio, el 22% restante correspondió en partes iguales a atrios de 1 lado y 2 lados, con 3 edificios cada grupo; estos atrios según sus dimensiones de largo y ancho fueron difíciles de mensurar producto de la cavidad irregular contenida, por lo cual la superficie y el volumen fueron calculados en un programa CAD, como resultado al realizar el modelamiento tridimensional del vacío del atrio.

Dimensiones promedios 27 atrios							
ATRIO			Dimensiones (m)			Planta	Volumen
Caras	Tipo	Edificios	Largo (l)	Ancho (a)	Alto (h)	(m ²)	(m ³)
4		8	24,7	12,8	17,8	337,2	5887,1
3		7	17,9	15,8	32,7	331,7	10240,1
2		3	Irregular	Irregular	18,8	179,9	2813,0
1		3	Irregular	Irregular	14,6	442,4	9221,7
LINEAL		6	35,7	11,3	16,9	317,2	5438,8

Tabla 2.6. Dimensiones promedio de los 27 atrios.

De acuerdo con este resumen, de las dimensiones de los atrios del inventario, se encontró similitud entre las superficies de los atrios de cuatro caras, tres caras y el tipo lineal, resultando tamaños desde 317 a 337 m². Sin embargo, en el gráfico 2.1, siguiente de relación entre superficies de plantas y volumen para cada atrio, las variaciones de dimensiones fueron diversas. Así como la cavidad del atrio indicó volúmenes entre 5.400 y 5.800 m³, en el caso de los atrios de 4 caras y lineales.

Por ejemplo, en el caso de atrios de 4 caras, las superficies variaron entre 404 m² y 36 m². Para el caso de los atrios de 3 caras, la variación fue desde 669 hasta 66 m² y para los atrios lineales estas diferencias fueron mas moderadas, desde 198 a 497 m². Diferentes relaciones entre planta y volumen, se encontraron y se ejemplificaron en el gráfico de relación en donde se grafico la planta y volumen de cada uno de los atrios del inventario. Se encontró un rango de variación de volumen de 10.000 m³ y de superficie en planta en torno a 500 m². Se apreció en este gráfico la distorsión que causan los grandes espacios atrios, especialmente el atrio del Hotel Hyatts con 25.026 m³. Esto sucedió para el caso de los atrios de 1 cara, un grupo integrado por casos de mayor tamaño, resultando esta clasificación con volúmenes de cavidades de dimensiones muy por sobre el promedio estándar y que constituyen una excepción en la muestra.

Esto se puede apreciar en el Gráfico 2.1, de relación planta y volumen que se mostró una correlación muy baja que indica como los atrios más compacto entre 500 m² en planta y 6.000 m³ de volumen contenido en el espacio interior, ofrecen un rango de dimensión posible de interpretar un modelo.

Se puede plantear, una explicación para estos casos de dimensiones excepcionales y es la ubicación dentro de la ciudad, ya que, fueron atrios incorporados en edificios emplazados a mayor distancia del centro histórico de la ciudad, es decir, donde la subdivisión de los predios fue mayor, favoreciendo la edificación aislada. Muy distinto de los tipos de atrios de cuatro y tres lados, que habitualmente, se los encontró, dentro de la densa trama urbana del centro histórico o en sus inmediaciones y que en su conjunto suman el 56% de la muestra.

Por lo tanto, considerando los casos regulares, mensurables y habituales de estudiar, Chow y Wong (200X); Calcagni y Paroncini (2002, 2004). Por lo tanto, en adelante, se trabajó solo con 19 atrios, aquellos mensurables y posibles de asociar a configuraciones ortogonales, en los cuales fue posible aplicar los criterios habituales de estudio de la cavidad del atrio.

3.7.1. Relación de tamaño: superficie de planta y volumen.

Gráfico 2.1.: Relación de dimensiones y configuración formal de cada uno de los 27 atrios.

3.8. Aspectos geométrico del atrio según la dimensiones.

Los indicadores geométricos, PAR y SAR; Bednar (1986), aplicados en los 27 atrios inventariados en Santiago, de acuerdo a sus dimensiones, largo (l) y ancho (a) permitió una interpretación, buscando identificar los aspectos representativos de cada uno de los atrio, en cuanto estuvieran configurados de manera regular y fueran rectilíneos como se los ha analizado.

El primer aspecto consultado de los indicadores geométricos, fue (PAR) respecto la proporción de la planta del atrio, correspondiente a la razón entre largo (l) y ancho (a), conocida como, “plain aspect ratio” (PAR).

$$PAR = \frac{\text{ancho}}{\text{largo}} = \frac{a}{l}$$

El segundo aspecto fue la proporción de una sección o corte al interior del atrio, corresponde la razón entre el alto y el ancho; “section aspect ratio” (SAR).

$$SAR = \frac{\text{alto}}{\text{ancho}} = \frac{h}{a}$$

Diferentes investigaciones concluyeron que la iluminación natural, tuvo una directa relación con la configuración geométrica del atrio, Liu et al. (1991), Baker et al. (1993), Kim y Boyer (1986) incluso evaluaron e interpretaron a partir de atrios regulares y rectilíneos un número y con el explicaron el comportamiento lumínico. Una de las relaciones más habituales de encontrar fue WI, que vinculó el área de luz admitida y las superficies del atrio; es decir, $WI = \frac{1}{4} \frac{\text{alto}}{\text{largo}}$ con largo 2 largos Calcagni y Paroncini, (2004), investigaron las principales características del atrio y su influencia de las condiciones de la iluminación natural en los espacios adosados y en el primer piso, muchos de los resultados de iluminancia horizontal son aun aplicados en aquel experimento.

Finalmente de acuerdo al vacío que implica el atrio, el índice de cavidad:

$$WI = \frac{\text{alto} \times (\text{ancho} + \text{largo})}{2 \times \text{ancho} \times \text{largo}} = \frac{h \times (a + l)}{2 \times a \times l}$$

WI; relacionó el área de superficie vertical y la horizontal, del atrio, y en consecuencia combina las dimensiones involucradas en el coeficiente PAR y SAR. En la Tabla XX, se presentan las relaciones entre las dimensiones, largo, ancho y alto; que dan cuenta de la geometría del atrio.

Según, Sharples y Lash (2007), un valor elevado de WI, Así como también de SAR indican un atrio cuya cavidad o vacío es profunda, por tal motivo diferentes combinaciones de PAR y SAR (largos, anchos y altos), podrían ser usadas para dar la misma WI, y es necesario identificar cada relación de aspecto en detalle para obtener una buena interpretación del coeficiente WI²

Relación de aspecto del atrio				
Proporción		PAR	SAR	WI
Caras	Tipo	a / l	h / a	$h(a + l) / 2 * a * l$
4		0,5	1,4	1,1
3		0,9	2,1	1,9
2		Planta Irregular	Planta Irregular	Planta Irregular
1		Planta Irregular	Planta Irregular	Planta Irregular
LINEAL		0,4	1,5	1

Tabla 2.7. Síntesis de la relación de aspecto geométrico de los tipos de atrio del inventario.

Sin embargo y de acuerdo con la interpretación de los autores, se puede decir, que los atrios construidos en Santiago, coinciden con esta clasificación, en particular cuando PAR se utilizó para clasificar atrios rectilíneos; el coeficiente PAR fue entre 0,3 y 0,9, y lo constituyen atrios cuadrados, de los cuales solo hay uno en el inventario; a diferencia de la proporción de 0,4 a 0,9 correspondiente a forma rectangular, como efectivamente son los 15 atrios del tipo cuatro y tres caras de la clasificación según Tabla xx. Los coeficientes PAR menores a 0,4 corresponden a atrios lineales, como también fue el caso de los 6 atrios del inventario según la misma tabla, cuyo aspecto PAR fue 0,3.

2 Sharples, S., Lash D. 2007. Daylight in Atrium Buildings: A Critical Review. Architectural Science Review, 50:4, 301-312.

3.8.1. Aplicación de los parámetros de dimensiones y aspectos geométrico de cada atrio regular de 4 caras.

ATRIOS 4 CARAS	PAR	SAR	WI	AR	RI
	a / l	h / a	$\frac{h(a+l)}{2 \times a \times l}$	$\frac{(a \times l)}{h^2}$	$\frac{(a \times l)}{h \times (a+l)}$
Centro de Extensión y Biblioteca Central UDP	0,5	1,8	1,3	0,6	0,4
UNAB / AIEP Sede Bellavista	PLANTA IRREGULAR				
AIEP Barrio Universitario	0,8	3,5	3,2	0,1	0,2
Centro Cultural Palacio La Moneda	0,5	0,6	0,5	5,1	1,1
Edificio Gasco	0,4	0,9	0,6	3,3	0,8
Facultad de Ciencias de la Construcción UTEM	0,8	1,0	0,9	1,3	0,6
Edificio Vicente Kovacevic I U. Central	0,3	1,8	1,2	1,1	0,4
Edificio La Merced	1,0	1,9	1,9	0,3	0,3

Tabla 2.8. Aplicación de los parámetros de aspectos en atrios de 4 caras.

Como se revisó en la bibliografía PAR fue igual a 1 si el largo era igual al ancho, como es el caso de las plantas cuadradas. Luego como fue lo habitual, si el ancho resultó menor al largo, PAR fue siempre menor de 1. En el caso de SAR se obtuvo mayor a la unidad en la medida el atrio fue muy alto y a la vez bajo el ancho en planta.

El índice de la cavidad WI, tuvo alto valor, 3,5 en el caso de lados de planta pequeño y altura mayor, si esta es semejante a los lados en planta tendió a 1 y en el caso de un lado 3 veces mayor que la altura fue 0,5. En el caso del rango de aspecto AR, gran superficie del atrio y baja altura arrojó un valor de 5,1; en la situación inversa el AR fue mínimo, 0,1. En índice de la habitación estuvo relacionado con el alto, en la medida fuera mayor AR disminuyo rápidamente y si esto se relación con una pequeña superficie en planta fue 0,2

- Esquemas gráficos de las dimensiones de la cavidad en los atrios de cuatro caras.

3.8.2. Aplicación de los parámetros de dimensiones y aspectos geométrico de cada atrio regular de 3 caras.

ATRIOS 3 CARAS	PAR	SAR	WI	AR	RI
	a / l	h / a	$\frac{h(a+l)}{2 \times a \times l}$	$\frac{(a \times l)}{h^2}$	$\frac{(a \times l)}{h \times (a+l)}$
A3_F-4. Edificio U. San Sebastián Sede Bellavista	PLANTA IRREGULAR				
Edificio Los Presidentes Escuela Derecho U. De Chile	0,9	2,4	2,3	0,2	0,2
Edificio K Universidad Las Américas	0,5	2,1	1,6	0,5	0,3
Edificio Vicente Kovacevic II U. Central	0,4	1,0	0,9	1,3	0,6
Centro de la Construcción DUOC UC	0,6	1,6	1,3	0,7	0,4
Edificio Doce Juzgados de Santiago	PLANTA IRREGULAR				
Hotel Hyatt Regency Chile	PLANTA IRREGULAR				

Tabla 2.9. Aplicación de los parámetros de aspectos en atrios de 3 caras.

En estos casos PAR fue igual a 0,9 cuando el largo solo se diferencio del ancho en un metro, es decir la planta tenía un aspecto cuadrado. Un caso particular fue si el largo es el doble del ancho y semejante al alto entonces PAR fue 0,5. Además se repitió en este caso un SAR mayor a la unidad en la medida el atrio fue muy alto y a la vez reducido el ancho en planta.

El índice de la cavidad WI, fue mayor a 2 (2,3) en el caso de lados de planta pequeño y altura mayor, si esta es semejante a los lados en planta tendió a 1 y en el caso de un lado igual al alto fue 0,5. En el caso del rango de aspecto AR, pequeña superficie del atrio y alto el doble del lado resulto 0,2. En índice de la habitación RI estuvo relacionado con el alto, en la medida fuera mayor la altura AR disminuyo rápidamente y si esto se relación con una pequeña superficie en planta fue 0,2 como en el caso anterior, RI creció con una superficie de planta mayor y el alto igual a una lado.

- Esquemas gráficos de las dimensiones de la cavidad en los atrios de tres caras.

3.8.3. Aplicación de los parámetros de dimensiones y aspectos geométrico en cada atrio lineal.

ATRIOS LINEALES	PAR	SAR	WI	AR	RI
	a / l	h / a	$\frac{h (a + l)}{2 \times a \times l}$	$\frac{(a \times l)}{h^2}$	$\frac{(a \times l)}{h \times (a + l)}$
Edificio Transoceanica	PLANTA IRREGULAR				
Centro Cívico Y Cultural De El Bosque	0,3	1,2	0,8	2,3	0,6
Clínica De La Salud Universidad Del Desarrollo	0,3	2,3	1,5	0,7	0,3
Edificio Aulas FACEA Universidad De Chile	0,4	1,0	0,7	2,1	0,7
Edificio Sonda	0,2	4,2	2,6	0,2	0,2
Talleres Prolam	PLANTA IRREGULAR				

Tabla 2.7. Aplicación de los parámetros de aspectos de los atrios lineales.

En el caso de la configuración lineal PAR, según el cual el largo siempre fue mayor al ancho, todos resultaron menores a 0,5. En el caso de SAR se obtuvo siempre mayor a la unidad en la medida el atrio fue muy alto y a la vez bajo el ancho en planta.

El índice de la cavidad WI, tuvo alto valor, 2,6 solo con altura mayor y si esta fue semejante a los lados en planta tendió a 1.

En el caso del rango de aspecto del atrio AR, fue mayor a 2 cuando el ancho en planta fue de longitud semejante al alto; en la situación inversa el AR fue mínimo, 0,1. En índice de la habitación RI estuvo relacionado con el alto, entre 14,6 m y 21 m, todos resultaron menores a 0,7.

la medida fuera mayor AR disminuyo rápidamente y si esto se relación con una peque-

Esquemas graficos de las dimensiones de la cavidad en atrios lineales

3.9. Los modelos síntesis del inventario.

Se entendió un modelo como aquel capaz de contener las invariantes que mejor caracterizaron el tema en estudio y de acuerdo a los diversos aspectos analizados, a partir de la síntesis del inventario, además una de las principales características fue la forma regular y la capacidad mensurable de cada atrio.

Los atrios que tienen las características anteriormente mencionadas se encuentran identificados en la siguientes tabla:

Atrios de dimensiones regulares			
ATRIO	Dimensiones (m)		
Caras	Largo	Ancho (a)	Alto (h)
4	24,7	12,8	17,8
3	17,9	15,8	32,7
LINEAL	35,7	11,3	16,9

Tabla 2.8. Aplicación de los parámetros de aspectos de los atrios lineales.

Una tercera variable correspondió a la configuración que fue más habitual de encontrar y fue el atrio de 4 caras la clasificación de mayor ocurrencia, en los edificios diseñados en la arquitectura de Santiago.

Se puede destacar que este tipo de atrio contenido por sus caras totalmente se localizó, al interior de los apretados predios de la trama urbana del centro histórico de la ciudad, y por cierto, respondieron a la vocación de llevar iluminación natural desde la cubierta al interior del edificio, que bajo la situación de mayores fachadas adosadas a medianeros y menor frente exterior solo quedó la oportunidad de brindar mayor iluminación diurna desde la cubierta.

Si bien fue seleccionado el modelo de 4 caras, otros 2 tipos fueron recurrentes en el inventario (Tabla 2.8), de acuerdo a la clasificación según las dimensiones de los atrios, uno de ellos fue de 3 caras y otro lineal.

3.9.1. Modelo Seleccionado.

A partir del resumen en tabla Anexo 1, que contiene las dimensiones promedios de los atrios del inventario, el modelo base tendrá un volumen de 5.628 m^3 , correspondiente a un atrio rectangular de dimensiones, ancho 12,8 m, largo 24,7 m. y alto 17,8 m.

La relación de aspecto del modelo, fue $\text{PAR} = 0,57$; $\text{SAR} = 1,8$ y $\text{WI} = 1,4$.

- Razones que determinaron trabajar con el modelo de atrio de 4 caras :

1- Corresponde al atrio en esencia, ya que, es la configuración original que inició la tipología arquitectónica

2- De todas las variantes y características del atrio, fue el que mejor se adaptó a un régimen de optimizar el uso de suelo vía maximizar la densidad urbana, bajo la premisa según la cual, el territorio siempre es un bien escaso y especialmente aquel urbanizado.³

3- Debido a que intereso estudiar la problemática de la Iluminación cenital y su comportamiento atendiendo a las posibilidades tecnológicas de la realidad local y el clima.

4- Interesó investigar las soluciones tecnológicas aplicadas y aplicables en la realidad local, para dar solución al desafío arquitectónico inherente de esta tipología, cual es “abrir o perforar ” el manto protector de la cubierta de las edificaciones. Se reconoce en esto un campo poco explorado.

5- Investigar y evaluar la tipología atrio, permite evaluar su comportamiento, bajo condiciones de alta ganancia lumínica como la que brinda el cielo de Santiago, en contraste con las condiciones climáticas originales de baja radiación solar en la cual resurgió el atrio en el hemisferio Norte.

3. En una concepción teórica extrema, se puede pensar en un edificio completamente cerrado en su perímetro adosado a otras construcciones y solo abierto hacia el cielo para facilitar la ganancia lumínica.

3.10. Conclusiones parciales del capítulo 3.

- En esta tesis se investigó los edificios de uso público y de servicios, se observó que en la ciudad de Santiago, el 52% de los atrios estaban incorporados en edificios destinados a educación superior y el 36% en edificios de oficinas, finalmente el 12% fueron diversos destinos tales como, centro cultural (2), y (1) en cada uno de los siguientes usos, judicial, consistorial y hotel.

- Respecto del emplazamiento: los edificios de configuración regular se encontraron localizados en el sector de la trama urbana fundacional (modelo clásico hispano colonial en damero), sometido a la ordenanza local que uniforma altura, fachada continua, y alto índice de edificación con total cobertura del suelo, por lo cual el atrio responde, a una necesidad imperativa de llevar luz al interior del edificio. Esta fue la principal razón de evaluar el atrio de 4 caras para explorar en la habilidad de llevar iluminación natural al interior.

- Cabe destacar que los tipos de atrio en configuración regular de 4 y 3 caras, así como aquellos lineales, fueron los más frecuentes en Santiago coincidiendo esto con lo realizado por Saxon (1985), cuyo inventario internacional fue el más extenso de acuerdo a la bibliografía y de él los atrios regulares y de las mismas características de cerramiento, fueron los de mayor presencia.

- Por este motivo en este capítulo se identificó la cavidad interior, extrayéndolo desde el contenedor un atrio para facilitar la lectura de las dimensiones y proporciones de cada uno de ellos.

3.1. Introducción.

En este capítulo, los diversos antecedentes del inventario para los 27 edificios, fueron analizados conforme a las variables recabadas y teniendo presente, aquellos inventarios e investigaciones que informaron con extensas publicaciones, sobre edificios similares en diferentes latitudes. Saxon (1983, 1986 y 1993), Bernard (1986); Yoshino, H.; Ito, K.; Aozasa, K. (1995); Chow; Wong, (1999).

La síntesis se realizó, desde lo general a lo particular. Primero en una lectura gráfica de los edificios que fueron ordenados en 6 grupos, según la clasificación Saxon. Para cada edificio se analizó, la ubicación en la ciudad y los sectores con mayor presencia de cada tipo, intentando explorar las posibles razones de esa concentración; desde esta mirada urbana se analizó la orientación, lo que llevó directamente a la cavidad interior del atrio. Más adelante se individualizó el uso y en cada caso y qué tipo de servicios se prestaban; si bien, todos los edificios de la muestra, fueron seleccionados como aquellos de servicios, orientados al uso público, que en algunos casos incluso resultaron con afluencia de público masivo, esto varió en muchos de ellos de acuerdo con la localización.

A partir de las características generales de cada edificio, se analizó la configuración del atrio según las dimensiones; lo que permitió, caracterizar la cavidad interior según la planta y sección, junto a las superficie y volumen. Esta información fue incorporada en una planilla de resumen, que además incluyó, las superficies vidriadas en cubiertas y fachadas, de acuerdo con la orientación geográfica. Además fueron identificados los aspectos de la estructura de las cubiertas y los materiales.

Finalmente se evaluó aquellos aspectos geométrico presentes en la morfología de cada una de las cavidades del atrio según la relación de sus dimensiones, estos se refieren al aspecto en planta, PAR¹, aspecto en corte, SAR²; Bednar (1986) y WI³ el aspecto del espacio que conforma el atrio Liu, (1991).

3.2. Síntesis gráfica del inventario y de los principales parámetros del los edificios.

Se desarrollo la síntesis para los efectos de apoyar al análisis de cada caso, en una estructura desde la ubicación y el emplazamiento de los edificios.

1. PAR: Plain Aspect Ratio.
2. SAR: Section Aspect Ratio.
3. WI: Well Index.

ATRIOS DE CUATRO CARAS				
	Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
CENTRO DE EXTENSIÓN Y BIBLIOTECA CENTRAL UDP Mathias Klotz y Asociados	Educación	N. Oriente - N. Poniente	Rectangular	350°
1				Atrio en Planta
EDIFICIO AIEP BARRIO UNIVERSITARIO Schmidt Arquitectos Asociados	Educación	N - Oriente	Rectangular	348,7°
7				Atrio en Planta
CAMPUS UNAB AIEP SEDE BELLAVISTA Schmidt Arquitectos Asociados	Educación	N - Poniente	Cuadrilatero Irregular	342°
5				Atrio en Planta
CENTRO CULTURAL PALACIO LA MONEDA Undurraga Devés Arquitectos	Centro Cultural	N. Oriente - N. Poniente	Rectangular	355°
10				Atrio en Planta

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m ²)	(m ³)	(m ²)	Cantidad	(m ²)
20	10,5	18,5	210	3.885	0	0	215
<p>Corte A-A</p> <p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>		
6,5	5,5	19	36	2.327	0	0	96
<p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>		
Irregular	Irregular	18	135	2.430	0	0	135
<p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>		
48	24	15	1.152	17.280	0	0	687
<p>Corte</p> <p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>

ATRIOS DE CUATRO CARAS				
	Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
EDIFICIO GASCO Luis Izquierdo, Antonia Lemann, Hernán Rodríguez	Oficinas	Sur - Oriente	Rectangular	354°
21		Emplazamiento	Atrio en Planta	
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN UTEM Vicente Justiniano, Jorge Meyer	Educación	Sur - Poniente	Rectangular	354°
22		Emplazamiento	Atrio en Planta	
EDIFICIO KOVACEVIC I. U. CENTRAL Arquitecto	Educación	N. Poniente	Rectangular	346,7°
25		Emplazamiento	Atrio en Planta	
EDIFICIO LA MERCED Mario Pérez de Arce Arquitectos	Oficinas	N - Poniente	Cuadrado	0°
27		Emplazamiento	Atrio en Planta	

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m ²)	(m ³)	(m ²)	Cantidad	(m ²)
30,8	11,1	10,2	340	3.922	0	0	85
<p>Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>		
15	12	12	180	2.160	0	0	35
<p>Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>		
37,1	10,9	19,5	404	3.885	0	0	364
<p>Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>		
15,5	15,5	30	240	7.208	0	0	199
<p>Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>		<p>Acceso y circulaciones</p>

ATRIOS DE TRES CARAS				
	Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
UNIVERSIDAD SAN SEBASTIAN CAMPUS BELLAVISTA Boza Arquitectos	Educación	Sur -Oriente	Irregular	350°
6
EDIFICIO LOS PRESIDENTES U. DE CHILE H. Ellash, J. Marsino, C. Santander	Educación	Sur Poniente	Rectangular	262°
9
EDIFICIO K UNIVERSIDAD LAS AMERICAS Ellash + Moreno Arquitectos	Educación	Sur Poniente	Rectangular	73°
15
EDIFICIO VICENTE KOVACEVIC II U. CENTRAL Marsino Arquitectos Asociados	Educación	N - Oriente	Rectangular	75°
16

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m ²)	(m ³)	(m ²)	Cantidad	(m ²)
Irregular	Irregular	23,6	669	14.791	175	1	S/I
<p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>	<p>Acceso y circulaciones</p>			
8,85	7,65	18,5	66	1.252,5	133	1	70
<p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>	<p>Acceso y circulaciones</p>			
20	10	21	200	4.200	168	1	208
<p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>	<p>Acceso y circulaciones</p>			
32	24	24	768	18.432	433	1	64
<p>----- Atrio en Corte</p>			<p>Dimensiones Generales del Atrio</p>	<p>Acceso y circulaciones</p>

	ATRIOS DE TRES CARAS			
		Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
CENTRO DE LA CONSTRUCCION DUOC - UC Sabbag Arquitectos	18	Educación	Sur Poniente	Rectangular	260°

EDIFICIO DOCE JUZGADOS DE SANTIAGO Enrique Browne y Asociados Arquitectos	24	Judicial	N. Oriente	Irregular	64°

HOTEL HYATT REGENCY Alemparte Barreda Arquitectos y Asociados	26	Hotel	Sur - Poniente	Circular	240°

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m ²)	(m ³)	(m ²)	Cantidad	(m ²)
18,5	11,5	18	213	3.830	313	1	579

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
Irregular	Irregular	23,6	154	4.150	2.157	1	178

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
10,5	10,5	100	252	25.026	1.172	1	1.279

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		

<div> </div> <div>ATRIOS DE DOS CARAS</div>				
	Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
<div>EDIFICIO VANGUARDIA</div> <div>Gonzalo Mardones</div> <div>8</div>	Oficinas	N - Poniente	Irregular	339°

<div>DUOC UC SEDE PLAZA VESPUCIO</div> <div>Sabbagh Arquitectos</div> <div>17</div>	Educación	Sur - Poniente	Irregular	97°

<div>EDIFICIO ATRIUM</div> <div>Alemparte Barreda Arquitectos y Asociados</div> <div>20</div>	Oficinas	Sur - Poniente	Irregular	194,5°

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m²)	(m³)	(m²)	Cantidad	(m²)
Irregular	Irregular	19	202	2.327	206	1	23

----- Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
Irregular	Irregular	10,3	164	1.685	305	2	164

----- Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
Irregular	Irregular	27	173	4.427	773	2	17

----- Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones

ATRIOS DE UNA CARA				
Destino		Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
Educación		Sur - Poniente	Rectangular	194°
FACULTAD DE COMUNICACIÓN Y DISEÑO U. MAYOR Ramón Delplano Pérez-Canto, Falconery Oliveros
	11	Emplazamiento	Orientación del Atrio en Plan-	
Consistorial		N - Poniente	Polígono Irregular	83°
CENTRO CÍVICO MUNICIPALIDAD DE VITACURA Iglesias Prat Arquitectos
	13	Emplazamiento	Atrio en Planta	
Comunicación		Sur - Poniente	Semicírculo irregular	225°
EDIFICIO TVN Gubbins Arquitectos
	14	Emplazamiento	Atrio en Planta	

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vi- driada
Largo	Ancho	Alto	(m ²)	(m ³)	(m ²)	Cantidad	(m ²)
57	11	20	627	12.540	542	1	627

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
Irregular	Irregular	11	384	4.725	542	1	627

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
Irregular	Irregular	12,8	316	10.400	806	1	0

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		

		ATRIOS LINEALES			
		Destino	Orientación según ingreso	Forma en Planta	Acimut
CENTRO CÍVICO Y CULTURAL DE EL BOSQUE ARQDESIGN Arquitectos Consultores		Centro Cultural	N - Poniente	Rectangular	289°
	2
EDIFICIO TRANSCOCEANICA + Arquitectos		Oficinas	N - Poniente	Irregular	340°
	3
CLÍNICA DEL DESARROLLO Victor Lobos Arquitectos Asociados		Salud y Educación	Poniente	Rectangular	270°
	4
EDIFICIO SONDA Enrique Browne y Asociados		Oficinas	N - Poniente	Rectangular	355°
	12

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vidriada
Largo	Ancho	Alto	(m ²)	(m ³)	(m ²)	Cantidad	(m ²)
29,3	8,3	10,3	244	2.243	45	2	172

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
31,6	17,5	12	497	5.572	530	2	189

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
29	8	18,5	232	4.292	371	3	274

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		
36,9	8,5	35,9	314	12.336	664	2	402

Atrio en Corte			Dimensiones Generales del Atrio		Acceso y circulaciones		

ATRIOS LINEALES				
Destino		Orientación según ingreso		Acimut
Oficinas		Nor - Poniente		333°
TALLERES PROLAM Baixas Del Río Arquitectos
	19			
Educación		N Poniente - Sur Oriente		321°
EDIFICIO AULAS FACEA UNIVERSIDAD DE CHILE Juan Lund Plantat
	23			

Dimensiones (m)			Planta	Volumen	Fachadas Vidriadas Exteriores		Cubierta Vi- driada
Largo	Ancho	Alto	(m²)	(m³)	(m²)	Cantidad	(m²)
Irregular	Irregular	10	168	1.649	77	2	145

..... Atrio en Corte

Dimensiones Generales del Atrio

Acceso y circulaciones

32	14	14,6	448	6.541	371	3	274
----	----	------	-----	-------	-----	---	-----

..... Atrio en Corte

Dimensiones Generales del Atrio

Acceso y circulaciones

3.3. Localización de los edificio, y relación con una trama urbana específica.

El primer edificio que incorporó un atrio en el interior, fue localizado en el centro histórico de la ciudad, desde ahí, el 18,5% de la muestra, 5 edificios; fueron localizados en un radio de 2 Km. de distancia a la Plaza de Armas, hito urbano fundacional, fijado para los efectos de referencia que además, permitieron identificar el primer gran centro comercial, administrativo y de servicios de la ciudad de Santiago.

Figura 2.10: Ubicación de los edificio en el plano de Santiago, incluye limites de cada comuna.

Luego ampliando el radio a 4 km. fue encontrado el 44,5% de la muestra, correspondiente a 12 edificios; por lo tanto, la mayoría de los edificios atrio, es decir, el 63% fueron vinculados al antiguo centro de la ciudad de Santiago. Por ejemplo, el edificio La Merced, fue primero que incorporó un atrio de 4 caras, en una planta cuadrada, (ver ficha 27). Se ubicó, junto a los jardines del claustro de la Basílica, del mismo nombre; fue el caso más antiguo informado en el inventario y data del año 1982. Ubicado a 350 m. de la plaza de Armas y a otros 250 m. del hito fundacional de la ciudad, el entonces Cerro Huelén, hoy Santa Lucía. Respecto este primer edificio que incorporó un atrio de 4 caras, en el sector céntrico proliferaron en los años posteriores, otros edificios atrios de diversas configuraciones, el más reciente fue el Centro de Extensión y Biblioteca Central, de la Universidad Diego Portales (ver ficha 1). Sin embargo, es necesario destacar que los 8 atrios de 4 caras del inventario (identificados con puntos rojos, en la figura XX) se emplazaron en el sector céntrico e histórico de la ciudad, donde la trama urbana es muy densa con predios de reducido frente y extensa profundidad, que ha tenido hasta hoy exigencia de máxima ocupación de suelo y fachada continua; por lo cual, se puede asociar este clásico tipo de atrio a una búsqueda de iluminación natural cenital, como única opción vertical para apoyar y generar un mayor efecto luminoso en los espacios interiores.

Figura 2.11: Ubicación de los edificio con atrios de cuatro caras en la comuna de Santiago.

En el mismo sector fundacional, se encontraron varios edificios que incorporaron un atrio de 3 caras, que fueron identificados con un punto verde en la figura 2.12, correspondientes a 6 de los 7 casos del inventario. Respecto la localización, el más distante a la plaza de Armas se ubicó a 4 km. y fue al edificio K, perteneciente a un establecimiento de educación superior. Así también sucedió, con otros 5 edificios con un atrio de 3 caras, localizados predominantemente en el entorno al centro histórico de la ciudad; todos fueron destinados a servicios de educación superior, entre los que destacaron dentro del total, aquellos que incorporaron atrios de grandes dimensiones, cuyo volumen interior fue desde 18.400 m³ en el caso del edificio Kovacevic a 14.800 m³ (ver ficha 16).

En estos 6 atrios, la fachada vidriada se resolvió de acuerdo con dos características principales, la primera fue el emplazamiento, ya que estuvieron vinculadas al ingreso del edificio y en el segundo caso fueron totalmente volcadas hacia el interior del terreno. En general las aberturas al cenit fueron controladas, buscando iluminación natural a través de diversos lucernarios con una combinación, de llenos y vacíos donde finalmente predominó el lleno.

Figura 2.12: Ubicación de los edificio con atrios de tres caras, más un caso lineal y otro de una cara, próximos al centro histórico de la ciudad de Santiago.

El séptimo edificio atrio de 3 caras del inventario, fue el hotel de la cadena Hyatts (ver ficha 26). Ubicado en el sector oriente, junto a un nodo vial de gran confluencia vehicular, su elevada altura en un entorno de grandes aperturas visuales lo transforma en un hito que marca la cercanía de un consolidado centro comercial y de servicios del sector¹. En este edificio, el emplazamiento orientado al sur poniente fue dominante en determinar la ubicación del ingreso en la fachada vidriada que la recorre verticalmente y envuelve a su vez totalmente la apertura al cenit del atrio. Cabe destacar, que fue el segundo edificio construido en la ciudad que incorporó un atrio en el año 1986. Más tarde en los años 90, en el mismo sector se construyó el edificio de oficinas Atrium (ver ficha 20), este incorporó un atrio de 2 caras, cuya apertura visual se vuelca a una importante avenida, donde además se incorporo el ingreso. Recientemente se emplazó, en la ribera norte del río Mapocho, el edificio Transoceánica (ver ficha 2) uno de los edificios más innovadores en la tecnología utilizada, y muy próximo aguas abajo, en el borde sur se emplazó el edificio consistorial de la comuna de Vitacura (ver ficha 13).

Se detectó cierta tendencia, en la localización de varios edificios atrios próximos a ~~micro~~ centros comerciales y administrativos. También casos de edificios emplazados en una reciente urbanización, de fines de los años 90, llamada ciudad empresarial; al norte de la ciudad, donde se emplazó desde los orígenes, el edificio Prolam (ver ficha 23) y más adelante el edificio Vanguardia (ver ficha 8).

Figura 2.13: Ubicación de los edificio, próximos a los micro centros de Ciudad Empresarial, en el sector no oriente y Parque Arauco, en el sector oriente de la ciudad de Santiago.

Fuera de este micro centro pero vecino, se ubico una de las sedes de la Universidad Mayor, próxima al sector Bosque de Santiago (ver ficha 11). En el sector oriente estos 7 edificios aportaron un nuevo 26% de edificios del inventario, cabe destacar que todos ellos fueron construidos en una extensión de fuerte crecimiento urbano durante los años 70 en modelo de planificación de ciudad jardín, por lo tanto los predios son de mayores dimensiones de los tradicionales vistos anteriormente y con ocupación de suelo de la edificación del 40% del total de la superficie y exigencia de construcción aislada.

En el otro extremo de la ciudad, al sur, se localizaron algunos edificios, próximos a uno de los micro centros que sirve a comunas de alta densidad; específicamente en la Comuna de La Florida, muy próximo al epicentro comercial se ubicó el edificio que albergó el atrio del Centro de Formación Técnica DUOC (ver ficha 17) y a solo 3,5 Km. se ubicó la Clínica de la Salud de la Universidad del Desarrollo (ver ficha 4). Un caso excepcional y se puede sugerir, solo producto de una buena decisión consistorial, fue el edificio para el Centro Cultural el Bosque (ver ficha 3), ubicado en un sector de baja densidad y principalmente residencial.

Los 3 edificios atrios ubicados en el sector sur de la ciudad completaron el 11% restante de la muestra.

Figura 2.14: Ubicación de los edificio atrios en el sector Sur de la ciudad de Santiago.

3.3.1. Las invariantes en el emplazamiento de los edificios atrios en la trama urbana.

En el caso de los atrios de 4 caras, se detectaron algunas características dominantes e invariables; respecto al emplazamiento, todos los edificios que incorporaron este tipo de atrio, fueron localizados en el centro histórico de la ciudad de Santiago. Es en ésta, la zona fundacional de la ciudad, donde el trazado urbano es totalmente ortogonal y los predios actuales se los puede identificar por frentes más angostos que profundos, de alta constructibilidad. Se trata por lo tanto de un sector de alta densidad, con gran concentración de edificaciones destinadas a servicios.

Los atrios de 4 caras incorporados en los edificios, fueron utilizados para el ingreso de iluminación natural al interior de los edificios y permitiendo el vínculo visual con el entorno próximo y al exterior. En esta zona fundacional, existen 5 atrios de 3 caras que además de captar iluminación natural desde el cenit, lo hacen lateralmente a través de una abertura lateral, que habitualmente además de llevar gran cantidad de iluminación natural al interior del edificio ofrece vistas, generalmente al entorno próximo y controlado al mismo edificio.

Todos estos atrios correspondieron a formas rectilíneas, y se los ubicó, en un entorno de hasta 1,5 Km. de la Plaza de Armas de la ciudad. La orientación de cada edificio estuvo condicionada por el leve giro que tiene la trama urbana en 10° al nor poniente, de tal modo que todos están orientados entre 0° y 350° . De esta manera, resulta evidente que los atrios fueron diseñados bajo las directrices de la manzana ortogonal y específicamente de los predios trazados en el interior de estas, donde rige la normativa de ocupación de suelo del cien por ciento y alturas homogéneas.

Por estos motivos, es invariable en el caso de los atrios regulares y de planta rectangular que generalmente corresponden a tipos de 4 y 3 caras, y salvo pocas excepciones, todos son estrictamente ortogonales. Como se presentó, en el primer atrio construido en Santiago, del edificio La Merced de planta cuadrada. Otros casos excepcionales y de baja presencia en el inventario correspondieron a plantas regulares de configuraciones puras del círculo. En ambos casos la cavidad del atrio fue volumétricamente regular.

Finalmente los atrios irregulares, son todos de una o dos caras y de geometría poligonal, estos atrios se conectan, por lo general, a una arista del volumen de la envolvente. Fueron localizados en los sectores de extensión de la ciudad, donde la planificación urbana favoreció la edificación aislada y la altura según coeficiente de constructibilidad.

3.3.2. Orientación de los atrios:

En el caso de los atrios de 4 lados, ocho en total, todos se encuentran incorporados en edificios localizados en el centro histórico de la ciudad u tienen orientación nor - poniente. Luego resultó difícil en el caso de los otros tipos de atrios, establecer una tendencia clara, si bien se adoptó el criterio de adscribir la orientación del atrio, según la, o las, fachadas vidriadas exteriores, esto no facilitó el resultado final.

Si se puede decir que la diversidad de orientaciones permitió indicar que la relación al nor - poniente, se agruparon 5 casos completando 13 atrios en la orientación señalada. Así fue como en relación, al Sur - Poniente se identificaron 7 casos, al Nor - Oriente 3 más. Los 4 atrios restantes al Sur - Oriente; de ellos 3 al Poniente y 1 Sur. En el caso de los 6 atrios lineales, se adoptó la orientación en relación al norte.

Distribución de los atrios según orientación.				
Nor - Poniente	Sur - Poniente	Nor - Poniente	Sur - Poniente	Poniente
13	7	3	3	1

Tabla 2.1. Distribución de los atrios según orientación

3.4. Destino y uso de los edificios seleccionados.

Los edificios de servicios que incorporaron un atrio en el período estudiado, entre los años 1982 y 2010, corresponden a diferentes destinos de uso. De ellos, el mayor porcentaje, 52% lo componen establecimientos de educación superior universitaria y algunos de formación técnico profesional; el 30% del universo, están destinados a uso de oficinas. Según tabla 2.2, se encuentran también, algunos casos propios del uso masivo como centros culturales y finalmente casos aislados de intensa atención a público.

Distribución de los atrios según uso					
Educación Superior	Oficinas	Consistorial	Hotel	Centro Cultural	Judicial
14	8	1	1	2	1

Tabla 2.2. Distribución de los atrios según uso.

3.5. Configuración de la cavidad del atrio:

Se utilizaron formas elementales para identificar y agrupar, las diferentes configuraciones los atrios analizados en las fichas del inventario. La primera configuración de la forma se identificó con una sencilla y elemental categorización de los atrios, tales fueran, regulares o irregulares, entre las que se registraron 19 atrios y 8 respectivamente. La distribución de los edificios en cada grupo, se realizó como se indica en la siguiente tabla:

Configuración de los atrios de Santiago			
REGULARES			IRREGULARES
Rectangular	Cuadrado	Circular	Poligonal

16	1	2	8

Tabla 2.3. Configuración de los atrios de Santiago en el inventario.

Aquellos con mayor presencia en el inventario fueron de configuración regular, de planta rectangular, con cavidad del atrio totalmente ortogonal en sus muros y sin variaciones hasta la cubierta. Otro grupo importante aunque en inferior número el anterior correspondió a la de forma irregular, compuesto por 8 edificios de planta poligonal y diferentes cavidades del atrio algunos ortogonales en sus muros y sin variaciones hasta la cubierta y otros con muros irregulares también con diferentes aplomados.

Se observó además, que en los atrios regulares se puede asociar una tensión predominante del espacio, en aquellos rectangulares corresponde una tensión horizontal, a diferencia en aquellos de planta cuadrada o circular donde fue vertical; ya que, domina el alto sobre el ancho. Esta simple asociación, no es sencilla de realizar en el caso de los atrios irregulares, y se requiere analizar cada situación en particular.

3.6. Materiales.

- Muros:

Debido a la condición de país sísmico, en Chile todas las estructuras para los edificios corresponden a hormigón armado y perfiles de acero laminado, de acuerdo a los distintos casos varían a la terminación interior de muros y paramentos verticales, los distintos materiales utilizados presentan diferentes reflectividades específicas que determinan un factor importante en la condición lumínica del atrio,

Figura 2.15: Petron de reflectividades de según variación del brillo luminoso..

En esta clasificación se agrupan los atrios de acuerdo a la componente predominante en las fachadas que conforman el espacio, se identifican cinco:

Fachada vidriada

Balcones opacos, hormigón estucado y pintado

Balcones traslúcidos

Muro con ventanas interior

Vidrio exterior

Con esta reseña se indican algunas características de estas componentes, también se aplicó el criterio de agrupación, y se consideró que pertenecían a una tipología cuando superó el 50% de las caras del atrio o el porcentaje es proporcionalmente superior a los demás componentes siendo una condición relevante en términos espaciales y lumínicos.

Las Fachadas vidriadas interiores se conforman como una cara plana, muro cortina o estructura de perfiles tubulares de acero laminado y vidrio laminado, estas grandes superficies vidriadas, captan la iluminación disponible en el atrio entregándola a los los recintos circundantes

Otra de las configuraciones predominantes son las fachadas abalconadas en el atrio, que quedan en una situación intermedia entre el espacio atrio y un recinto colindante

Se presentan en dos tipologías, el balcón opaco donde se tiene una cara exterior, generalmente es una viga de hormigón armado con altura de pasamanos, terminación con estuco y pintura de color según cada caso, (con un rango de reflectividad entre el café y el blanco satinado) están también los balcones traslúcidos En los que se utilizan barandas de vidrio laminado o perfiles de acero con un grado de transparencia dependiendo de la cantidad de material.

Muro con ventanas interiores, el atrio se compone en su mayor parte por muro con ventanas que corresponden a recintos independientes que reciben iluminación desde el atrio.

Se dan casos de atrios constituidos por muros de hormigón a la vista o revestimiento,

Están documentadas en el estudio otras situaciones donde el componente espacial más relevante fueron los grandes paños de vidrio que limita a con el exterior, esto define una condición de exposición a la iluminación natural de forma directa o difusa.

- Pisos.

La condición material del uso determina la utilización de revestimientos de piso de alto tráfico, el material utilizado principalmente en estos espacios atrio fue el porcelanato que comenzó a utilizarse de forma masiva en el país, a fines de la década de los 90.

El porcelanato o porcelanato gres corresponde a un producto cerámico declarado por la norma ISO 13006/NBR13818 para su especificación y suele destinárselo a pavimentos en losas y revestimientos en muros.

3.6.1. Estructura de techumbre y cubierta del atrio en cada edificio.

Superficie de muros	Terminaciones y Revestimientos	Edificio
Vidrio interior	Vidrio laminado - perfiles de acero - hormigón	Centro de Extensión y Biblioteca Central Aiep Barrio Universitario
	Hormigón revoque a grano perdido Revestimiento Hormigón	UDP Centro Cultural Palacio La Moneda Facultad De Ciencias De La Construcción UTEM
Balcones opacos hormigón estucado y pintado	Revestimiento madera	Talleres Prolam
	Color: blanco café amarillo café arena	Doce Juzgados De Santiago Hotel Hyatt Regency Chile Edificio Vicente Kovacevic I. U. Central Edificio La Merced Unab / Aiep Sede Bellavista
Balcones traslúcidos	Vidrio laminado - perfiles de acero - hormigón	Edificio Gasco U. San Sebastián Sede Bellavista Los Presidentes E. Derecho U. De Chile Edificio Vicente Kovacevic II. U. Central Centro De La Construcción Duoc UC Edificio Sonda
Muro con ventanas interior	Vidrio laminado - perfiles de acero - hormigón	Centro Cívico y Cultural de El Bosque Edificio Vanguardia. Edificio Atrium K Universidad Las Américas
Vidrio exterior	Vidrio laminado /perfiles acero Hormigón a la vista / vidrio laminado	Duoc U.C. Sede Plaza Vespucio. Facultad de Comunicación y Diseño U. Mayor Edificio TVN Centro Cívico Municipalidad de Vitacura Edificio Transoceánica E. Aulas FACEA Universidad De Chile

Tabla 2.4: Configuraciones de terminaciones y revestimientos de muros en los atrios.

3.6.1. Estructura de techumbre y cubierta del atrio en cada edificio.

Estructura de cubierta	Tipo de cubierta	Edificio
Vigas de hormigón armado	Vidrio laminado	Centro Cultural Palacio La Moneda Edificio Transoceánica
Vigas Perfiles de acero laminado	Vidrio laminado	Centro de Extensión y Biblioteca Central UDP Duoc U.C. Sede Plaza Vespucio. Edificio Vanguardia. Talleres Prolam Centro Cívico Municipalidad de Vitacura Clínica de Salud. Universidad Del Desarrollo
	Policarbonato alveolar	Los Presidentes E. Derecho U. De Chile K Universidad Las Américas Aiep Barrio Universitario Unab / Aiep Sede Bellavista
Vigas de madera laminada	Vidrio	Centro De La Construcción Duoc Uc Facultad De Ciencias De La Construcción UTEM
	Policarbonato alveolar	Edificio Aulas FACEA Universidad De Chile
Vigas reticulares	Vidrio	Edificio Sonda Edificio La Merced Edificio Gasco Hotel Hyatt Regency Chile Edificio U. San Sebastián Sede Bellavista Edificio Vicente Kovacevic II. U. Central
	Policarbonato alveolar	Vicente Kovacevic I. U. Central Doce Juzgados De Santiago Centro Cívico y Cultural de El Bosque

Tabla 2.5: Clasificación y dimensión de los atrios.

3.7. Dimensiones generales.

A partir de cada una de las 5 clasificaciones del atrio, las dimensiones obtenidas desde las fichas, fueron ordenadas, de acuerdo a la tabla 2.4. “Dimensiones promedios 27 atrios”; según, largo (l), ancho (a) y alto (h) de piso a cubierta, determinando la superficie y el volumen interior.

De los antecedentes del inventario, se excluyó aquellos atrios que debido a su geometría compleja, son difíciles de mensurar en el largo, ancho y alto; estos fueron los de plantas irregulares, correspondientes a 8 casos; por lo tanto, la siguiente tabla se completó para 19 de los casos inventariados completos, y, los antecedentes de los atrios irregulares, solo fueron considerados en las superficies y los volúmenes. Por lo cual, se buscó identificar los edificios del inventario de acuerdo a la cavidad contenida, así, la mayor cantidad de atrios (8) fueron de la tipología de 4 lados y correspondieron al 30% de la muestra; luego, el 26% fueron atrios de 3 lados (7) y el 22% atrios lineales (6). Finalmente en esta clasificación y de acuerdo a los aspectos mensurables de la cavidad del atrio, el 22% restante correspondió en partes iguales a atrios de 1 lado y 2 lados, con 3 edificios cada grupo; estos atrios según sus dimensiones de largo y ancho fueron difíciles de mensurar producto de la cavidad irregular contenida, por lo cual la superficie y el volumen fueron calculados en un programa CAD, como resultado al realizar el modelamiento tridimensional del vacío del atrio.

Dimensiones promedios 27 atrios							
ATRIO			Dimensiones (m)			Planta	Volumen
Caras	Tipo	Edificios	Largo (l)	Ancho (a)	Alto (h)	(m ²)	(m ³)
4		8	24,7	12,8	17,8	337,2	5887,1
3		7	17,9	15,8	32,7	331,7	10240,1
2		3	Irregular	Irregular	18,8	179,9	2813,0
1		3	Irregular	Irregular	14,6	442,4	9221,7
LINEAL		6	35,7	11,3	16,9	317,2	5438,8

Tabla 2.6. Dimensiones promedio de los 27 atrios.

De acuerdo con este resumen, de las dimensiones de los atrios del inventario, se encontró similitud entre las superficies de los atrios de cuatro caras, tres caras y el tipo lineal, resultando tamaños desde 317 a 337 m². Sin embargo, en el gráfico 2.1, siguiente de relación entre superficies de plantas y volumen para cada atrio, las variaciones de dimensiones fueron diversas. Así como la cavidad del atrio indicó volúmenes entre 5.400 y 5.800 m³, en el caso de los atrios de 4 caras y lineales.

Por ejemplo, en el caso de atrios de 4 caras, las superficies variaron entre 404 m² y 36 m². Para el caso de los atrios de 3 caras, la variación fue desde 669 hasta 66 m² y para los atrios lineales estas diferencias fueron mas moderadas, desde 198 a 497 m². Diferentes relaciones entre planta y volumen, se encontraron y se ejemplificaron en el gráfico de relación en donde se grafico la planta y volumen de cada uno de los atrios del inventario. Se encontró un rango de variación de volumen de 10.000 m³ y de superficie en planta en torno a 500 m². Se apreció en este gráfico la distorsión que causan los grandes espacios atrios, especialmente el atrio del Hotel Hyatts con 25.026 m³. Esto sucedió para el caso de los atrios de 1 cara, un grupo integrado por casos de mayor tamaño, resultando esta clasificación con volúmenes de cavidades de dimensiones muy por sobre el promedio estándar y que constituyen una excepción en la muestra.

Esto se puede apreciar en el Gráfico 2.1, de relación planta y volumen que se mostró una correlación muy baja que indica como los atrios más compacto entre 500 m² en planta y 6.000 m³ de volumen contenido en el espacio interior, ofrecen un rango de dimensión posible de interpretar un modelo.

Se puede plantear, una explicación para estos casos de dimensiones excepcionales y es la ubicación dentro de la ciudad, ya que, fueron atrios incorporados en edificios emplazados a mayor distancia del centro histórico de la ciudad, es decir, donde la subdivisión de los predios fue mayor, favoreciendo la edificación aislada. Muy distinto de los tipos de atrios de cuatro y tres lados, que habitualmente, se los encontró, dentro de la densa trama urbana del centro histórico o en sus inmediaciones y que en su conjunto suman el 56% de la muestra.

Por lo tanto, considerando los casos regulares, mensurables y habituales de estudiar, Chow y Wong (200X); Calcagni y Paroncini (2002, 2004). Por lo tanto, en adelante, se trabajó solo con 19 atrios, aquellos mensurables y posibles de asociar a configuraciones ortogonales, en los cuales fue posible aplicar los criterios habituales de estudio de la cavidad del atrio.

3.7.1. Relación de tamaño: superficie de planta y volumen.

Gráfico 2.1.: Relación de dimensiones y configuración formal de cada uno de los 27 atrios.

3.8. Aspectos geométrico del atrio según la dimensiones.

Los indicadores geométricos, PAR y SAR; Bednar (1986), aplicados en los 27 atrios inventariados en Santiago, de acuerdo a sus dimensiones, largo (l) y ancho (a) permitió una interpretación, buscando identificar los aspectos representativos de cada uno de los atrio, en cuanto estuvieran configurados de manera regular y fueran rectilíneos como se los ha analizado.

El primer aspecto consultado de los indicadores geométricos, fue (PAR) respecto la proporción de la planta del atrio, correspondiente a la razón entre largo (l) y ancho (a), conocida como, “plain aspect ratio” (PAR).

$$PAR = \frac{\text{ancho}}{\text{largo}} = \frac{a}{l}$$

El segundo aspecto fue la proporción de una sección o corte al interior del atrio, corresponde la razón entre el alto y el ancho; “section aspect ratio” (SAR).

$$SAR = \frac{\text{alto}}{\text{ancho}} = \frac{h}{a}$$

Diferentes investigaciones concluyeron que la iluminación natural, tuvo una directa relación con la configuración geométrica del atrio, Liu et al. (1991), Baker et al. (1993), Kim y Boyer (1986) incluso evaluaron e interpretaron a partir de atrios regulares y rectilíneos un número y con el explicaron el comportamiento lumínico. Una de las relaciones más habituales de encontrar fue WI, que vinculó el área de luz admitida y las superficies del atrio; es decir, $WI = \frac{1}{4} \frac{\text{alto}}{\text{largo}}$ con largo 2 largos Calcagni y Paroncini, (2004), investigaron las principales características del atrio y su influencia de las condiciones de la iluminación natural en los espacios adosados y en el primer piso, muchos de los resultados de iluminancia horizontal son aun aplicados en aquel experimento.

Finalmente de acuerdo al vacío que implica el atrio, el índice de cavidad:

$$WI = \frac{\text{alto} \times (\text{ancho} + \text{largo})}{2 \times \text{ancho} \times \text{largo}} = \frac{h \times (a + l)}{2 \times a \times l}$$

WI; relacionó el área de superficie vertical y la horizontal, del atrio, y en consecuencia combina las dimensiones involucradas en el coeficiente PAR y SAR. En la Tabla XX, se presentan las relaciones entre las dimensiones, largo, ancho y alto; que dan cuenta de la geometría del atrio.

Según, Sharples y Lash (2007), un valor elevado de WI, Así como también de SAR indican un atrio cuya cavidad o vacío es profunda, por tal motivo diferentes combinaciones de PAR y SAR (largos, anchos y altos), podrían ser usadas para dar la misma WI, y es necesario identificar cada relación de aspecto en detalle para obtener una buena interpretación del coeficiente WI²

Relación de aspecto del atrio				
Proporción		PAR	SAR	WI
Caras	Tipo	a / l	h / a	$h(a + l) / 2 * a * l$
4		0,5	1,4	1,1
3		0,9	2,1	1,9
2		Planta Irregular	Planta Irregular	Planta Irregular
1		Planta Irregular	Planta Irregular	Planta Irregular
LINEAL		0,4	1,5	1

Tabla 2.7. Síntesis de la relación de aspecto geométrico de los tipos de atrio del inventario.

Sin embargo y de acuerdo con la interpretación de los autores, se puede decir, que los atrios construidos en Santiago, coinciden con esta clasificación, en particular cuando PAR se utilizó para clasificar atrios rectilíneos; el coeficiente PAR fue entre 0,3 y 0,9, y lo constituyen atrios cuadrados, de los cuales solo hay uno en el inventario; a diferencia de la proporción de 0,4 a 0,9 correspondiente a forma rectangular, como efectivamente son los 15 atrios del tipo cuatro y tres caras de la clasificación según Tabla xx. Los coeficientes PAR menores a 0,4 corresponden a atrios lineales, como también fue el caso de los 6 atrios del inventario según la misma tabla, cuyo aspecto PAR fue 0,3.

2 Sharples, S., Lash D. 2007. Daylight in Atrium Buildings: A Critical Review. Architectural Science Review, 50:4, 301-312.

3.8.1. Aplicación de los parámetros de dimensiones y aspectos geométrico de cada atrio regular de 4 caras.

ATRIOS 4 CARAS	PAR	SAR	WI	AR	RI
	a / l	h / a	$\frac{h(a+l)}{2 \times a \times l}$	$\frac{(a \times l)}{h^2}$	$\frac{(a \times l)}{h \times (a+l)}$
Centro de Extensión y Biblioteca Central UDP	0,5	1,8	1,3	0,6	0,4
UNAB / AIEP Sede Bellavista	PLANTA IRREGULAR				
AIEP Barrio Universitario	0,8	3,5	3,2	0,1	0,2
Centro Cultural Palacio La Moneda	0,5	0,6	0,5	5,1	1,1
Edificio Gasco	0,4	0,9	0,6	3,3	0,8
Facultad de Ciencias de la Construcción UTEM	0,8	1,0	0,9	1,3	0,6
Edificio Vicente Kovacevic I U. Central	0,3	1,8	1,2	1,1	0,4
Edificio La Merced	1,0	1,9	1,9	0,3	0,3

Tabla 2.8. Aplicación de los parámetros de aspectos en atrios de 4 caras.

Como se revisó en la bibliografía PAR fue igual a 1 si el largo era igual al ancho, como es el caso de las plantas cuadradas. Luego como fue lo habitual, si el ancho resultó menor al largo, PAR fue siempre menor de 1. En el caso de SAR se obtuvo mayor a la unidad en la medida el atrio fue muy alto y a la vez bajo el ancho en planta.

El índice de la cavidad WI, tuvo alto valor, 3,5 en el caso de lados de planta pequeño y altura mayor, si esta es semejante a los lados en planta tendió a 1 y en el caso de un lado 3 veces mayor que la altura fue 0,5. En el caso del rango de aspecto AR, gran superficie del atrio y baja altura arrojó un valor de 5,1; en la situación inversa el AR fue mínimo, 0,1. En índice de la habitación estuvo relacionado con el alto, en la medida fuera mayor AR disminuyo rápidamente y si esto se relación con una pequeña superficie en planta fue 0,2

3.8.2. Aplicación de los parámetros de dimensiones y aspectos geométrico de cada atrio regular de 3 caras.

ATRIOS 3 CARAS	PAR	SAR	WI	AR	RI
	a / l	h / a	$\frac{h (a + l)}{2 \times a \times l}$	$\frac{(a \times l)}{h^2}$	$\frac{(a \times l)}{h \times (a + l)}$
A3_F-4. Edificio U. San Sebastián Sede Bellavista	PLANTA IRREGULAR				
Edificio Los Presidentes Escuela Derecho U. De Chile	0,9	2,4	2,3	0,2	0,2
Edificio K Universidad Las Américas	0,5	2,1	1,6	0,5	0,3
Edificio Vicente Kovacevic II U. Central	0,4	1,0	0,9	1,3	0,6
Centro de la Construcción DUOC UC	0,6	1,6	1,3	0,7	0,4
Edificio Doce Juzgados de Santiago	PLANTA IRREGULAR				
Hotel Hyatt Regency Chile	PLANTA IRREGULAR				

Tabla 2.9. Aplicación de los parámetros de aspectos en atrios de 3 caras.

En estos casos PAR fue igual a 0,9 cuando el largo solo se diferencio del ancho en un metro, es decir la planta tenía un aspecto cuadrado. Un caso particular fue si el largo es el doble del ancho y semejante al alto entonces PAR fue 0,5. Además se repitió en este caso un SAR mayor a la unidad en la medida el atrio fue muy alto y a la vez reducido el ancho en planta.

El índice de la cavidad WI, fue mayor a 2 (2,3) en el caso de lados de planta pequeño y altura mayor, si esta es semejante a los lados en planta tendió a 1 y en el caso de un lado igual al alto fue 0,5. En el caso del rango de aspecto AR, pequeña superficie del atrio y alto el doble del lado resulto 0,2. En índice de la habitación RI estuvo relacionado con el alto, en la medida fuera mayor la altura AR disminuyo rápidamente y si esto se relación con una pequeña superficie en planta fue 0,2 como en el caso anterior, RI creció con una superficie de planta mayor y el alto igual a una lado.

- Esquemas gráficos de las dimensiones de la cavidad en los atrios de tres caras.

3.8.3. Aplicación de los parámetros de dimensiones y aspectos geométrico en cada atrio lineal.

ATRIOS LINEALES	PAR	SAR	WI	AR	RI
	a / l	h / a	$\frac{h (a + l)}{2 \times a \times l}$	$\frac{(a \times l)}{h^2}$	$\frac{(a \times l)}{h \times (a + l)}$
Edificio Transoceanica	PLANTA IRREGULAR				
Centro Cívico Y Cultural De El Bosque	0,3	1,2	0,8	2,3	0,6
Clínica De La Salud Universidad Del Desarrollo	0,3	2,3	1,5	0,7	0,3
Edificio Aulas FACEA Universidad De Chile	0,4	1,0	0,7	2,1	0,7
Edificio Sonda	0,2	4,2	2,6	0,2	0,2
Talleres Prolam	PLANTA IRREGULAR				

Tabla 2.7. Aplicación de los parámetros de aspectos de los atrios lineales.

En el caso de la configuración lineal PAR, según el cual el largo siempre fue mayor al ancho, todos resultaron menores a 0,5. En el caso de SAR se obtuvo siempre mayor a la unidad en la medida el atrio fue muy alto y a la vez bajo el ancho en planta.

El índice de la cavidad WI, tuvo alto valor, 2,6 solo con altura mayor y si esta fue semejante a los lados en planta tendió a 1.

En el caso del rango de aspecto del atrio AR, fue mayor a 2 cuando el ancho en planta fue de longitud semejante al alto; en la situación inversa el AR fue mínimo, 0,1. En índice de la habitación RI estuvo relacionado con el alto, entre 14,6 m y 21 m, todos resultaron menores a 0,7.

la medida fuera mayor AR disminuyo rápidamente y si esto se relación con una peque-

Esquemas graficos de las dimensiones de la cavidad en atrios lineales

3.9. Los modelos síntesis del inventario.

Se entendió un modelo como aquel capaz de contener las invariantes que mejor caracterizaron el tema en estudio y de acuerdo a los diversos aspectos analizados, a partir de la síntesis del inventario, además una de las principales características fue la forma regular y la capacidad mensurable de cada atrio.

Los atrios que tienen las características anteriormente mencionadas se encuentran identificados en la siguientes tabla:

Atrios de dimensiones regulares			
ATRIO	Dimensiones (m)		
Caras	Largo	Ancho (a)	Alto (h)
4	24,7	12,8	17,8
3	17,9	15,8	32,7
LINEAL	35,7	11,3	16,9

Tabla 2.8. Aplicación de los parámetros de aspectos de los atrios lineales.

Una tercera variable correspondió a la configuración que fue más habitual de encontrar y fue el atrio de 4 caras la clasificación de mayor ocurrencia, en los edificios diseñados en la arquitectura de Santiago.

Se puede destacar que este tipo de atrio contenido por sus caras totalmente se localizó, al interior de los apretados predios de la trama urbana del centro histórico de la ciudad, y por cierto, respondieron a la vocación de llevar iluminación natural desde la cubierta al interior del edificio, que bajo la situación de mayores fachadas adosadas a medianeros y menor frente exterior solo quedó la oportunidad de brindar mayor iluminación diurna desde la cubierta.

Si bien fue seleccionado el modelo de 4 caras, otros 2 tipos fueron recurrentes en el inventario (Tabla 2.8), de acuerdo a la clasificación según las dimensiones de los atrios, uno de ellos fue de 3 caras y otro lineal.

3.9.1. Modelo Seleccionado.

A partir del resumen en tabla Anexo 1, que contiene las dimensiones promedios de los atrios del inventario, el modelo base tendrá un volumen de 5.628 m^3 , correspondiente a un atrio rectangular de dimensiones, ancho 12,8 m, largo 24,7 m. y alto 17,8 m.

La relación de aspecto del modelo, fue $\text{PAR} = 0,57$; $\text{SAR} = 1,8$ y $\text{WI} = 1,4$.

- Razones que determinaron trabajar con el modelo de atrio de 4 caras :

1- Corresponde al atrio en esencia, ya que, es la configuración original que inició la tipología arquitectónica

2- De todas las variantes y características del atrio, fue el que mejor se adaptó a un régimen de optimizar el uso de suelo vía maximizar la densidad urbana, bajo la premisa según la cual, el territorio siempre es un bien escaso y especialmente aquel urbanizado.³

3- Debido a que intereso estudiar la problemática de la Iluminación cenital y su comportamiento atendiendo a las posibilidades tecnológicas de la realidad local y el clima.

4- Interesó investigar las soluciones tecnológicas aplicadas y aplicables en la realidad local, para dar solución al desafío arquitectónico inherente de esta tipología, cual es “abrir o perforar ” el manto protector de la cubierta de las edificaciones. Se reconoce en esto un campo poco explorado.

5- Investigar y evaluar la tipología atrio, permite evaluar su comportamiento, bajo condiciones de alta ganancia lumínica como la que brinda el cielo de Santiago, en contraste con las condiciones climáticas originales de baja radiación solar en la cual resurgió el atrio en el hemisferio Norte.

3. En una concepción teórica extrema, se puede pensar en un edificio completamente cerrado en su perímetro adosado a otras construcciones y solo abierto hacia el cielo para facilitar la ganancia lumínica.

3.10. Conclusiones parciales del capítulo 3.

- En esta tesis se investigó los edificios de uso público y de servicios, se observó que en la ciudad de Santiago, el 52% de los atrios estaban incorporados en edificios destinados a educación superior y el 36% en edificios de oficinas, finalmente el 12% fueron diversos destinos tales como, centro cultural (2), y (1) en cada uno de los siguientes usos, judicial, consistorial y hotel.
- Respecto del emplazamiento: los edificios de configuración regular se encontraron localizados en el sector de la trama urbana fundacional (modelo clásico hispano colonial en damero), sometido a la ordenanza local que uniforma altura, fachada continua, y alto índice de edificación con total cobertura del suelo, por lo cual el atrio responde, a una necesidad imperativa de llevar luz al interior del edificio. Esta fue la principal razón de evaluar el atrio de 4 caras para explorar en la habilidad de llevar iluminación natural al interior.
- Cabe destacar que los tipos de atrio en configuración regular de 4 y 3 caras, así como aquellos lineales, fueron los más frecuentes en Santiago coincidiendo esto con lo realizado por Saxon (1985), cuyo inventario internacional fue el más extenso de acuerdo a la bibliografía y de él los atrios regulares y de las mismas características de cerramiento, fueron los de mayor presencia.
- Por este motivo en este capítulo se identificó la cavidad interior, extrayéndolo desde el contenedor un atrio para facilitar la lectura de las dimensiones y proporciones de cada uno de ellos.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN. VARIABLES DE CARACTERIZACIÓN Y MEDICIONES EN MODELO BASE DE ESTUDIO.

4.1. Introducción.

En este capítulo se revisaron los conceptos de la iluminación natural, principal objetivo de análisis en esta tesis, junto a las características de disponibilidad del recurso natural desde el sol y el cielo directo y difuso, además se revisó los conceptos fotométricos y ópticos para establecer las condiciones del bienestar lumínico. Luego se describió las características de cielos planteadas por la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), que explicaron las metodología actualmente utilizadas en el estudio de la iluminación natural.

La parte de los conceptos remató en la metodología de evaluación de la iluminación natural correspondiente a dos métodos; el primero el modelo estático basado en la métrica más utilizado, Factor de Luz Día (FLD), aplicado bajo cielos nublados del cual se explican los conceptos y definiciones; así como también la utilización de alguno de los modelos de cielo de CIE para obtener mediciones instantáneas horarias en un punto; esto a través de fórmulas y especialmente programas en el computador. El segundo modelo corresponde a aquellos dinámicos que de acuerdo con Mardaljevic *et al.* (2005) y Reinhart *et al.* (2005) fue planteado a partir de modelar la luz diurna basada en el clima, CMB; a partir de la interpretación de la radiación solar directa y difusa junto a las condiciones de cielo, este método permite conocer la disponibilidad de luz natural anual, sensible al efecto de la orientación y al clima luminoso del lugar en estudio.

Finalmente se revisaron las características de cielo en Santiago, asociadas a la disponibilidad de luz natural, el régimen de nubosidad y la radiación solar difusa y directa. Introducir un modelo utilizado para el registro de iluminancia en un día cielo muy despejado y soleado en la ciudad.

Figura 4.1. Santiago, vista día soleado en invierno.

4.2. Iluminación natural.

La luz es la manifestación visual de la energía radiante y esta íntimamente ligada con la sensación y percepción luminosa e que tiene el hombre, Hopkinson *et al* (1966). Es aquella pequeña parte del espectro electromagnético entre las frecuencias de 380 nm y 750 nm, que estimula la retina del ser humano. Se compone de toda la luz solar incluyendo iluminación en parte por radiación solar directa y difusa proveniente del cielo, sin embargo, el sol se presenta como un foco puntual de iluminación en “la bóveda celeste, que se vuelve luminosa en presencia del sol” Neila (2004), de tal manera que la luz del cielo se distribuye constituyéndose en un extendido recurso de iluminación que solo arroja suaves sombras e iluminación y comúnmente esta referida a la iluminación difusa pero de buena manera se lo reconoce como cielo luminoso (Mardaljevic, 2013, p.4). Más allá de lo indicado por Moore en 1991 “Luz del cielo es la luz difusa que resulta de la refracción y reflexión de la luz solar a su paso por la atmósfera”.

Por lo tanto según Mardaljevic (2013), la iluminación natural tiene dos componentes en el origen, cuales son, luz solar y cielo luminoso, el primero esta compuesto por rayos solares directos que ilumina las superficies con 64.500 a 120.000 lux aproximadamente y el segundo componente luz solar indirecta que proviene desde múltiples reflexiones desde el cielo. Sin embargo, el cielo luminoso aporta otros dos componentes según las condiciones de variabilidad, desde aquellos muy nublados con iluminación que se encuentra dispersa en la atmósfera terrestre y “se traduce en un cielo de color blanco, alrededor de tres veces más brillante en el cenit que en el horizonte” (Moore, 1991). a diferencia de otros donde escasea la cantidad de partículas de agua, en los cuales difusamente refractan y/o reflejan en todas las longitudes de onda por igual y en todas las direcciones, cielo parciales o definitivamente despejados.

Figura 4.2. Santiago, vista día nublado en invierno.

En clima mediterráneo este planteamiento de cuatro componentes finales de la iluminación natural tiene gran sentido, ya que, predominantemente hay cielo soleado, y particularmente en el hemisferio sur la fachada norte recibe gran cantidad de iluminación natural especialmente en invierno debido a la menor altitud sol al medío día penetra profundamente en los espacios interiores aportando calor, iluminación natural directa, *“direct sunlight introduces less heat per lumen into a building than do most electric alternatives”* (Moore, 1991) como es el caso de Santiago específicamente) es así como se debe comprende las condiciones durante los meses de invierno y otoño, y también durante la media estación de primavera además del verano. Cuando el cielo esta habitualmente soleados y escasa nubosidad.

El clima templado con cielo luminoso y de baja a media nubosidad, se plantea el desafío de diseñar cuidadosamente las ventanas que muchas veces reciben excesiva intensidad luminosa para así controlar el riesgo del indeseado aporte de calor en el interior a través los sistemas de control, en la figura 4.3 y 4.4, esto se evidencia a través de la luz y sombra.

En general las características de iluminación natural en los edificios, tienden a resolverse por consideraciones de estilo arquitectónico en lugar de diseño climático adaptado. Estas tendencias no se vio obstaculizada por la continua dependencia del factor de luz día como el esquema de evaluación ya que la medida es en sí mismo es insensible al clima y a la orientación.

Figura 4.3. A la izquierda, cielo soleado de invierno luz lateral y cenital en el MACB. Fotografías de la autora, Febrero de 2010,

En el caso de anticipar el comportamiento luminoso, al aplicar los criterios de evaluación dominantes que por seis década solo analizó la disponibilidad de iluminancia natural bajo cielo nublado, es decir el peor escenario.

El cálculo de la iluminación plantea serios problemas. El primero es el debido a las características muy variables del cielo, ya que en un día ventoso se puede pasar con rapidez de cielo totalmente despejado a cielos completamente nublados. (Neila, 2004, p.195).

En las figuras 4.4, se muestra la simulación en un día de verano a través del software *Radiance* modelando desde *Ecotec Autodesk* para simular el comportamiento de la iluminación natural, bajo dos diferentes tipos de cielo, el primero cielo nublado y luego abierto de alta luminosidad De acuerdo a los estándares de cielo propuestos por CIE y las condiciones de Santiago, se utilizó la configuración soleado (CIE *Sunny*) despejado, con iluminancia exterior de 60.000 lux y la configuración nublado (CIE *overcast*) para una iluminancia exterior de 8.000 lux; en ambos casos la cubierta fue vidriada. Se revelaron los efectos de la luz en el interior, en la primera figura uniforme proveniente de luz solar y cielo difuso y en el segundo caso de luz y sombra recortadas en este caso proveniente de un cielo de luz solar directa y cielo de muy baja reflectancia y totalmente despejado, que se puede apreciar la zona cícumsolar.

Figura 4.4. A la izquierda, iluminación cenital difusa y a la derecha, Análisis del “Comportamiento de la iluminación natural en el espacio atrio contemporáneo en edificios de Santiago de Chile” Roldán (2014) , Presentado en Arquisur 2014.

4.3. El bienestar lumínico.

Reinhart BE v8

Amanda WEBB

Energy and buildings 50 (2012) 35-48

Influence of shading control patterns on the energy assesment of the office spaces

Correia da Silva, Victor Leal y Marilynne Andersen

Patrones de sombreamiento en oficinas para ocupantes de oficinas y estudio de las influencias en términos de demanda de energía comparando con edificios de fachadas vidriadas.

1. Revisa criterios de confort visual en of
2. La opción de utilizar control solar por los ocupantes
3. Combina preferencias de control solar con diversas características de confort lumínico

Conceptos de

4.4. Conceptos de iluminación natural.

Desde la perspectiva de la visión humana, cuando se trata de apreciar cómo se percibe la luz, las magnitudes radio métricas tienen un interés relativo. En efecto, para elaborar una fotometría visual no sólo se necesita conocer la eficacia visual de diversas radiaciones.

- Flujo Luminoso

El flujo luminoso describe toda la potencia de luz entregada desde una fuente luminosa. Se mide en lumen (lm).

Intensidad Luminosa

Relación entre flujo luminoso emitido en un ángulo espacial infinitesimal, cuyo eje es la dirección en dicho ángulo. Relación entre el flujo y el ángulo sólido.

La unidad es la candela (cd).

Intensidad que tiene la sexágésima parte de 1 cm² de un cuerpo a 2046 K

Flujo radiante que atraviesa un ángulo sólido de 1 esteroradián de 1 candela

$$4\pi = \Phi \quad 1 \text{ candela} = 12,56 \text{ lúmenes}$$

$$I = F / W$$

$$I = \text{Lm/Sr} = \text{Cd}$$

Flujo radiante de 1 Watt de longitud de onda 555nm = 685 lúmenes

- Iluminancia.

Es la densidad del flujo luminoso incidente sobre una superficie por la unidad de área. Corresponde a la densidad de longitud de onda sensible al ojo correlacionada con la percepción humana de brillo luminoso

[E]= Lux

$$1 \text{ lux} = \frac{1 \text{ lumen}}{1 \text{ m}^2} = \frac{\text{flujo luminoso}}{\text{superficie}}$$

- Luminancias.

La luminancia reflejada por una superficie es la medición física de la claridad o el brillo foto métrico.

Cantidad de luz que emite, transmite o refleja en dirección a los ojos, una superficie

Fotometría mensurable de la intensidad luminosa por unidad de área de la luz que viaja en una dirección

4.3. Características de la iluminación natural (reflexiones, contrastes, zonas y brillo luminoso)

4.3. Estandarización de cielos CIE.

Como se mencionó anteriormente las variaciones de luminancias del cielo dependen del clima, las estaciones, y el tiempo diario, además la turbiedad del aire según el tipo de contaminación ya sea por partículas o gases, es decir, son de alta variabilidad y complejas de cuantificar, sin embargo la teoría de la distribución de la luz en el cielo, obedece a los estándares de nublado y claro (IES 1995; CIE 1994). El cielo dependiendo de la nubosidad esta dividido en diferentes categorías que se conocen como octas (dividible en ocho partes, se pueden asociar con la siguiente distribución:

Distribución de nubes en el cielo (Octas)		
Claro	Parcial	Nublado
1-3	4-5	6-8

Tabla 4.1. Distribución de nubes (Mabb 2000; p XX)

El cielo isotrópico tiene luminancia constante en todas las direcciones (CIE Uniform). El estándar cielo nublado (CIE overcast) tiene variaciones de luminancia, empezando con un tercio de brillo en el horizonte comparado con el cenit. La distribución de la luminancia en el cielo nublado fue planteada por Moon y Spencer, como:

$$L_b = L_z (1 + 2 \sin b) / 3$$

Fórmula

donde:

L_b = luminancia a una altura b (cd/m²)

L_z = Luminancia en el cenit (cd/m²)

b = Altura angular (°)

Figura 4.5. Vista del cielo nublado en Santiago y bloqueo lateral de las obstrucciones. Fotografía para el estudio de la porción de cielo visible.

La luminancia de cualquier sector del cielo esta relacionada con el brillo luminoso máximo del cenit y en consecuencia con la posición del sol en la altitud y cada posición acimutal. Desde el horizonte la luminancia L aumenta con el angulo de altitud b , en un primer tramo de altitud sera un tercio de la luminancia total en el cenit. La CIE determinó la iluminancia del cielo nublado (*overcast*) en 5.000 lux

“Existe igualmente otra expresión, aunque de mayor complejidad, para cielos despejados”: Neila (2004)

$$L_p = L_z((1-e-0,32 \cdot \sec z_p) \cdot (0.91+10 \cdot e^{-3c}+0.45 \cdot \cos^2 c)/(1-e-0,32) \cdot (0.91+10 \cdot e^{-3z_s}+0,45 \cdot \cos^2 z_s))$$

donde:

L_p = Luminancia en el punto p (cd/m²)

L_z = Luminancia en el cenit (cd/m²)

z_p = Distancia angular desde el cenit al punto p (°)

z_s = Distancia angular desde el cenit a la posición del sol (°)

c = Distancia angular desde el punto a a la posición del sol (°)

El cielo despejado, muy aplicable en clima templado mediterráneo, tiene alta variabilidad diaria en relación a la altura solar y posición del sol estacional sumado el clima y polución ambiental aun no incorporada oficialmente en los registros meteorológicos habituales. Por ello una practica posible es interpretarlos a traves de uno de los 58 métodos de cálculo para la evaluación de la iluminación natural de la CIE que además actualizó y divulgó un nuevo estándar internacional para clasificar los patrones de brillo de cielo¹ en el año 2003, .

A set of 15 standard sky types and their parametrisation						
Nº	Type of Sky	For gradation		For indicatrix		
		a	b	c	d	e
1	Overcast with the steep gradation and azimuthal uniform	4	-0.7	0	-1	0
2	Overcast with a steep gradation and slight brightening toward sun	4	-0.7	2	-1.5	0.15
3	Overcast moderately gradated, azimuthal uniformity	1.1	-0.8	0	-1	0
4	Overcast moderately gradated and slightly brightening toward sun	1.1	-0.8	2	-1.5	0.15
5	Overcast or cloudy with overall uniformity	0	-1	0	-1	0
6	Partly cloudy with a uniform gradation and slight brightening toward sun	0	-1	2	-1.5	0.15
7	Partly cloudy with a brighter circumsolar effect and uniform gradation	0	-1	5	-2.5	0.3
8	Partly cloudy, rather uniform with a clear solar corona	0	-1	10	-3	0.45
9	Partly cloudy with a shaded sun position	-1	-0.55	2	-1.5	0.15
10	Partly cloudy with brighter circumsolar effect	-1	-0.55	5	-2.5	0.3
11	White-blue sky with a clear solar corona	-1	-0.55	10	-3	0.45
12	Very clear/unturbid with a clear solar corona	-1	-0.32	10	-3	0.45
13	Cloudless polluted with a broader solar corona	-1	-0.32	16	-3	0.3
14	Cloudless turbid with a broader solar corona	-1	-0.15	16	-3	0.3
15	White-blue sky, turbid with a wide solar corona effect	-1	-0.15	24	-2.8	0.15

Tabla 4.1. Listado de los 15 modelos de CIE

1. Para más información: CIE S 011/E: 2003 Standard: Spatial Distribution of Daylight - CIE Standard General Sky. ISO (ISO 15469:2004 (E). En: He J. Z. (2012). Lighting Research. Technology. 44. p.94

Li et al. (2006), analizaron algunas características del estudio que derivó en estos 15 estándares de cielo e indicaron que Kittler et al, basados en un detallado análisis de exploraciones de iluminancia en diferentes ciudades, tales como, Boston, Tokio y Australia; esperaron probablemente, abarcar el espectro completo de cielo desde claro a cubierto, (p.579). Esto sumado a la facilidad de trabajar actualmente cada uno de estos cielos, en diferentes simulaciones del comportamiento de la iluminación natural en los espacios interiores, además de destacaron la necesidad de reconocer las condiciones climáticas locales antes de utilizar tipos de cielos.

In it, fifteen CIE standard skies describe the range of dynamic sky conditions and provide more choices for advanced daylight design. With the development of computer simulation, the CIE standard general sky can be easily incorporated into software for daylight design. However, one must consider the local climate conditions and choose the appropriate sky conditions before setting the sky types in software. Different places have different frequencies of occurrence of the fifteen CIE standard skies. (Li et al, 2006, p. 580)

En la ciudad de Santiago de acuerdo a los parámetros del estándar CIE, corresponden algunas de estas variantes de cielo², desde aquellos nublados uniformes, así como claros para días más brillantes y en otras ocasiones, parcial nublados con diferentes porcentajes de cielo abierto, figura 4.6. En la práctica para una evaluación, habitualmente se ha trabajado seleccionando algunos tipos de cielos, por ejemplo el N°2, nublado con un nivel de brillo, también nublado completamente uniforme N° 5 y soleado tipo N° 13, según el listado de la tabla 1.

Figura 4.6. Tipos de cielo s Diferentes tipos de cielo y Nubosidades. Consultados en www.sqm1.com. Imagen de www-sqm.org Recuperado

2. Para mayor información consultar en: He J. Z. (2012). Opinion: The CIE Standard General Sky and local climate Lighting Research. Technology. 44. p.94. Obtenido, el 8 de enero de 2015. Base de datos EBSCO.

4.4. Metodología de estudio de la iluminación natural.

Desde hace 50 años el cálculo de la iluminación natural estuvo totalmente dominado por métodos de análisis estáticos, de acuerdo con algún modelo de cielo, ya sea, para una evaluación realizada a través de fórmulas o también en el caso de algunos programas de simulación; en ambos los resultados para un instante fueron la característica principal; es decir, la obtención de un valor en un punto o varios, conformando un rango que permitió el análisis, respecto diferentes épocas del año los criterios favorables para el diseño arquitectónico y los espacios interiores. Desde hace 10 años, las evaluaciones a partir de las investigaciones que interpretaron la disponibilidad luminosa, derivados de archivos climáticos horarios específicos, de cualquier ciudad, Pérez et al (1993);

The model of Perez *et al.* describes real sky conditions as a superposition of three components: circumsolar, horizon brightening and a background isotropic sky. The sky conditions may range from overcast through partly-cloudy to clear skies, depending on the weather and climate of a region.

Esto provocó un enfoque diferente, ya que, se aplicó un modelo de análisis dinámico basado en el clima para un año completo, a partir de antecedentes básicos de radiación solar directa y difusa y las condiciones de cielo provenientes de bases de datos climáticas conocidas como Año Meteorológico Típico, los investigadores dijeron:

This is the unprocessed, or 'raw' illuminance data viewed in their entirety, for one point in an office space. Presented in this way, it is easy to appreciate both the prevailing patterns in the daylight illuminance and its short term variability. Most obvious is the daily and seasonal pattern, but it is also possible to discern the hour-by-hour variation. The voluminous 'raw' illuminance data from an annual lighting simulation can be used directly for dynamic energy modelling. (Nabil y Mardaljevic, 2005, p.49)

La voluminosa cantidad de datos de iluminancia registrada en un punto, cada hora de un año, si bien fueron procesados en la computadora, los resultados ofrecieron la dificultad de interpretación, para esto y a fin de reducirlos fueron derivados desde una serie de tiempo horaria de iluminancia, obteniendo el número de horas o porcentaje de año trabajado, en que el nivel de iluminancia propuesto se logró, Nabil y Mardaljevic (2005). Así el uso de archivos climáticos y en particular la aplicación del Modelo de Luminancia del Cielo; Pérez et al (1993); generaron un análisis de predicción anual de mayor precisión, Reinhart, Mardaljevic y Rogers, (2006). Es así como aportó diferentes métricas dinámicas que permitieron diferentes criterios de medición de la iluminación natural como:

4.4.1. Método estático.

En el marco teórico se indicó que la simulación estática entregó resultados instantáneo a través de cálculos con fórmulas, ábacos, gráficos de puntos expresados en valores absolutos de iluminancia, además la proporción de iluminancia exterior en relación con la interior un porcentaje llamado Factor de Luz Día (FLD), el cual ofrece una evaluación limitada al cielo nublado.

- El Factor Luz Día (FLD).

Es el porcentaje de iluminación disponible a partir, de la iluminancia horizontal proveniente desde la bóveda celeste, en un punto en el interior de un recinto, y aquellas luminosidad resultantes de las reflectancias del entorno inmediato, así como aquellas internas del recinto (Figura 4.12).

$$\text{Factor luz día (\%)} \cdot \text{FLD} = \frac{E_{\text{HORIZONTAL INTERIOR}}}{E_{\text{HORIZONTAL EXTERIOR}}} \cdot 100$$

E= iluminancia (lux)

First proposed in the UK in the early 1900s, and formalised into building standards over fifty years ago, the daylight factor is simply the ratio of internal illuminance to unobstructed horizontal illuminance under standard CIE overcast sky conditions (usually expressed as a percentage). (Mardaljevic, 2011, p.142)

Este método de evaluación fue aplicado bajo cielo totalmente cubierto por densas nubes³ y ha perdurado debido a la fácil y sencilla operación de cálculo⁴ que implicó. El criterio de FLD generó gran cantidad de investigación, en el ámbito experimental (Aizlewood, 1995; Littlefair, 2001).

Figura 4.7. A derecha, esquema del modelo de calculo DF. A izquierda, diferentes intensidades de nubosidad desde mas menos cubierto a total mente cubierto por densas nubes.

3. Commission International de L'Eclairage. (CIE). Daylight. CIE Publication No. 16, 1970. El estándar de cielo cubierto fue presentado por Moon; Spencer en 1942 y adoptad por la comisión en 1955.
4. Nabil A, Mardaljevic J. (2005). Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. Lighting Research and Technology; 37: 41–59. Obtenido,

Es posible afirmar que más allá de la sencillez del método, al momento de realizar el cálculo, esta clasificación de cielo es una condición habitual en gran cantidad de latitudes al norte del planeta donde predomina el cielo que tienen un alto porcentaje de días del año nublados, con escasos días de cielo claro y totalmente soleados. Así como el estándar recomienda 2%⁵.

The daylight factor is insensitive to both the prevailing local climate and building orientation. The drive towards sustainable, low-energy buildings places increasing emphasis on detailed performance evaluation at the early design stage. Recent advances in lighting simulation techniques have demonstrated that reliable predictions founded on hourly climatic data are attainable. (Mardaljevic, 2006, Paper No. 67, p.6)

En una investigación realizada con anterioridad en espacios interiores, en Santiago⁷, se evaluó el comportamiento de la iluminancia bajo cielo nublado, verificando sobre una grilla, los porcentajes de FLD obtenidos a través de simulaciones⁸ y mediciones en maqueta. Los resultados permitieron concordar en algunos aspectos y disentir o mejor dicho, establecer algunas diferencias, desde lo experimentado, ya que, se detectó que si bien, FLD, aplicó muy bien especialmente si el cielo estaba densamente nublado como ha sucedido en una gran cantidad de investigaciones realizadas bajo cielo artificial⁹.

5. Mardaljevic, J. (2011). Opinion: Daylighting prescriptions: Keep taking the pills? Lighting Research and Technology. 43: 142 Obtenido.

7. Para mayor información: Viqueira, M. (2006). Estudios de arquitectura bioclimática. Volumen viii. 1º edición. Editorial Limusa. Huenchunir, M.; Roldán, J. Optimización de la iluminación natural en aulas escolares. Evaluación y propuestas de intervención en escuelas de la Región Metropolitana de Chile.

8. Las simulaciones se realizaron en el programa Lumen Micro.

9. Los cielos artificiales fueron estandarizados para niveles de iluminancia de 5.000 lux u 8.000 lux, Calcagni; Paroncini, 2004 Sharple y Lash, 2009, Swinal et al 2009.

Las mediciones¹⁰ fueron realizadas en Santiago a medio día para cielo claro y nublado, el comportamiento de la iluminancia del cielo al exterior de la maqueta fue de acuerdo a los siguientes valores:

Niveles de iluminancia (lux) exterior en Santiago.		
Tipo de cielo	Marzo	Junio
Nublado	18.937	12.563
Claro	99.033	58.988

El modelo de cálculo bajo cielo cubierto resultó lo más apropiado aún cuando era incompleto y solo aportó un criterio acotado de análisis, posible de aplicar durante los aproximadamente 28% de los días al año en Santiago correspondientes a cielo nublado. Esto tendió a confundir; ya que, coincidiendo con Iversen et al (2011). “The daylight factor calculation evaluates the daylight conditions for one standard CIE overcast sky omitting the natural local variations in available daylight”. Entendiendo las limitaciones de la metodología, se generaron las condiciones de diseño en el escenario más desfavorable de disponibilidad lumínica, tal que, hizo omitir gran parte de las respuestas necesarias para el resto del año, que por entonces se completó con una evaluación cualitativa a través de cartas solares y los respectivos patrones de sombras. Sobre las limitaciones de la metodología FLD, gran cantidad de opiniones se han publicado, Li (2009)

Traditionally, the illuminance from natural sources is often determined in terms of daylight factor (DF),Without direct sunlight, the global and diffuse components have very close values and the effect due to solar position can be ignored. The sky luminance distribution is symmetrical about the zenith and changes with the elevation above the horizon such that the vertical outdoor illuminance would be the same for all orientations. The internal daylight illuminance for a particular point can be analytically computed under this simple sky pattern. In theory, even though the daylight outdoors may change, the DF will remain constant as the interior illuminance is also varying with the exterior daylight. Constancy and association with the concept of adaptation are the advantages

10. Se verificaron los niveles de iluminancia en los espacios interiores y los diferentes porcentajes de FLD, obtenidos sobre una grilla de trabajo A 0,7 m. de alto El objetivo principal fue lograr una mejor distribución de la luz, mediante de una propuesta de diseño apropiado de la ventana. Respecto a la iluminancia interiores en las aulas intervenidas, estas fueron altas, en relación al caso base, oscilando este valor en marzo entre los 2916 y 8542 luxes y en junio, pese a la reducción de luz natural, todas las aulas alcanzan un nivel lumínico superior a los 750 luxes. Finalmente la uniformidad de iluminación en marzo es cercana al mínimo aceptable (0,5 según IES), oscilando entre los 0,38 para el sistema de alero al norte y 0,52 para el modelo de aula base orientado al sur. En junio en cambio, debido a la presencia de luz solar directa en las aulas, la uniformidad fue menor solo 0,12.

of the conventional DF method. (Li., 2112, p.211)

Como se verificó anteriormente, FLD solo ofreció evaluaciones parciales para algunos días del año en la ciudad, así como, un estudio de la uniformidad habitual de realizar lo- con los resultados de FLD, es inaplicable en condiciones reales de iluminación natural. Esto hace difícil el análisis del comportamiento de la iluminación diurna en ambientes interiores. Reinhart, et al (2006), al desconocer la orientación y estacionalidad climática local considerar un método dinámico para evaluar el desempeño de la iluminación natural, permitirá anticipar estrategias de diseño arquitectónico durante el año, en un lugar.

- Factor luz día medio (el FLD_{medio}).

En el atrio específicamente (ver Capítulo 1, p. 54) se evalúa respecto el piso según el ángulo de abertura superior del atrio. El desempeño de la iluminación natural en el interior del atrio se ha evaluado extensamente, usando el factor luz día medio FLD_{medio} sobre la base de un atrio¹¹, (DF_{AV}) Littlefair, (1988). Si el FLD_{medio} , corresponde al rango entre 2% a 5%, se está en un espacio bien iluminado.

FLD_{medio} Tregenza; Loe (1998) sugiere que el 5% de la luz del días, mientras un valor menor a el 2% es sombrío y requiere iluminación artificial suplementario si es un espacio de trabajo a diferencia de un espacio doméstico

Factor Luz Día medio (%)	
Recinto	(%)
Oficina	5 - 2
Aula escolar	5 - 2
Gimnasio	5 - 3,5
Biblioteca	5 - 1,5

Tabla 4.2. Mediciones de Iluminancia bajo cielo cubierto y claro en Marzo y Junio.

11. Este índice demostró mayor exactitud en atrios bajos, con un lado ancho por lo menos la mitad de su alto. Además, si un atrio tiene vidriado un lado y la cubierta, el factor luz día medio debido de cada uno se debe calcular por separado y sumar ambos. Littlefair (2002)

4.4.2. Método dinámico.

Como se indicó anteriormente, las evaluaciones dinámicas de la iluminación natural están basadas en registros de radiación solar anual directa y difusa, provenientes de un archivo climático horario, para un lugar específico y fueron generados por medio de simulación computacional empleando el Modelo de Cielo de Perez et al, conocido también como Modelo Pérez para todos los Climas.

Los resultados de las simulaciones dinámicas producen, series anuales de tiempo basadas en la iluminancia y son usadas como indicadores dinámicos del desempeño de la luz natural a través de diferentes metricas, las principales métricas son:

- Autonomía Lumínica (DA) para el umbral propuesto de 500 lux, (DA500) por ejemplo, Luz natural autónoma “daylight autonomy” (DA)
- Índice de iluminancia diurna útil “useful daylight index” (UDI). Iluminancia diurna útil, (UDI_100-2000 lux).

Muy diferentes del convencional FLD, a través del DA y UDI se encontró una reciente interpretación de la iluminación diurna, a partir de los archivos climático horarios, que fueron capaz de describir la variación temporal y espacial de la luz diurna, a partir de la ocurrencia de insolación directa y difusa en los niveles horarios de iluminación natural absoluta, esto no es sencillo, sin embargo, se lo ha presentado como una consecuencia natural a partir de la disponibilidad de herramientas y los grandes avances en el manejo de datos facilitados por los sistemas operativos computacionales.

Daylight coefficient methods are able to simulate the time development of indoor illuminance artificial lighting. henances for arbitrary time step intervals based on time series of beam and diffuse irradiances. As provide hourly means, most dynamic daylight simulation methods are presently based on this time step, i.e. the short-term dynamics of daylight introduced by clouds intermittently hiding the sun or a temporarily varying cloud cover thickness is discarded. As daylight cannot be stored, the usage of 1-h irradiance data in dynamic daylight simulations may thus lead to considerable errors in the prediction of the annual daylight availability.

Janak suggested to use a stochastic model introduced by Skartveit and Olseth (Skartveit and Olseth, 1992) to model the intra hour dynamics of the beam radiation and thereby¹²

12. Para más información: Walkenhorst, O.; Luther, J. M.; Reinhart, C.; Timmer, J. (2002). Dynamic annual daylight simulations based on one-hour and one-minute means of irradiance data. Solar Energy Vol. 72, No.

La autonomía lumínica diurna (DA) fue definida como el porcentaje de horas ocupadas en un año, en el cual un nivel mínimo de iluminancia puede estar facilitado por iluminación natural, Reinhart, (2006).

El índice de iluminancia diurna útil (UDI) ésta dado por una frecuencia de iluminancia en un determinado tiempo, de acuerdo con fechas pre establecidas en un calendario y permite verificar cual es la proporción del ambiente luminoso en valores útiles, dentro de un rango de iluminancias, al igual que un porcentaje de ocurrencia durante un año. Nabil; Mardaljevic, (2006).

Tanto autonomía lumínica (DA) como el índice de iluminancia diurna útil (UDI), se expresaron en porcentajes y llamándolos métricas, ya que fueron asociadas a un criterio de utilización de la iluminación natural en espacios interiores en cantidad de horas útiles; DA respecto al cumplimiento de un estándar de iluminancia solicitado según la tarea a realizar y el segundo para cumplir con la suficiencia lumínica fijada inicialmente dentro de un rango.

En conjunto constituyen el rango útil desde 100 lux hasta 2000 lux, esto sugiere que valores de iluminancia fuera del rango no son útiles, sin embargo, se ha explicado detallado a través de las publicaciones científicas, respecto las preferencias de las personas que trabajan en lugares de oficina y la preferencia y tolerancia a altos niveles de iluminancia. Actualmente el tema de los rangos constituyen una fuente de discusión relevante, por ejemplo en recientes investigaciones se utilizó un rango mayor a partir de 300 lux hasta 3000 lux, como lo indicó Andersen (2013), no hay acuerdos al respecto ya que, esta relacionado con el rango de confort visual de las personas y se ha indicado que el nivel menor de iluminancia tolerable son 100 lux y en el otro extremo ha sorprendido que de acuerdo a encuestas realizadas la mayoría no percibe molestias con altos niveles del orden de 2000 lux, Heschong (2003)¹³.

5, pp. 385–395, 2002 www.elsevier.com/locate/solener

13. Para más información: Nabil, A; Mardaljevic, J. (2005). Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. *Lighting Research Technology*. 37,1 p. 41- 59. Obtenido, 18 de Julio de 2014 de la base de datos EBSCO.

- Autonomía lumínica (DA).

La luz natural autónoma (DA) fue la primera de una serie de métricas anuales de utilización máxima de la luz diurna, actualmente conocidas como “indicadores de iluminación natural dinámicos”. Fue propuesta originalmente por la Asociación Suisse des Electriciens en 1989 y mejorada por Reinhart; Herkel (2000); Walkenstone, Reinhart; (2004).

DA representa un porcentaje de horas anuales, en el cual un punto dado en el espacio, está por encima del nivel de iluminación diurna determinado, según el estándar de comodidad visual para realizar una tarea específica. Sin embargo, el índice tiene la motivación de favorecer el ahorro de energía eléctrica, aún así un valor alto de DA no es garantía de ahorro de energético, pues independiente del sistema de iluminación artificial instalado y del tipo de control, el índice no permite identificar las situaciones de niveles de iluminación elevados, pudiendo provocar efectos adversos asociados al confort visual y a la carga térmica, Rogers, (2006), por ello requiere de un análisis detallado y el apoyo de criterio adicionales.

A partir del DA fue propuesta la autonomía lumínica continua ($DA_{continuous}$), , Rogers, (2006) que entregó un porcentaje de los valores que están entre 0 lux y el umbral determinado de acuerdo a una tarea a realizar. También se propuso la autonomía lumínica máxima ($DA_{máxima}$) que da cuenta a través de un porcentaje, la cantidad de horas en que la iluminación natural alcanzó elevados niveles, detectando con ello posibles deslumbramientos

- Iluminancia diurna útil (UDI).

Para los autores sin lugar a dudas, el índice de iluminancia diurna útil (UDI), tiene algunos aspectos familiares con FLD, especialmente en lo que refiere a cumplir una exigencia dentro de un rango, que en este caso es muy amplio y conocido desde 100 hasta 2000 lux.

UDI fue desarrollado programando en el software Radiance Scrip que en sus recientes versiones permitió incorporar multi matrices con información de cielo y de contribución lumínica¹⁴

Useful daylight illuminance however is determined from valores absolutos of time-varying daylight illumination for a period of a full year. This method of daylight illuminance modelling we call 'climate-based' since the (hourly) sun and sky conditions are founded on values from annual climate datasets (e.g. direct normal irradiance and global horizontal irradiance from TMY2 files). Reinhart; Maridaljevic; Rogers, (2006).

Esta métrica dinámica se abordó analizando un rango de iluminancia útil y de comodidad visual, por ejemplo, UDI logrado es la ocurrencia anual de iluminancia dentro del tramo propuesto, además puede ser dividido en:

- UDI autónomo entre 500 y 2000 lux
- UDI suplementario entre 100 y 500 lux, además:
- UDI < 100 lux es insuficiente y y se “queda corto”
- UDI suplementario > 2000 lux corresponde a un UDI excedido , indica que hay riesgo de incomodidad visual y excesiva ganancia solar.

Figura 4.8: Rangos de porcentajes de las horas diurnas y cumplimiento de UDI. Mardaljevic (2007)

4.6. Iluminación natural en Santiago.

En la latitud geográfica 33° 41' Sur, el promedio anual de duración de horas de sol, según la información obtenida desde los antecedentes meteorológicos¹⁵, se informó 2850 horas, por lo cual “la radiación solar es lo suficientemente “energética” en términos de eficacia luminosa¹⁶. Además de acuerdo al cúmulo de datos meteorológicos obtenidos de la ciudad, informados (tabla XX), se observó que el día más largo tuvo un registro horario de 14 h. 22 m. 15 s. y el día más breve, contabilizó un total de 9 h. 55 m. 55 s.

Las cantidad de días de cielo claro durante el año, corresponden a un alto porcentaje llegando a 38%, en el caso de cielos parciales nublados alcanzaron el 34% y para cielos totalmente cubiertos de 28% (Figura 4.9). Sumados los porcentajes de días con cielo claro, se obtuvo, un 72% del año (273 días) de alta iluminancia y brillo.

Debido a esto actualmente, la evaluación y estudio de la iluminación natural en la ciudad Santiago; debe ir mas allá de calcular el FLD, que ha sido un criterio de análisis parcial, ya que, el tipo de cielo bajo el cual se evalúa no es lo habitual en Santiago e incluso es posible mayor cantidad de turbiedad en el aire que nubosidad, aun así en clima mediterráneo, predominan los días soleados; totalmente despejados o parciales; y tiene sentido lo indicado por Bodart et al. (2011), confirmaron la afirmación señalada anteriormente

En la búsqueda por controlar la iluminación natural y las inclemencias del clima, se han generado formas de medición basadas en la ubicación geográfica, en los horarios y los estados del tiempo. El uso de métricas dinámicas, que consideren factores en permanente cambio, permite evaluar tipologías representativas de edificios de oficinas construidos en Santiago (p.23).

Gráfico 4.1. Distribución porcentual promedio anual, de las características de cielo en la ciudad de Santiago.

15. Estación meteorológica de Quinta Normal con datos históricos de los últimos 30 años y analizados en la base Santiago.stat obtenida de www.energyplusweather.org

16. Eficacia luminosa: cociente entre la iluminancia e irradiancia y sus valores dependerán de la altitud del sol, de la nubosidad y de la concentración de aerosoles y vapor de agua en la atmósfera

Otro aspecto de interés, se encontró en Reinhart *et al.* (2000), quienes demostraron que las evaluaciones realizadas a partir de bases de datos climáticas horarios confiables *'are attainable when situation as being 'because of its simplicity rather than its capacity to describe reality'*. Mardaljevic 2009.

Mardaljevic (2006) lo describió de la siguiente manera:

The rooms were un-shaded and un-occupied. An illuminance of 200 lux was achieved for approximately 58% and 68% of the year for the North and South facing spaces respectively. However, an illuminance of 400 lux was achieved for only 12% of the year for the North facing space with more than four times that occurrence (51%) for the South facing space. Of course, for sunnier climates the effect of orientation on daylight illumination will be greater still.¹⁷

Tabla 4.3. (%) Factor luz día medio Kwok and Grondzik, 2007.

Grafico 4.2. Irradiación solar directa e indirecta en conjunto de datos extraídos del archivo climáticos

17. Mardaljevic, J. Hescong, L. Lee, E. (2009) Daylight metrics and energy savings. Lighting Research. Technology. 2009; 41: 261–283

4.7. Medición de la iluminancia diurna en Santiago para verano

En este apartado se describe el experimento realizado en terreno para obtener antecedentes reales con mediciones continuas de las características de la iluminación natural local en una fecha de condiciones de cielo totalmente despejado y luminoso en verano. Además fue necesario verificar cuan diferente era la iluminancia real, comparada con las simulaciones realizadas anteriormente, según el modelo de cielo *sunny* totalmente soleado de CIE que habitualmente se había utilizado en Radiance cuya máxima luminancia fue 85.000 lux.

Se realizó una jornada de medición para el día 4 de enero del cual también se obtuvo información radiación solar global y de temperaturas de referencia, durante el mismo día.

Se puede decir que las publicaciones científicas informando, mediciones bajo cielo abierto y especialmente soleado resultan difíciles de encontrar, en contraste con la gran cantidad de experimentación que se ha realizado bajo cielo cubierto y especialmente bajo cielo artificial de acuerdo a los estándares de la CIE. Por este motivo inicialmente se examinó algunos casos de investigaciones basados en mediciones en modelos a escala.

La segunda parte correspondió a la verificación de reflectancia del modelo físico y las mediciones obtenidas; incluyó una introducción al estudio, la metodología, los resultados y las conclusiones. El objetivo de estas mediciones fue obtener información local directa, del desempeño de la iluminancia, según el modelo que de un atrio rectangular de 4 lados y en 5 plantas, abierto al cielo, y de esta manera comparar las pruebas de iluminancia con aquellas obtenidas anteriormente.

4.7.1. Introducción a los modelos a escala.

Los modelos físicos para evaluar la iluminación natural, han prestado excelente ayuda al realizar mediciones debido a su independencia de la escala; sin embargo, para lograr una mejor reproducción del comportamiento de la iluminación natural es necesario, una exacta reproducción de la configuración del espacio y de las características de las superficies.

Moreover, a scale model is valuable for a prevalidation of the real performances of daylighting strategies in a new building. In fact, a model allows quick changes in geometry and surface characteristics providing qualitative data from photographs, for example, and quantitative data of the illumination in the space to check the agreement between visual needs and daylighting. (Calcagni; Paroncini, 2004: 669-682)

Diferentes investigaciones han validado esta metodología de evaluación, de iluminación natural, ya que, mediante la cual se puede anticipar el comportamiento de la luz en los espacios interiores. Littlefair (2000); Calcagni *et al.* (2002); Wienold; Christoffersen (2006), plantearon y demostraron que un modelo en la etapa de diseño, era una herramienta simple y versátil, para el estudio de la luz. En este caso se presentó la condición para la cual, cada medición de prueba se remitió a la fecha y condiciones de cielo precisas, a diferencia de un modelo en software utilizando condiciones de cielo preestablecidas según CIE, seleccionando aquellas que más se acerquen a la situación local.

Fig. 2. Scale model fixed on the heliodom.

Fig. 3. Simplified 3-D Studio Max Model.

Figura 4.9. Modelos de ensayos y simulación. Calcagni, Paroncini 2004

Calgani; Paronccini (2004). Evaluaron un modelo, a escala 1:50 de un edificio atrio simétrico de 50 x 50 m con lados de 20 m y seis pisos cuya estructura fue en terciado. Se lo fijó en una base rígida y el área adyacente al atrio se construyó como espacio abierto, las superficies de las paredes y del piso fueron simuladas con el uso de diversas tarjetas de colores que reprodujeron diferentes porcentajes de reflectancia: 24,3% en el piso, 50% en cielo, 43,7% para las paredes, además de un piso totalmente blanco de alrededor de 85% para mejorar la luz reflejada en los niveles inferiores. El modelo simuló un atrio que tenía superficies vidriadas variables al disminuir el porcentaje al interior en el 15% respecto de la planta (100%) hasta el piso superior (los 25%). El 90% de la superficie externa del edificio se esmaltó tipo muro de cortina, en la investigación experimental el atrio no tenía cubierta.

Por ejemplo, el modelo a escala del atrio fue probado en un cielo artificial de la Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL) con el propósito de obtener medidas objetivas y posibles de reproducir sin interferencia de las condiciones meteorológicas; de hecho el cielo artificial proporcionó la reproducción de la distribución de la iluminancia uniforme del estándar de cielo CIE lo que hace posible para comparar resultados sobre una base internacional¹⁸

Otro tipo de modelos para los registros de diferentes variables fueron de mayores dimensiones Mabb (2000)

18. B. Calcagni, M. Paroncini/ Energía solar 76 (2004) 669-682

Figure 5.20: Graph of light level programs comparison under overcast skies]

Figure 5.21: Graph of light level programs comparison under clear skies]

Figura 4.10. Graficos comparativos MAbb (2000)

Figura 4.11. lux. Modelo de medición. Mabb (2000)

4.7.2. Modelo físico.

La evaluación de la iluminación natural, se puede realizar a partir de diferentes herramientas. En este caso se analizó, el comportamiento de la iluminación natural en un modelo físico a escala 1:50, cuyos parámetros de origen fueron la síntesis de la clasificación del atrio de cuatro lados edificados; desde el promedio de las dimensiones obtenido del catastro de los 27 edificios en Santiago.

Se planteó un modelo a escala como una herramienta de prueba, para verificar el desempeño de la iluminancia en el interior del atrio Swinal (2009). En investigaciones anteriores Roldán et al. (2006) se realizó un registro de iluminancia en Santiago, bajo cielo nublado, sin embargo y debido a que se desconocían mediciones llevadas a cabo bajo cielo completamente abierto y soleado, cuya característica climática fueron asociadas a altas temperaturas diurnas en torno a 30°C.

Debido a que los modelos a escala han sido validados como una metodología de evaluación, especialmente útil para el estudio de la iluminación natural, mediante estos se puede predecir el comportamiento de la luz, motivo por el cual, se reconoce ampliamente que un modelo en la etapa de diseño, es una herramienta simple y versátil para el estudio de la luz. (Littlefair, 2000; Calcagni; Paroncini, 2002). En este caso se presentó la condición para la cual, cada medición de prueba se remitió a la fecha y condiciones de cielo precisas, a diferencia de un modelo en software utilizando condiciones de cielo preestablecidas según CIE, seleccionando aquellas que más se acerquen a la situación local.

En un modelo las reflectancias de la superficie y la geometría, se pueden replicar para proveer el mismo ambiente lumínico que en un edificio. Las impresiones visuales de color serán las mismas que se podrían obtener al interior del modelo sin importar la escala. Las mediciones y evaluaciones del desempeño lumínico en un modelo a escala son similar al comportamiento logrado.

Para llevar a cabo estas mediciones, se construyó un modelo a escala 1:50 tomado desde el catastro, específicamente la síntesis de los casos de cuatro lados. El modelo tuvo 4 pisos de altura más planta baja, cada piso incluyó circulaciones interiores balconada a la cavidad del atrio en 2 m. Fue dibujado en la computadora y construido en cartón a partir, de los cortes de cada pieza realizados en la cortadora láser para mayor precisión. La terminación interior fue en pintura gris mate similar a la tonalidad del hormigón después de unos años, correspondiente a una reflectancia de (0,23).

- Detalle y medidas modelo físico.

4.7.4. Verificación de la reflectancia de la superficie gris “hormigón” de la maqueta.

Para caracterizar la reflectancia de la superficie con terminación interior en pintura gris mate, similar a la tonalidad del hormigón correspondiente al material base de la maqueta, se realizó una medición que requirió un luminancímetro¹⁹, además del patrón gris de referencia y disponer de un área despejada al exterior, cuya única condición fue la total ausencia de exposición solar directa del objeto a evaluar según protocolo de medición Fontoynt (2009)²⁰. El objetivo fue conocer la reflectividad que se incorporaría en los modelos para simular la iluminación natural.

$$\text{Fórmula luminancia - luminancia:} \quad r_{o\ m} = r_{o\ patrón} \cdot \frac{L_{m..}}{L_{patrón}}$$

Donde:

$r_{o\ m}$ = Reflectancia del material en estudio

$r_{o\ patrón}$ = Reflectancia del patrón

L_m = Luminancia material (cd/m²)

$L_{patrón}$ = Luminancia del patrón (cd/m²)

Figura 4.12. Esquema del modelo realizado.

19. Esta medición contó con el apoyo y equipo de medición de la Doctora Andrea Pattini, Jefa del LAHV _ CRICYT de Mendoza.

20. Fontoynt, M. Daylight Performance of Buildings. Lyon: ENTPE, 1999.

- Metodología

- Se utilizó del modelo a escala, el piso superior desmontable del resto, para facilitar las mediciones de la luminancia.

- Para conocer la reflectancia se midió el brillo luminoso del gris de la maqueta respecto de un patrón gris, para luego introducir el valor en la formula luminancia-luminancia, en este caso el brillo del patrón y del material a medir.

- Se consultó un patrón gris de tarjetas según Kodak.

- Se incorporó la medición del gris de referencia en la formula de luminancias para se pudo calcular la reflectancia del material en estudio.

- Instrumento de medición.

Luminancímetro Minolta LS 100 (*Luminance Meter*)

Lente reflectivo único (SLR) de diámetro 0,4 mm. Rango de medición certificado 0,001 a 999.990 cd/m², pantalla LCD incorpora.

Procedimiento:

El procedimiento de medición fue sencillo, se ubicó la tarjeta patrón sobre la maqueta evaluar y se enfocó sobre la muestra de la cual se requiere conocer la luminancia. Al enfocar en el visor del equipo se activó una cruz roja que indicó la posición correcta y estado óptimo para obturar y revisar lateralmente el valor de luminancia obtenido, en este caso indicado en la siguiente tabla 4.3.

Se registraron las siguientes luminancias:

L_m = Luminancia material = 1250 (cd/m²)

$L_{\text{patrón}}$ = Luminancia del patrón gris²¹ = 615 (cd/m²)

Medición y Cálculo de Reflectancia			
Brillo Luminoso	Unidad	Patrón	Medición en Maqueta
		Gris	Gris
Reflectancia	ρ_o	0,18	0,23
Luminancia	(cd/m ²)	615	785

Tabla 4.3. Medición de luminancia y calculo de reflectancia.

Conclusiones verificación de la reflectancia:

- El procedimiento es muy sencillo, teniendo los todos los medios requeridos y conceptos definidos correctamente
- Se la reflectancia del gris de la maqueta de $\rho_{om} = 0,23$, corresponde al valor que se aplicará en los modelos a simular en el programa de cálculo dinámico más adelante.

21. Como antecedente general se puede decir que la luminancia del patrón blanco era 2130 (cd/m²) y la reflectancia de 0,89 - 0,9.

4.7.4. Mediciones de las condiciones de cielo soleado en modelos a escala.

Las mediciones de iluminancia ha sido un método habitual de consulta en modelos a escala, el objetivo en este caso fue caracterizar el comportamiento de los niveles luminosos al interior de un atrio de cuatro caras abierto sin cubierta, en el piso se insertó el sensor del luxómetro para registro continuo de la iluminancia.

El modelo utilizado se detalla según las especificaciones y esquemas de la figura 4.12.

- Instrumento de medición.

Método para la verificación de iluminancia en el interior de la maqueta.

La medición de iluminancia se realizó con un luxómetro marca Extech cuyo visor quedó inserto en el centro de la planta 1 del atrio.

Rango de iluminancia del instrumento: 400, 4.000, 40k, 400k (Lux); 40, 400, 4.000, 40.000k (Fc). Exactitud: $\pm 5\%$ rdg; máxima resolución 0.01Fc / 0.1Lux

Este datalogging (HD450) permitió hasta 16.000 lecturas continuas; 99 lecturas seleccionadas. PC interface USB

Dimensiones 6.7 x 3.1 x 1.6" (170 x 80 x 40 mm.), peso 390 gramos.

.Figura 4.15. Ubicación señalada en planta con punto rojo.

.Figura 4.16. Luxómetro utilizado.

- Procedimiento de medición en maqueta:

Las mediciones se realizaron en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, ubicada en el centro de la ciudad de Santiago de Chile, en la latitud geográfica 33°41' S, 71°W. Se escogió un sector de terraza bastante despejado (fig. 4.18) se localizó la ubicación con un punto rojo. y permitió medir entre las 9 de la mañana y 17 horas.

- El modelo para el registro lumínico se realizó a escala 1:50, se verificó la orientación Teniendo presente el reciente solsticio de verano 2014 las principales etapas del ensayo son las siguientes:

- Preparación del material experimental adecuado y espera hasta tener un día con condiciones óptimas (cielo despejado) según el pronóstico meteorológico, para la realización del ensayo.

- A la fecha de las mediciones y teniendo presente el reciente solsticio de verano las principales etapas del ensayo fueron las siguientes:

1. Programación y colocación del equipo en el modelo de ensayo,
2. Verificación de todos los instrumentos y aparatos de apoyo al ensayo, puesta en marcha y comprobación de su correcto funcionamiento.

Figura 4.17. Sensor del luxometro inserto en la base de la. maqueta.

Figura 4.18. Maqueta ubicada en la terraza.

Figura 4.19. Vista interior de la maqueta con soleamiento nor poniente.

3. Comprobación de las condiciones meteorológicas, como es la época de verano se requiere un día totalmente despejado, sin embargo, el solsticio del 21 de diciembre la condición meteorológica fue nublado y chubascos (situación totalmente excepcional; luego se probó a la semana siguiente y si bien a medio día el 29 de diciembre fue muy despejado temprano por la tarde hubo nubes ese día de mediciones no se consideró. Finalmente el 4 de enero se logró llevar a cabo la jornada completa.

4. Transcurrido el período establecido para las mediciones y habiendo resultado satisfactorios se procedió a la recuperación y lectura del dataloggers. Para validez de la medición de iluminancia que abarcó por completo el fenómeno a estudiar, se logró el registro continuo requerido en el horario en torno al medio día (en este caso desde las 9:00 h a las 17 h).

5. Se realizaron inspecciones visuales continuas durante las mediciones diurnos para hacer diversas comprobaciones sobre el buen desempeño del luxómetro.

Resultados

Los datos fueron registrados directamente en el computador, ya que el luxómetro no contaba con memoria para guardarlos, se revisaban en la pantalla del computador conectado directamente al equipo.

Grafico 4.3. Información de datos brutos desde el luxómetro.

Los datos de los sensores se analizaron directamente en el computador a partir de su captura a la vez de la toma. El equipo entregó una curva y un listado de los resultados registrados en bruto mostrados en los gráficos 3, estos registros fueron copiados en planilla Excel.

Todos los datos brutos fueron interpretados en el gráfico 4.3.

Conclusiones de las mediciones en modelo a escala:

Las mediciones y el registro final de resultados fue satisfactorio, ya que se logro tener una referencia local y fiable de un día muy soleado en el cual la limpieza del cielo también influyó en el valor final de iluminancia debido a alta radiación solar incidente.

Los resultados de las mediciones al interior de la maqueta, si bien expuesta a cielo abierto fueron muy elevados y cumplieron el objetivo de aportar antecedentes locales.

Gráfico 4.3. Registro completo de iluminancia en el interior del atrio.

Grafico 4.4. Registro completo de radiación solar local, tomado como referencia desde el Departamento de Física USACH. Para más información: www.usach.cl.

4.8. Conclusiones parciales, capítulo 4.

La aplicación de los conceptos sobre iluminación natural en la maqueta de estudio, permitió constatar altos niveles de iluminancia en un día totalmente despejado en la ciudad de Santiago.

La medición máxima lograda fue de 132.200 lux al interior de la maqueta sin cubierta, superó el estándar de los modelos de cielo soleado CIE, que, en los programas conocidos especialmente Radiance propuesto para utilizarlo al inicio de esta tesis, solo se registró 85.000 lux.

Se verificará el modelo de calculo estático solo para dar cuenta del análisis tradicional, que hasta la actualidad, se realiza en Chile e incluso recientemente se incorporó en los manuales e instrumentos de verificación de eficiencia energética para todo tipo de edificio.

A partir de la recientes mediciones bajo cielo soleado y las anteriormente realizadas bajo cielo nublado, se decidió realizar las simulaciones del atrio de cuatro caras según el modelo dinámico, evaluando de acuerdo al clima local, lo que se verá en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LAS SIMULACIONES LUMÍNICAS EN EL MODELO BASE DE ESTUDIO

5.1. Introducción:

En el capítulo anterior se revisaron los conceptos y los métodos de evaluación de la iluminación natural, además, se presentaron las mediciones obtenidas en un modelo físico, construido a partir del análisis y síntesis del inventario, tomando el caso del atrio de cuatro caras.

Se revisaron demás las evaluaciones anteriores, realizadas en *Radiance Desktop* comprobándose las limitaciones del modelo de cálculo estático, más allá del cielo nublado también en algunos de los 15 modelos que la CIE (2003) actualizó, por lo tanto se verificaron algunas dificultades al obtener los resultados de las pruebas realizadas con los programas *Ecotec* y *Radiance*¹, especialmente simulando con cielo soleado (*sunny*) que ofreció una iluminancia máxima exterior de 85.000 lux. A raíz de esto se adicionó un nuevo programa a las pruebas *Daysim*, modelando y operando respectivamente desde los programas anteriores.

Por este motivo, partir de profundizar en la metodología más reciente de cálculo, evaluación y estudio de la iluminación diurna, correspondiente al comportamiento dinámico anual basada en el clima, de acuerdo con los autores, Mardaljevic (2006), Reinhart *et al* (2006); fueron calculadas tres métricas dinámicas para cada modelo. En todos los caso a simular se aplicaron las sugerencias del reciente método IES LM-83-12².

En este capítulo se presentan, los resultados de las simulaciones que fueron realizadas para determinar, el desempeño lumínico en Interior del modelo atrio, de acuerdo al comportamiento anual de la iluminación natural, según las variantes de orientación, altura y cubierta.

El objetivo de estas pruebas fue establecer por comparación, rangos de desempeño lumínico según las proporciones de la cavidad del atrio y la cubierta, en el clima mediterráneo de Santiago; para lo cual se comparó cada caso aplicando estándares recomendados para el buen comportamiento esperado. También se analizaron los resultados promediando el desempeño lumínico, con el fin de identificar cada caso y posteriormente vincularlos con los atrios de cuatro caras documentados en el inventario local.

1. <<http://www.radiance-online.org>>

2. Para mas información consultar: IES (LM-83-12). Approve Method: IES Spatial Daylight Authonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). < <http://ies.org/store/product/approved-method-ies-spatial-daylight-autonomy-sda-and-annual-sunlight-exposure-ase-1287.cfm>>

5.2. Herramientas de cálculo y simulación en programas de computadoras.

Diferentes herramientas de simulación, permiten construir modelos geométricos simplificados en el ambiente virtual de la computadora, este medio junto al seguimiento y monitorización de edificios en terreno, podrían mencionarse como los métodos más recientes de evaluación y análisis de la iluminación natural, a diferencia de aquellos tradicionales y de larga data como, la construcción de modelos a escala o maquetas, las interpretaciones gráficas, o definitivamente fórmulas y algoritmos, que también han permitido obtener mayor conocimiento del desempeño lumínico.

Actualmente, de acuerdo con a las recientes recomendaciones de la IES LM-83-12, se describió detalladamente el método para llevar a cabo simulaciones dinámicas en espacios interiores, según la disponibilidad de iluminación natural; las indicaciones exigen detallar al máximo las propiedades de los espacios que se analizarán, describiendo con precisión la arquitectura; especialmente de acuerdo a mostrar el cumplimiento con el desempeño específico de aquellos requerimientos planteados, según, los estándares de autonomía lumínica diurna y exposición solar anual.

Lo anterior viene en concordancia, con alinear criterios al momento de dar cumplimiento en aquellos indicadores de bienestar lumínico del hombre, solicitados a través de diferentes herramientas de certificación, normas o manuales de referencia que hoy son una insoslayable requerimiento para cualquier tipo de evaluación ambiental; esto ha sido posible de comprobar a través de las herramientas computacionales.

The role that daylight evaluation plays in the design process has acquired a new impetus as the need to demonstrate compliance with various 'performance indicators' becomes ever more pressing. Two of the most used rating systems are BREEAM and LEED which originated in the UK and US respectively, though they are both used world-wide.³

En el caso de las simulaciones, durante la década de los 90, esta área fue apoyada con un gran desarrollo, de las tecnologías informáticas lo que generó una demanda cada vez mayor por conocer y precisar el desempeño y disponibilidad de la iluminación natural, impulsada por la creciente necesidad de cuantificar las horas de disponibilidad y por consiguiente el aporte en el ahorro energético de electricidad y el desempeño sostenible del recurso natural durante la vida útil de los edificios.

3. Para más información consultar: Mardaljevic, J. (2012, mes?). Opinion: Daylighting prescriptions: Keep taking the pills?. Lighting Research and Technology 43: 142. Obtenido, 7 de octubre de 2014.

Es así como se pudo verificar el cumplimiento de algunos estándares que apoyan la eficiencia energética, a través de diversos métodos que permiten cuantificar el desempeño de la iluminación natural, sin embargo, desde hace 10 años, impera el absoluto dominio de las herramientas de simulación que anticipan estos comportamientos ambientales, permitiendo la obtención de los resultados que permiten rápidamente verificar el cumplimiento de las exigencias de certificaciones, Reinhart (2012) es recomendable como se demostró en el Capítulo 3, analizar correctamente los programas más apropiados a utilizar, según los objetivos propuestos y el tipo de proyecto⁴.

Si bien, diferentes herramientas se pueden aplicar para evaluar el desempeño de la iluminación natural, según los métodos de la CIE y el IES para el cálculo estático bajo cielo nublado y despejado, vistos en el capítulo anterior; para resolver la complejidad del modelo dinámico se han llevado a cabo mediciones en terreno y posteriormente se realizaron simulaciones en programas que han incorporado el clima local, habilitándose para calcular desempeños lumínicos anuales, Nabil y Mardaljevic (2006); Reinhart *et al* (2006).

Por los motivos anteriores, en esta tesis fueron seleccionados 3 programas, de acuerdo a las prestaciones requeridas, para evaluar el comportamiento de la iluminación natural, dos de ellos incorporaron el uso de archivos climáticos, tales como *Ecotec* y *Daysim*, y un tercer programa *Radiance Desktop* actuó como motor de cálculo.

5.3. Metodología de evaluaciones y pruebas lumínicas.

La metodología se basó en evaluar y comparar cuantitativamente, el desempeño lumínico en un atrio de cuatro caras con variaciones de altura y cubiertas para los cuales, además fue sensibilizada la orientación. Sin embargo, como se demostró una de las dificultades iniciales se produjo al verificar que el programa seleccionado para las pruebas, *Radiance Desktop*, con el cual se simuló utilizando diferentes modelos de cielo de la CIE, en el caso del cielo soleado (*Sunny*) se registró niveles de iluminancia exterior máximo de 85.000 (lux); bastante lejanos a los niveles medidos al interior del módulo experimental del capítulo anterior, donde los niveles de iluminancia alcanzaron altos registros en verano.

4. <<http://web.mit.edu/SustainableDesignLab/projects/TeachingResources/Daylight%20SimulationChecklist>>

Por tal motivo, se profundizó la búsqueda enfocándola en aquellos estudios científicos de la iluminación natural dinámica: Walkenhorst *et al.* (2002); Reinhart *et al.* (2006), Mardaljevic (2000), además del estándar IES LM-83-12 y el método de cálculo que plantea esta referencia. Finalmente se trabajó con aquellos programas que entregaron resultados a partir de simulaciones basadas en el clima.

Estas pruebas se realizaron a través de simulaciones computacionales, cuyos resultados permitieron obtener, tres métricas distintas del comportamiento de la iluminancia en el interior del atrio. Estas diferentes escalas de medidas correspondieron a la reciente metodología de evaluación dinámica que permitió conocer el desempeño luminoso en un espacio interior de acuerdo al clima local, considerando la posición solar, la radiación solar difusa y directa, además de la identificación de las características luminosas del cielo. Los resultados de métricas dinámicas se compararon entre si, según orientación, al igual que en el caso de la tradicional métrica estática bajo cielo nublado de factor de luz día (FLD).

A partir del modelo inicial y de acuerdo a cada variable y orientación, se obtuvieron treinta y seis modelos del espacio atrio que fueron construidos en el la plataforma del programa *Ecotect*, luego cada modelo geométrico y sus respectivas parametrías fueron exportadas desde el administrador del programa a *Radiance* para finalmente trabajar con ellos en el simulador de evaluación de iluminación dinámica *Daysim*.

Finalmente los parámetros geométricos característicos de la cavidad del atrio, fueron incorporados en el análisis de los resultados

El objetivo de este estudio fue demostrar como la métrica dinámicas pueden ser usadas para orientar rápidamente en las decisiones de diseño.

5.3.1. Ecotec.

Fue creado y desarrollado por Andrew Marsh a través de Square One Inc; actualmente pertenece a la empresa Autodesk. La versión utilizada en esta tesis fue de 2011, y en él se construyeron los modelos tridimensionales (3D) de geometría simplificada; el programa de reconocida alta versatilidad, debido a la compatibilidad con varios otros programas de dibujo bidimensionales y 3D, facilitó la importación de modelos en diversas extensiones, tales como, objetos geométricos, estructuras en mallas de alambre e imágenes. Cualquiera fuera la procedencia del modelo inicial para evaluar, en el programa Ecotec fácilmente se puede incorporar los parámetros con las características físicas, térmicas y ópticas, de los materiales y sus superficies, ya sea desde base de datos que trae incorporada como desde aquellas que desee construir cada usuario, a través de un sistema similar a fichas. Finalmente y luego de someter estos modelos a evaluación, se obtuvo rápidos resultados de acuerdo al estudio de las estrategias aplicadas según las propuestas iniciales de diseño esquemático y las posibles pruebas posteriores.

En iluminación natural, Ecotec ofrece la posibilidad de evaluar niveles de iluminancia (lux) y el factor FLD (%) de acuerdo a 2 tipos de cielo CIE: nublado con brillo solar (overcast), y nublado totalmente uniforme (uniform). Interpreta los resultados tanto para un área específica como sobre los puntos de una matriz, en donde, cada intersección representa un nodo que actúa como un sensor que elabora y entrega la información consultada.

La versatilidad del programa, permite la exportación de los modelos realizados en él junto a los parámetros adscritos, sin modificación alguna, permitiendo el posterior análisis y validación en otros motores de cálculo, tales como, Radiance y Daysim que se utilizaron en este caso.

Figura 5.1. Imagen del ambiente de modelización en Ecotec y 2 recuadros para la parametrizar materiales y las características térmicas y ópticas.

5.3.2. Radiance.

Es un programa en desarrollo continuo creado a mediados de la década de los 80, por Greg Ward Larson en el Laboratorio Nacional Lawrence Berkely junto a la Compañía de Gas y Electricidad del Pacífico y el Instituto Eficiencia Energética de California. La versión tradicional ejecutable, V. 2.4 y de libre acceso⁵ ha sido de uso habitual en la mayoría de las investigaciones, Reinhart y Fitz's (2006); a diferencia de la versión que permite programar (Radiance scripts), Nabil y Mardaljevic (2006) también libre y de menor frecuencia de uso. En esta tesis se usó la primera versión.

El programa fue validado tempranamente por Mardaljevic, (1995); quien presentó un exhaustivo trabajo en el cual las simulaciones que realizó en Radiance fueron comparadas con los resultados de mediciones en diferentes sensores de iluminancia, ubicados en el interior de una habitación para identificar la distribución de la luz, lo más novedoso entonces, fueron las mediciones de diferentes condiciones de cielo real incluido soleado; para los cuales concluyo una alta correlación entre las mediciones y los resultados del programa. La exactitud de las evaluaciones e imágenes entregadas por el programa; han sido respaldados en diversas investigaciones, Fontoynt et al., (1999); Calcagni y Paroncini, (2004); Sharples y Lash (2007).

Se destaca en Radiance el uso de método "Monte Carlo ray tracing based" habitualmente llamado "ray tracing", para calcular la inter reflexión difusa a diferencia de la técnica Radiosity mas eficiente en resolver cálculo de luminancias en habitaciones rectilíneas con superficies difusoras sencillas. Mardaljevic (1998). El método de cálculo de las reflexiones internas finalmente permitió trabajar en Radiance, un ambiente lumínico donde fue posible programar la cantidad de reflectividades, facilitando la posibilidad de modelar superficies reflectores multi especulares, ventanas complejas y un sistema de cielos luminosos según los tipo de cielo CIE. Ward, (1995), obteniendo imágenes con rangos de iluminancia y luminancia, en faso color, cada vez mas aproximados a la realidad, (Ward en Mardaljevic validación). Sin embargo aun cuando esta equipado con una capacidad única para simular iluminación natural, no encontrada en otros programas, Radiance Desktop es un programa de simulación estática que apenas simula los fenómenos sobre una condición de cielo predeterminada por CIE. Aun así ha ofrecido un ambiente que facilita el motor de trabajo de otros programas como Daysim; dejando en claro que Radiance Script permite programar las matrices que lo componen⁶

5. www.radiance

6 25 Years of Radianceat ARUP.

5.3.3. Daysim.

Esta herramienta de simulación fue desarrollada por el Consejo Nacional de Investigaciones de Canada (NRCC) y el Instituto Fraunhofer; Reinhart y Walkenhorst (2001)⁷ que calcula un perfil anual de iluminación interior, utilizando archivos climáticos con información proveniente de registros horarios, permitiendo anticipar cantidades de iluminación natural de acuerdo a las actuales métricas entregadas por la autonomía de la iluminancia diurna, (DA) y la iluminancia diurna útil, (UDI); además del conocido (FLD). La precisión del programa fue demostrada con mediciones tomadas directamente desde el cielo obteniendo una buena correlación con los resultados simulados.

El programa fue planteado desde los conceptos del confort visual que fueron abordados en las actuales métricas dinámicas de iluminación natural. El motor de simulación utilizado correspondió al programa Radiance, *“that combines a backward-ray-tracing algorithm, a daylight coefficient approach and the Perez Sky Model to simulate time series of solar irradiances”* Ibarra; Reinhart (2011). Estos dos métodos de interpretación de la iluminación natural a partir de la radiación solar directa e indirecta, fueron muy bien sintetizados en la siguiente imagen Jakubetic (2012); basados en Reinhart; Herkel (2000).

Figura 5.2. Presentación en Encuentro de Radiance. “Jornada de trabajo en Daysim” Jakubetic - Reinhart. <<<http://radianceworkshop>>>. Recuperado, 280115

7. Reinhart, C.F., Walkenhorst, O. 2001. Dynamic Radiance- based daylight simulations for a fullscale test office with outer venetian blinds. Energy and Buildings 33(7), 683–697.

En la imagen 4.2, se graficó la concepción e interpretación de las componentes de la iluminación natural en Daysim. El programa fue desarrollado en dos etapas⁸ que difieren en como la irradiancia difusa y directa fue tratada; según fue indicado en una sencilla explicación de Ibarra; Reinhart, (2012), ya que la primera versión del programa, fue identificada como DS y la segunda versión DDS; en ambas, el esquema de división de la bóveda celeste se realizó según Treguenza, (1987); es decir, en 145 parches para luego combinarlos con el modelo de distribución de luminancia, *Perez All Weather*, para derivar la luminancia y radiancia de cada uno de estos parches, con el propósito de identificar y diferenciar entre la contribución proveniente desde diferentes recursos luminosos, además, el piso de la bóveda celeste fue dividido en 3 segmentos concéntricos de reflectividades difusas; que consideraron 65 posiciones solares directas⁹. Luego la segunda versión DDS fue favorecida con un mayor detalle en el análisis de la contribución solar, considerando: un segmento de piso reflectivo, 145 posiciones solares indirectas y 2305 directa; esto significó demandar mayor recurso en la computadora explicándose de acuerdo a el modo de simular el programa:

Simulations are basically carried out in two steps. In a first simulation step a whole set of diffuse, indirect (DDS only) and direct daylight coefficients are calculated for all points of interest. Secondly, the sky luminances/irradiances pertaining to the daylight coefficients are calculated using the Perez All- Weather Sky Model (Perez et al., 1993). (Ibarra; Reinhart, 2012: 2628)

La precisión del programa fue validada con mediciones de datos climáticos, Reinhart, *et al* (2001). Posteriormente otros investigadores como Pattini *et al.* (2013), especificaron algunos de los parámetros más relevantes de este modelo, cuales son la oscuridad o claridad del horizonte, el gradiente de luminancia cerca del horizonte, la intensidad relativa y la anchura de la región circumsolar además de la intensidad relativa de la luz difundida. En este caso los autores construyeron su propia base de datos climáticos anuales con extensos registros de iluminancia local.

En esta tesis se trabajó con la versión *Daysim 3.1e beta*, que al incorporar los modelos de Cielo para todos los climas, Pérez (1990) y Pérez *et al.* (1993) interpretó los archivos climáticos que incorporaron la radiación solar directa y difusa, esperando tener una mayor precisión en los resultados de acuerdo a la luminancia bajo distintas condiciones de cielo local.

8. El programa continua desarrollándolo un equipo al alero de la Universidad de Harvard.

5.4. Metodología para evaluar la iluminación natural en el atrio:

La metodología de este estudio se abordó desde la concepción dinámica y estática que permiten evaluar la iluminación natural y fue probada en el programa de simulación Daysim debido a la accesibilidad y fiabilidad de los resultados entregados, Ibarra y Reinhart (2011); Monteoliva y Pattini (2013); Kim y Song (2013). El programa requiere dos fuentes de información esenciales para realizar los cálculos y entregar posteriores resultados para llevar a cabo una simulación de disponibilidad horaria de iluminancia anual. Estas son:

1. La descripción de la metodología para la configuración geométrica del modelo y los materiales del edificio, que provienen de las características ópticas y de las terminaciones del modelo ingresado en Ecotec y luego exportada a Radiance.
2. El archivo climático horario e histórico del lugar con al menos 30 años de registros de datos que permitan interpretar las características luminosas del lugar.

Otros antecedentes necesarios para iniciar las simulaciones correspondieron a la modelización de las características del caso en estudio y uso del espacio, que corresponden como sigue:

Figura 5.3. Presentación en Encuentro de Radiance. “Jornada de trabajo en Daysim” Jakubetic - Reinhart. <<<http://radianceworkshop.org>>>. Recuperado, 28/11/15

5.4.1. Configuración geométrica del modelo.

La metodología para la construcción del modelo y las propiedades del espacio que fue analizado, se realizó siguiendo las directrices y sugerencias planteadas en el documento IES LM (83-12) que indica, los aspectos necesarios a considerar antes de iniciar las simulaciones, que en el caso del método aprobado por la IES se aplica específicamente a las métricas dinámicas. Es así como la construcción del modelo para evaluar el desempeño de la iluminación natural, en el interior del espacio atrio en Santiago, se detalla paso a paso según las dimensiones, las relaciones de proporciones y los materiales. El modelo tiene una abertura superior, de largo 24,7 m; ancho 12,8 m y el alto de cada piso fue 3,56 m.

Figura 5.4. Planta esquemática y perspectiva del modelo de estudio.

- Los modelos derivados según variable altura.

Se plantearon tres variantes de altura de acuerdo a los edificios inventariados, ya que el 33% tenían 5 pisos la altura, sumados estos, los edificios de seis pisos el total resultó de 45%; además el 36% correspondieron a edificios de 3 a 4 pisos, y el 11% a edificios de 7 a 10 pisos, el 4% restante fue un caso de altura excepcional con 28 pisos. De este modo además de tener un modelo inicial de 5 pisos se adoptaron otros dos de altura, 3 y 10 pisos; por lo cual y según la figura 4.5, la menor altura fue de 10,68 m; luego de 17,8 m; y finalmente todos los modelos en el interior fueron balconeados en 2 m de ancho.

Figura 5.5. Esquemas de la variante de altura por niveles de piso.

- Aspecto geométrico según las dimensiones de la cavidad del atrio.

Las características geométricas de la cavidad del atrio fueron estudiadas por diversos autores y se las ha publicado extensamente en fuentes de corriente principal; en este caso fueron identificadas en la siguiente tabla, de acuerdo a las dimensiones: ancho (a), largo (l) y alto (h), permitiendo individualizar cada uno de los tres modelos planteados. De esta manera, a partir de la Relación de Aspecto en Planta (PAR), los modelos fueron identificados con un único coeficiente, ya que la forma y superficie es igual para todos. Luego los siguientes indicadores de aspecto geométrico de la cavidad, fueron todos diferentes, debido a la variación de altura del atrio; por esto para establecer coeficientes que identifiquen la cavidad de cada atrio, se revisó cada aspecto de relación de proporciones .

Aizlewood (1995), utilizó AR y comparó el desempeño de la iluminación diurna al interior de cavidades de atrios de igual superficie de apertura y diferentes alturas, este índice le permitió identificar aquellas configuraciones más eficientes al evaluar el df, bajo cielo artificial. Otras investigaciones han revelado que, dos atrios de igual coeficiente WI, pueden tener diferentes áreas de apertura, según Shaple y Lash (2007); Samant y Yang (2007). Recientemente Kim y Song (2013) evaluaron la misma superficie de apertura de atrio en 4 configuraciones geométricas con 7 diferentes alturas y en 4 orientaciones, para relacionar todas las variables, ellos utilizaron el aspecto de la planta, PAR y de cavidad AR.

Es así como la utilización de los coeficientes de aspectos son prácticos, por cuanto permiten asociar determinadas relaciones entre las diferentes dimensiones de la cavidad del atrio y el desempeño lumínico, según el estándar a cumplir en los modelos estudiados. En este caso, según las características que se presentan en la siguiente tabla 4.1; se obtuvieron los siguientes indicadores para cada atrio.

Relaciones de aspecto geométrico de cada atrio.				
		PAR	SAR	WI	AR	RI
		a / l	h / a	$\frac{h (a + l)}{2 \times a \times l}$	$\frac{(a \times l)}{h^2}$	$\frac{(a \times l)}{h \times (a + l)}$
MA_3 pisos	h =10,7 m.	0,5	0,8	0,6	2,8	0,8
MA_5 pisos	h =17,8 m.		1,4	1,1	1,0	0,5
MA_10 pisos	h =35,6 m.		2,8	2,1	0,2	0,2

Tabla 5.1. Cuadro de relación de aspecto geométrico de cada atrio.

Se observaron variaciones entre los indicadores de aspecto geométrico considerables, con excepción de PAR el cual tuvo igual coeficiente 0,5, ya que las dimensiones en planta quedaron fijas para todos los modelos de atrio, de esta manera no constituyó mayor análisis.

La proporción SAR aumentó en directa relación con la altura del atrio al dejar el ancho fijo ($a=12,8$ m), concordando con Bednard (1986), un SAR menor 1, corresponde a un atrio poco profundo como en el caso del modelo de 3 pisos, de altura total 10,7 metros, así como un SAR mayor a 2, caracteriza un atrio de gran altura y/o de proporción estrecha de planta.

El indicador WI del modelo de 3 pisos fue 0,6 y aumentó en 0,5; casi el doble respecto al siguiente modelo, de 5 pisos quedando este de 1; semejante sucedió con el tercer modelo de 10 pisos que aumentó el doble del tramo anterior, es decir 1, resultando de valor 2,1.

AR a diferencia de los anteriores coeficientes de aspecto geométrico de la cavidad del atrio, resultó en el modelo de 3 alturas de mayor coeficiente 2,8, disminuyendo en las alturas mayores y para el modelo de 10 pisos fue 0,2.

RI este coeficiente aumentó progresivamente, desde la menor a la mayor altura del atrio en 0,3 décimas para cada modelo.

Además se logró establecer la siguiente comparación gráfica (Gráfico 5.1), entre los indicadores geométricos de cada uno de los tres modelos; ésta reveló un SAR, WI y AR, que a partir de la relación proporcional que más adelante se podrá vincular con la disponibilidad de iluminación natural en el interior de la cavidad. En este caso el indicador SAR referido a la sección, permitió una interpretación de la cantidad de la iluminación natural respecto el alto y el ancho del atrio; y el indicador AR respecto la superficie en planta y el cuadrado de la altura.

Gráfico 5.1. Comparativa de cada relación de aspecto geométrico de los modelos.

- Configuración de los modelos de prueba según la variable cubierta.

En esta tesis, se configuraron seis modelos de prueba, con una única superficie de abertura superior de 316,2 m² que en planta inferior fue de 482,2 m², incluida el área de borde bajo los balcones. El criterio aplicado a la variable cubierta fue la transparencia otorgada por el material, además de una relación en porcentajes respecto del material opaco que fue acero zincado.

De esta manera incorporando las tres variantes de altura, se obtuvo finalmente 18 modelos para evaluar el desempeño lumínico en el interior de modelos de atrio.

Modelos atrios (MA) según cubierta.
MA-base_abierto				
MA_vidrio	MA_policarbonato	MA_60-40	MA_36,5-63,5	MA_lateral

100% Vidrio	Policarbonato	60% Vidrio 40% Panel acero	36,5% Vidrio 63,5% Panel de acero zinc	100% Panel acero zinc y ventanas laterales 1 m.

Tabla 5.2. Variaciones de la cubierta en los modelos atrio.

-. Los modelos según los materiales.

El modelo se planteo en hormigón armado, en consonancia a las características de la edificación sísmica local en altura y de acuerdo a los materiales analizados en los edificios del inventario. Los coeficientes de reflectancia de las superficie para cada material fueron: 0,23 en muros de hormigón armado a la vista (de acuerdo a la prueba de reflectancia en maqueta); en el caso del piso fue 0,23 y en cielo 0,810.

Inicialmente se identificó el modelo base abierto, y luego 5 variantes de acuerdo a los materiales de la cubierta:

- Modelo base: sin cubierta, completamente abierto para obtener referencia del total de horas de iluminancia disponible, el mismo criterio se aplicó en el caso de las variables de altura 3 y 10 pisos.

- Modelos según los materiales de la cubierta: fueron propuestos de acuerdo a los materiales inventariados anteriormente, dos modelos de diferente transparencia, uno con cubierta de vidrio y otro en policarbonato; luego se planteó una combinación alternada de superficies en diferentes porcentajes de transparencia del vidrio y opaco en el caso del panel de acero pre pintado en color blanco.

Finalmente se exploró un modelo de cubierta totalmente opaco en acero zincado con terminación en color blanco con aberturas laterales de 1 m de alto.

Las características ópticas de los materiales, espesores y especificaciones generales, se indican en la siguiente tabla:

Características de los materiales de cubierta de los modelos de prueba				
Materiales	Color	Espesor	Coeficientes	
		mm	Transmisión	Reflectancia
Vidrio laminado	Incoloro.	10	0,85	0,08
Policarbonato bi alveolar	Incoloro.	16	0,72	0,08
Panel acero zincado.	Blanco	6	0,0	0,8

Tabla 5.3. Características de los materiales de cubierta en los modelos de prueba.

10. The IESNA Lighting Handbook. Illuminating Engineering Society of North America. 8th Edition. New York: IESNA, 1993: 518.

- Orientación.

Se propuso dos orientaciones para la evaluación del desempeño de la iluminancia en el interior del atrio, esto obedeció a trabajar la opción de desfase en 10° al poniente, respecto el norte que tiene la trama urbana de la ciudad de Santiago motivo por el cual la orientación de la mayoría de los atrios incorporados en los edificios del inventario tienen orientaciones en acimut 350° .

En este caso la orientación del atrio transversal a la orientación norte - sur fue identificada con ángulo 10° y la orientación del atrio longitudinal al Norte se identificó en 100° . En consecuencia, las pruebas se realizaron respecto una nueva variante que fue la orientación.

En la tabla siguiente se presentan los modelos obtenidos a partir de esta nueva variable , junto a las características de la cubierta y de altura

Modelos atrios según orientación.							
Orientación		10°			100°		
Cubierta		MA_3P	MA_5P	MA_10P	MA_3P	MA_5P	MA_10P
1	Abierto
2	Vidrio						
3	Policarbonato						
4	60% V -40% P.a.						
5	36,5% V -63,5%P.a.						
6	V_lateral						

Tabla 5.4. Modelos de los atrios según variable de orientación y detalle de cada uno de los 36 modelos finales.

Finalmente se examinaron 36 modelos atrio de acuerdo a las variables expuestas anteriormente y según cada una de las orientaciones planteadas, en Tabla 5.4. Cada atrio se ubicó 350° al N-P, esto fue para analizar el desempeño lumínico en el interior del atrio según su posición longitudinal o transversal del atrio respecto el Norte.

- Los modelos finales

En la siguiente tabla resumen se exponen los 18 modelos que se evaluarán por cada orientación. El modelo base se ubicó en la primera columna, según cada una de las variables de altura y en cada fila se ubicaron según el progresivo cerramiento de la cubierta en cuanto aumenta el predominio de la cubierta opaca se

Modelos Atrio					
Base	Vidrio	Policarbonato	60% V-40%P	36,5%V-63,5%P	Lateral
3 Pisos					
5 Pisos					
10 Pisos					

Figura 5.6. Atrios según las variables de altura y cubierta, son 18.

Finalmente se trabajó con 36 modelos de pruebas. Los modelos geométricos se construyeron directamente en el programa *Ecotec*, esto resultó sencillo debido a la versatilidad del programa que permitió ingresar la parametría con facilidad, aun cuando debe construirse cada uno de los modelos evitando repeticiones o copias de los anteriores para controlar los fallos en los resultados debido a no modificar totalmente los datos de entrada y entregarlos posteriormente repetidos.

Todos los modelos fueron revisados de acuerdo a una configuración por zonas, en este caso por cada planta, esto se realizó a través de un análisis general que entregó un listado de errores para solucionar. Luego se ingresaron las características técnicas de los materiales de cada elemento horizontal y vertical, indicadas en la tabla 5.3, el programa permitió incorporar inmediatamente las características ópticas y los parámetros de dimensiones de los materiales, posteriormente estas se verificaron nuevamente una vez exportados al programa *Radiance*.

5.4.2. Metodología para el modelado climático.

Como se indicó anteriormente se realizó una evaluación dinámica de la iluminación natural utilizando el programa *Daysim* 3.0 beta, cuyo motor de cálculo fue el programa *Radiance*. Entre las condiciones básicas para obtener resultados de alta fiabilidad se consultaron:

- Archivo climático horario de la ciudad de Santiago:

La clave para una simulación precisa del comportamiento energético y lumínico en los edificios, proviene de los archivos climáticos que conforman, los registros meteorológico locales. Los datos que fueron recolectados y elaborados en una planilla de ASHRAE 2004, cuya característica fundamental es la extensa base horaria que se incorporó en al menos 30 años de antigüedad, para ofrecer finalmente los antecedentes típicos asociados a un año, esta es conocida como una extensión TMY2 (*Typical Meteorological Year 2*). Según lo indican Wilcox y Marion, (2008)¹¹, la selección desde amplias bases de datos disminuye las diferencias entre los antecedentes que permiten en el largo plazo obtener las características mensuales buscadas. A la inversa, pocos años reunidos para determinar la información correctamente y conformar una base climática, esta será menos representativa.

En este caso la base de datos utilizada para cada modelo construido en el programa *Ecotec* fue Santiago de Chile, cuya fuente de antecedentes proviene de IWECC (International Weather for Energy Calculation, agencia que cuenta con la colaboración del Instituto Meteorológico Nacional) disponibles en la página en línea de Energy Plus Weather (EPW)¹² con datos construidos con más de 30 años¹³, consultados en detalles en la extensión STAT (A summary report on the data) que entrega todos los antecedentes en formato cvs¹⁴.

El archivo climático utilizado en *Ecotec* fue en extensión EPW, al igual que otros formatos de archivos contiene todas las variables del clima con datos horarios diarios para el año típico construido con el método *Sandia* que permite seleccionar por cada día el mes típico para cada estación, escoge 5 variables climáticas más importante para la simulación solar de sistemas de conversión energía y de los edificios:

11. Para más información consultar <http://www.osti.gov/bridge>. Recuperado, 12 de Febrero de 2015.

12. De acuerdo con los antecedentes consultados en la página <http://www.energyplusweatherdata.org>; corresponden a la estación 855740 en Santiago asociada a la WMO (World Meteorological Organization)

13. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm

14. csv (comma-separated values) información en formato abierto para representar datos en forma de tabla, en las que las columnas se separan por comas y las filas por saltos de línea.

- Radiación global horizontal, normal,
- Radiación directa,
- Temperatura de bulbo seco,
- Temperatura de bulbo húmedo, y
- Velocidad del viento.

Los algoritmos de un TMY asignan especial importancia a la radiación solar, el mes seleccionado puede o no ser típico para cada variable, sin embargo la combinación esencial para el estudio de la iluminación natural es altamente considerada:

Cloud cover, which correlates well with solar radiation, is probably reasonably typical. Other elements are not related to the elements used for selection; consequently, their values may not be typical. Additionally, even though wind speed was used in the selection of the typical months, its relatively low weighting with respect to the other elements prevents it from being sufficiently typical for simulating wind energy conversion systems.

Este aspecto es fundamental para la interpretación de la iluminación natural, como se planteo anteriormente y según Mardaljevic, (2002), en las métrica de iluminación dinámica son muy relevante las características de radiación solar así como las características de luminosidad del cielo local.

5.5. Metodología para el modelado tridimensional.

En esta sección se describirá la metodología previa a la simulación del modelo y las propiedades del espacio a analizar, en relación a identificar y cumplir algún criterio y estándar normativo requerido o desempeño lumínico esperado.

El método IES LM-83-12, fue recomendado para realizar cualquier cálculo de requerimiento en Autonomía Lumínica del espacio (sDA), así como Exposición Solar Anual (ASE); sin embargo, se puede aplicar a la evaluación de otras métricas dinámicas tales como UDI, e incluso Factor de Luz Día (FLD). Según este método es necesario describir con precisión la arquitectura (en este caso correspondiente a los modelos de prueba), el período de análisis, identificación de la matriz que contendrá los foto sensores de registro, y todos aquellas características técnicas de la ventana, en general todos los valores reales sino por defecto:

“Most fundamentally, the geometry of the space must be accurately modeled, including angled walls or ceilings, as well as all fenestration surfaces with respect to true solar north” (IES LM-83-12, p.3)

5.5.1. Período de análisis.

De acuerdo a la metodología de modelado de IES para las métricas dinámicas de sDA el período de análisis correspondiente al horario de actividades durante las simulaciones, fue recomendado programarlo en 10 horas diarias desde las 8 AM a las 6 PM, de lunes a viernes. Por consiguiente en total acuerdo con la metodología de modelado propuesta, la evaluación, análisis y síntesis de los espacios atrio incorporados en el interior de edificios de servicios y oficinas en Santiago fue programado según este horario y no contempló intervalos de tiempo, lo cual corresponde a servicios de oficinas, establecimientos educacionales o culturales.

Se consideró una jornada de uso de 10 horas diarias, por lo tanto el total de horas evaluadas fueron de 2.460 horas totales. Este antecedente es relevante, toda vez, los resultados en porcentajes de las métricas dinámicas están referidos a esta cantidad de horas totales. Por consiguiente el 100% en un sensor de la matriz fue equivalente a todas las horas del año, así como el 50% solo alcanzó 1.230 h totales y el otro 50% es posible satisfacerlo con iluminación artificial.

5.5.2. Iluminancia requerida

Se estimó para las diversas actividades posibles de realizar en el atrio, relacionadas a circulación, y diferentes destino de uso, tales como exposiciones temporales, atención e información al público entre otros, un nivel de iluminancia requerido en 300 lux; estos en concordancia con la recomendación del estándar sugerido en IES LM-83-12.

Por tal motivo el nivel de iluminancia requerido se fijó en 300 lux. Se trabajó en una programación de agenda semanal vinculada a los servicios de oficinas resultando un requerimiento para 241 días al año (lunes a viernes).

Table 4.1 | Recommended Illuminance Targets

		Recommended Illuminance Targets (lux)			Some Typical Application and Task Characteristics	Visual Performance Description
		Visual Ages of Observers (years) where at least half are				
Category		<25	25 to 65	>65		
Interior and exterior applications	A	0.5	1	2	• Dark adapted situations • Basic convenience situations • Very-low-activity situations	Orientation, relatively large-scale, physical (less-cognitive) tasks Visual performance is typically not work-related but related to dark sedentary social situations, senses of safety and security, and casual circulation based on landscape, hardscape, architecture, and people as visual tasks.
	B	1	2	4		
	C	2	4	8	• Slow-paced situations • Low-density situations	
	D	3	6	12	• Slow-to-moderate-paced situations • Moderate-to-high-density situations	
	E	4	8	16		
	F	5	10	20	• Moderate-to-fast-paced situations • High-density situations • Some indoor very subdued circulation situations • Some indoor social situations	
	G	7.5	15	30		
	H	10	20	40		
Interior and exterior applications	I	15	30	60	• Congested and significant outdoor intersections, important decision-points, gathering places, and key points of interest • Some indoor social situations • Some indoor commerce situations	Common social activity and large and/or high-contrast tasks Visual performance involves higher-level assessment of landscape, hardscape, architecture, and people and can be work related.
	K	25	50	100		
	L	37.5	75	150	• Some outdoor commerce situations • Some indoor social situations • Some indoor commerce situations	
	M	50	100	200		
	N	75	150	300		
	O	100	200	400		
	P	150	300	600	• Some indoor social situations • Some indoor education situations • Some indoor commerce situations • Some indoor sports situations	
	Q	200	400	800	• Some indoor education situations • Some indoor commerce situations • Some indoor sports situations • Some indoor industrial situations	
Interior and exterior applications	R	250	500	1000		Visual performance is typically daily life- and work-related, including much reading and writing of hardcopies and electronic media consecutively and/or simultaneously.
	S	375	750	1500		

Figura 5.7. Tabla de la IES Niveles recomendados de iluminancias, en

5.5.3. Área de análisis.

Una vez contruidos los modelos se trazó una matriz de 15 columna y 11 filas, que fue totalmente incluida en el interior del recinto quedando separada a 20 cm de los muros por cada lado, se ubicó a 80 cm del piso y describió una trama de 2,02 x 1,64 cm con un total de 165 puntos.

Las características de este trazado para realizar las simulaciones de iluminación natural, obedecieron a lo indicado por Mardaljevic (2009) quien apeló a matrices de gran cantidad de puntos; por ejemplo a distancias de un metro, para obtener mayor precisión en sus resultados. Además las características generales de la matriz fueron recientemente incorporado en IES LM-83- 12,

Es así como cada intersección de la matriz más adelante, actuó como un foto sensor donde se registraron las mediciones de iluminancia y en consecuencia fueron equivalentes a un cúmulo de datos, según las horas programadas de uso del recinto, permitiendo verificar el cumplimiento del requerimiento lumínico, en el período anual establecido.

Los resultados dinámicos se expresan en porcentajes de dichas horas, así como también informaran los porcentajes de FLD:

Figura 5.8. Matriz para la evaluación de la iluminación natural

5.6. Simulaciones

Debido al máximo nivel de iluminancia de 85.000 lux proveniente del tipo de cielo soleado de la CIE, una vez desplazado Radiance Desktop como único programa de evaluación, aplicado para la entrega de los resultados finales, solo se mantuvo como el motor de cálculo para visualizar y ejecutar un nuevo programa, Daysim; capaz de calcular los distintos porcentajes del desempeño lumínico a partir del clima local, se inició su instalación en el computador.

Instalar Daysim no fue fácil, debido a los errores que arrojó la versión actual 4.0 que fue imposible de activar, aún utilizando el código descargado desde la página en línea para su uso. Se decidió entonces, consultar a los expertos del LAHV-CRICYT de Mendoza¹⁵, de quienes se tenían antecedentes a través de sus publicaciones científicas¹⁶, del uso de este programa, ellos confirmaron las dificultades de la última versión del programa que no la lograron activar, por tal motivo recomendaron usar la versión 3.1 beta para usuarios de Ecotect que demandó su activación junto a un Java Gui¹⁷, el cual permitió la comunicación interna para activar y operar con Daysim 3.1 beta, además se utilizó una guía¹⁸ docente publicada por uno de sus creadores, Reinhart (2006). Si bien todo este proceso tomó bastante tiempo, finalmente se logró la activación de los programas para su uso.

Una vez operativa la aplicación y previo al desarrollo de las simulaciones, se realizaron pruebas iniciales en el programa Daysim 3.1 beta, se revisó la configuración y parámetros ópticos de los materiales en el programa Ecotect y se verificó también a través del programa Radiance la reflectancia completa en el interior y en el exterior en la cubierta y la transmitancia visible.

Antes de verificar el desempeño luminoso en el atrio, se revisó especialmente modelo base para interpretar los resultados de las evaluaciones métricas solicitadas, es así como se fue probando diferentes modelos de acuerdo a las diferentes cubiertas. Se verificó especialmente los resultados de las pruebas que entregó el programa y las posibilidades de visualizar los resultados en una escala única de porcentajes que permitiera una lectura en conjunto de las diferentes métricas consultadas, cuales fueron, autonomía lumínica, (DA); factor de luz día, (FLD) y iluminancia diurna útil, (UDI).

15. Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. LAHV - CRICYT. Mendoza. Argentina.

16. Para más información consultar: www.cricyt.edu.ar/asades/averma/averma/php

17. Desarrollado por Sun Microsystems nc

18. Para más información consultar: Advanced Daylight Simulations Using Ecotect // Radiance // Daysim 'Getting Started' en <<http://web.mit.edu/SustainableDesignLab/projects/TeachingResources/GettingStartedwithEcotectRadianceDaysim.pdf>>

5.6.1. Etapas para realizar las simulaciones.

Las simulaciones se llevaron a cabo en dos etapas según cada una de las orientaciones planteadas; de acuerdo a la referencia en Tabla 5.4, Modelos atrios según orientación. En cada una de estas etapas se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cada variante del atrio a simular, primero fue modelado en *Ecotec*, verificando al máximo desde diferentes visualizaciones y con las mayores escalas que el programa permitió para ajustar todos los aspectos necesarios y obtener una correcta evaluación y posterior fiabilidad de los resultados. Además se asignaron las características ópticas de los materiales especificados, según tabla 5.3.

Ajustes Ambientales en <i>Daysim</i>	
Rebotes en el ambiente	7
Divisiones	1500
Calidad de muestra	100
Resolución	300
Precisión	0,1

Tabla 5.5. Ajustes y condiciones de simulación

- Con objeto de hacer posteriores comparaciones entre las diferentes métricas de evaluación de disponibilidad lumínica diurna, por cada modelo, se tuvo especial cuidado en la interpretación de los resultados y fue de vital importancia, ajustar al máximo cada modelización de prueba digital para evitar cualquier distorsión en las pruebas, por esto, se realizó una serie de pruebas iniciales con la finalidad de anticiparse, en lo posible, a los fallos e incongruencias en la salida de los resultados, además otro aspecto relevante fue medir el tiempo de cálculo que tomó cada modelo, que, en el caso de 10 pisos fue del orden de 1 hora y 20 minutos cada uno.

- Es importante señalar que los programas de simulación dinámica de iluminación natural, han sido sometidos a permanentes campañas de simulaciones y ofrecen resultados, en porcentajes anuales -métricas- de los cuales solo hay algunos estudios comparativos¹⁹ que contienen en sí, la abstracción de una unidad de medida anual de acuerdo a la ocupación en los recintos.

19. Reinhart, (2006); Mardaljevic, (2009)

- A diferencia de las evaluaciones estáticas tradicionales, ya sea en niveles de iluminancia (lux), o luminancias (cd/m²) cuantificaciones para las cuales, se puede decir , tenemos adaptado nuestro sentido visual a una magnitud posible de aplicarla al menos comparativamente; por ejemplo, en un espacio intensamente iluminado podemos aproximarnos a estimar 500 lux a diferencia de otro mas íntimo en 300 lux).

- Uno de los aspectos necesario de destacar fue el manejo de la información final, ya que *Daysim* por cada simulación y posterior análisis entregó gran cantidad resultados; estos fueron extraídos e interpretados desde una matriz 165 puntos, en formato abierto csv y llevados a texto. Más adelante se ordenó la información en tablas (Anexo 2) y desde ahí se construyeron los gráficos comparativos, el programa además ofreció gráficas de superficie, interpretando los resultados con diferentes tramos de colores. Las evaluaciones obtenidas correspondieron a:

Métodos de cálculo realizados en <i>Daysim</i>	
FLD	Factor de Luz Día
DA _{continua}	Autonomía lumínica continua
DA _{máxima}	Autonomía lumínica máxima.
DA ₃₀₀	Autonomía lumínica respecto umbral en estudio, 300 lux en este caso.
DPS	Porcentaje de saturación de la luz diurna
UDI ₁₀₀	Iluminancia diurna útil menor a 100 lux
UDI ₁₀₀₋₂₀₀₀	Iluminancia diurna útil entre 100 - 2000 lux
UDI ₂₀₀₀	Iluminancia diurna útil mayor a 2000 lux

Tabla 5.6. Métricas de iluminación natural entregadas por *Daysim*

- En el programa *Daysim* fueron simulados los 36 modelos que contenían en el interior una matriz de 165 puntos que constituyó, un total de puntos calculados del orden de 5.940 totales, que en sí correspondieron a sensores de iluminación natural en el interior.

- Finalmente para cada uno de estos atrio se analizaron las siguientes métricas.

- Factor de luz día, (FLD) cuyo resultado fue un porcentaje único.
- Autonomía lumínica (DA) para el umbral propuesto de 300 lux, (DA300),
- Iluminancia diurna útil, (UDI_100-2000 lux).

- Los modelos fueron agrupados los según la variable de altura total, 3, 5 y 10 pisos; en cada grupo se planteo el atrio base abierto más los 5 tipos de cubierta (Tabla .3) y con ello se obtuvieron los resultados de cada uno de los 18 modelos de atrio por cada orientación 10° Nor - Poniente y totalmente girado en 90° situándose en 100°. Se calculó sobre un total de 36 matrices por cada una de las métrica consultadas (3), con lo cual finalmente se analizaron 8.910 puntos en cada una de las orientaciones propuestas.

- Con objeto de aumentar la confianza en los resultados de las simulaciones, se privilegio extraerlos en formato abierto csv, con lo cual fue sencillo llevar la información de las 108 simulaciones obtenidas, desde estas pruebas a tablas para analizarlos, ya que, finalmente para evaluar, la precisión estos fueron comparados a través de graficos elaborados con diferentes objetivos de análisis.

- Todas los gráficos aquí expuestos y los valores numéricos que permitieron construirlos, se encuentran adjuntos en los siguientes anexos:

Anexo 1: Planillas de los resultados de simulaciones de métricas dinámicas de iluminación natural.

Anexo 2. Tablas de simulaciones de atrio modelo y variantes; y

Anexo 3. Gráficos comparativos métricas en cada modelo y variantes, DA, UD, FLD.

5.6.2. Simulaciones comparativas de 3 métricas en cada Modelo Atrio

- Simulaciones comparativas del modelo estático, Factor de Luz Día (FLD) en cada atrio.

Los resultados comparativos de la evaluación para el FLD a partir de las simulaciones realizadas bajo cielo nublado, muestran una gráfica que interpreta la isotropía de la bóveda celeste cubierta por nubes de manera uniforme, solo tiene algunas inflexiones producto del mayor porcentaje 57%, correspondiente al modelo base MA_3 pisos abierto, disminuyendo a 32% en centro de la curva cuando el M_base abierto aumenta a 5 pisos y en el caso de llegar a 10 pisos disminuyó a 10,6%. Luego las variaciones en el porcentaje del FLD en el MA_vidrio, fueron 38,5%, 22,8% y 7,4%, según la menor altura de pisos a la mayor respectivamente.

Gráfico 5.2. FLD (%)

Factor Luz Día, en Modelos Atrio 3 P. - 5 P. - 10 P. Orientación 10°. Eje longitudinal.

Gráfico 5.3. FLD (%)

Factor Luz Día, en Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación. 10°. Eje transversal.

Correspondió esta progresiva disminución del FLD a un comportamiento habitual en el atrio, según el cual a medida que la altura aumentó el porcentaje disminuyó debido al sombreado de los muros, acentuado por el efecto de los balcones que provocaron una abrupta caída en cada curva especialmente en el MA_abierto.

En las siguientes curvas graficadas el comportamiento del FLD en el interior de cada atrio disminuyó paulatinamente hasta llegar a rangos aceptados entre 2% a 5%, en ese caso los modelos de 10 pisos, MA_60-40, MA_36,5-63,5 y MA_lateral; además dentro del rango se encontró en altura 5 pisos el modelo MA_lateral.

Factor Luz Día, en Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°. Eje longitudinal.

Factor Luz Día, en Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°. Eje transversal.

- Simulaciones comparativas del modelo de Autonomía Lumínica (DA) en cada Modelo Atrio.

Los resultados anuales arrojaron para todos los atrios de 3 y 5 pisos en el eje longitudinal N-E a S-O, entregaron una satisfacción con el nivel lumínico superior al 90% y esto también sucedió en el eje transversal, N-O a S-E, en estos casos se encontró un comportamiento simétrico. En los atrios de 10 pisos también se observó un comportamiento satisfactorio entre 75% y 85%.

Gráfico 5.6. DA(%).

Autonomía Lumínica Diurna. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10°. Eje longitudinal.

Gráfico 5.7. DA(%).

Autonomía Lumínica Diurna. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10°. Eje transversal.

Solo el atrio de cubierta opaca y ventanas laterales quedo fuera de rango de satisfacción entre el 1% y 18% .Respecto al modelo atrio en orientación 100°, N-O; S-E, todos los modelos de 3 y 5 pisos, se encuentran con porcentajes de satisfacción mayor a 90%, como en el caso de del modelo atrio de ventanas laterales la satisfacción disminuyo en torno al 85%. Todos los casos de 10 pisos se encuentras con satisfacción entre 75% y 87%, a diferencia el modelo de ventanas laterales (linea guión verde) se encontró fuera de rango entre 48% y 62%. Es decir en esta ubicación el modelo mejora el desempeño lumínico.

Gráfico 5.8. DA(%).

Autonomía Lumínica Diurna. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°. Eje longitudinal.

Gráfico 5.9. DA(%).

Autonomía Lumínica Diurna. Modelos Atrio 3 P. - 5 P. - 10 P. Orientación 100°. Eje transversal.

- Simulaciones comparativas del modelo dinámico de Iluminancia Diurna Útil (UDI) en cada Modelo Atrio.

En este caso y debido a que la UDI permite revelar el discomfort de los ocupantes y la excesiva ganancia solar en los espacios interiores, las curvas asociadas a porcentajes menores a 75% correspondieron a un UDI excedido del rango 100 - 2000 lux. En consecuencia todos los modelos atrio de 3 pisos en ambas orientaciones, ejes longitudinal y transversal, quedaron fuera del rango. Esto también sucedió en los modelos de 5 pisos en ambos ejes de análisis, solo se registró una excepción en el modelo MA_lateral (línea de segmentos cortos verde) que obtuvo porcentajes dentro del rango 75% y 90% en eje longitudinal y transversal.

Gráfico 5.10. UDI (%)

Iluminancia Diurna Útil. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10°. Eje longitudinal.

Gráfico 5.11. UDI(%).

Iluminancia Diurna Útil. Modelos Atrio 3 P. - 5 P. - 10 P. Orientación 10°. Eje transversal.

Dentro de los modelos atrio cuyo UDI fue logrado se tuvo a los modelos de 10 pisos, MA_60-40, MA_36,5 - 63,5, en las dos orientaciones así como también en los dos ejes interiores de evaluación. En oposición de los modelos que quedaron fuera del rango confortable los casos base, MA-base_abierto, se ubicaron en el extremo opuesto el MA-base_abierto de 3 pisos, reveló fue el espacio más sobre iluminado cuyo porcentaje mayor en la curva fue 6%, en el caso de MA-base_abierto de 5 pisos y 10 pisos; fue de 14% y 55%, respectivamente.

Gráfico 5.12. UDI(%).

Iluminancia Diurna Útil. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°. Eje longitudinal.

Gráfico 5.13.

Iluminancia Diurna Útil. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°. Eje transversal.

5.7. Simulación del comportamiento promedio bajo la abertura del atrio.

El objetivo de este análisis de los resultados, fue identificar el desempeño lumínico bajo la abertura del atrio vinculado al aspecto de proporción que lo identifique. Por consiguiente se individualizó el área central de los bordes bajo los balcones, de manera de caracterizar el comportamiento lumínico del atrio según dos variables claves, la altura y la cubierta, específicamente el porcentaje de transparencia de esta.

Figura 5.9. Área central bajo cubierta.

5.7.2. Metodología de análisis.

Sobre la matriz de puntos ubicada a 0.8 m del piso, y a partir de las simulaciones anteriores, se analizaron los resultados obtenidos para un total de 77 sensores de iluminancia (fig. 5.10), ubicados en el centro de la planta, bajo la abertura superior. El desempeño lumínico de cada uno de los 6 atrios y sus variantes se identificaron con un porcentaje promedio de iluminancia interior; primero respecto al exterior en el interior (DF) y luego según cada caso la cantidad de horas (DA) y (UDI), obtenidas en cada una de estas intersecciones que fueron promediadas identificando el desempeño luminoso para cada una de las diferentes métricas de acuerdo a la siguiente fórmula (Kim y Song; 2013, p.526)

$$Promedio(o) = \frac{1}{77} \sum_{i=1}^{77} Promedio(i)$$

Formula 5.1. Desempeño lumínico promedio del atrio respecto la abertura cenital.

Donde:

Promedio (o) = Promedio de cada una de las métrica según la orientación.

(o) = Orientación

i= Medición en cada punto de la matriz (1 - 77)

Primero se realizaron las evaluaciones respecto el desempeño del FLD, luego DA y finalmente UDI para cada uno de los atrios orientados en 10° Nor - Oeste, y luego en orientación 100° respecto la referencia inicial.

Analysis Grid
[No Data Available]
Value Range: 24.0 - 84.0
© PEGTSCOT v8

Figura 5.10. Matriz al interior del modelo selección de 77 puntos de evaluación bajo la abertura superior evaluación.

En consecuencia todos los modelos atrio de 3 pisos en ambas orientaciones y ejes lo

5.6.3. Análisis promedio del Factor de Luz del Día (FLD)

De acuerdo a la formula 1, el FLD promedio característico fue calculado para cada orientación:

El desempeño lumínico del FLD en cada modelo fue disminuyendo en relación al aumento de la altura del atrio; esto también se vio acentuado por el efecto del progresivo cerramiento de la cubierta del atrio desde el 100% de la cubierta plana vidriada y en policarbonato, hasta el la cubierta opaca superior y abierta lateralmente.

Se puede establecer el impacto de la altura en el comportamiento lumínico interior, es decir los modelo más bajos tienen altos porcentajes que indican gran cantidad de luminancia difusa mientras en aquellos altos los registros promedios disminuyeron excesivamente, por debajo del 5% recomendados.

Gráfico 5.14.

FLD promedio bajo la abertura del atrio en modelos, 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10°.

Gráfico 5.15.

FLD promedio bajo la abertura del atrio en modelos, 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°.

5.7.4. Análisis del promedio del Autonomía Lumínica (DA)

En el caso de la Autonomía Lumínica, casi todos los atrios cumplieron satisfactoriamente el nivel lumínico fijado 300 lux, con el 55% de las horas del año, sin embargo, se detectó exceso de iluminancia especialmente en aquellos valores superiores al 75% de las horas anuales de uso propuesto, estas situaciones deberían estudiarse localmente a fin de establecer rangos máximo de tolerancia en presencia de alta iluminancia; hay investigaciones que plantean hoy valores de 3000 lux y más, Andersen *et al* (2012).

Se aprecia además, en la orientación 100° longitudinal del edificio respecto el norte, el efecto que produjo en el interior 10 pisos, favoreciendo la DA.

Gráfico 5.16. Porcentaje de horas en autonomía lumínica . Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10° N-O. Eje transversal.

Gráfico 5.17. Porcentaje de horas de autonomía lumínica . Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10° N-O. Eje transversal.

5.7.5. Análisis del promedio del Iluminancia Diurna Útil (UDI)

En el caso de la Iluminancia Diurna Útil, (UDI), si bien los atrios de 3 y 5 pisos pueden cumplir el nivel de iluminancia de 300 lux, lo exceden revelando alta iluminancia y por consiguiente discomfort por este motivo calentamiento especialmente en aquellos casos con bajos porcentajes.

En este caso el promedio del porcentaje de horas útiles bajo el atrio fue semejante en ambas orientaciones, lo cual no indica una incidencia especial en el comportamiento lumínico útil durante el año. Nuevamente este método de calculo presenta de manera positiva la mayor altura de los atrios, 10 pisos resultando muy desfavorables alturas menores.

Gráfico 5.18. Porcentaje de horas de autonomía lumínica . Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10° N-O. Eje transversal.

Gráfico 5.19. Iluminancia Diurna Útil. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10° N-O. Eje transversal.

5.7.1. Relación de aspecto de las dimensiones del atrio, la variable altura.

Al considerar la altura se apeló a la configuración rectangular del atrio, cuya superficie fue igual para todos los modelos; entonces la relación de aspecto en planta resultó en $PAR = 0,5$. Sin embargo la variable altura informó diferentes aspectos geométricos de los modelos atrio revisados anteriormente (ver gráfico 5.1), de los cuales se continuará con SAR, Relación de Aspecto de la Sección y AR

Tabla 5.7. Variable altura y configuración geométrica del atrio.

Gráfico 5.20. Relación de aspecto PAR, SAR y AR, de cada atrio modelo.

CUADRO DE CARACTERIZACIÓN LUMINICA DEL ATRIO DE 4 CARAS														
MODELO ATRIO SEGÚN ALTURA	MÉTRICA LUMÍNICA											ASPECTO GEOMÉTRICO DEL ATRIO		
	(%)	ORIENTACIÓN 10° N-P					ORIENTACIÓN 100° S-E					SA	WI	AR
DF	30	25	22	24	11	30	25	22	22	18	0,8	0,6	2,8
	DA	94	94	94	95	91	95	94	93	94	93			
	UDI	14	18	22	13	43	14	17	17	21	22
DF	19	16	14	14	1	19	16	14	15	6	1,4	1,1	1,0
	DA	93	92	92	92	61	93	92	92	92	86			
	UDI	26	32	37	37	84	26	32	37	34	71
DF	7	7	5	5	0,5	5	6	4	4	2	2,8	2,1	0,2
	DA	84	85	79	78	9	70	69	79	79	86			
	UDI	70	69	79	79	61	65	66	67	68	65			
CUBIERTA ATRIOS												CUBIERTA ATRIOS		
MATERIALES		100 % VIDRIO	100% Pc	60% Vidrio 40% Panel	63,5% Vidrio 36,5% Panel	100% Panel c/Ventana lateral	100 % VIDRIO	100% Pc	60% Vidrio 40% Panel	63,5% Vidrio 36,5% Panel	100% Panel c/Ventana lateral	MATERIALES		

Tabla 5.9. Caracterización lumínica del atrio de 4 caras

De acuerdo a los atrios de cuatro caras incorporados en el inventario de Santiago de Chile se planteó la tabla expuesta arriba, en este caso la caracterización lumínica del atrio obedecería a un numero promedio de iluminancia diurna en los diferentes atrio.

Conclusiones parciales

Por las razones expuestas, una vez desplazado *Radiance Desktop* como el único programa de evaluación para la entrega de los resultados directamente (debido al límite de cálculo bajo cielo soleado de 85000 lux, y solo manteniéndolo como el motor de cálculo para la visualizar y ejecutar el programa *Daysim*; el cambio se tradujo en una oportunidad para el caso de investigar la metodología de evaluación de la iluminación natural a partir de las métricas dinámicas.

Se pudo abordar las metodologías de evaluación más recientes en iluminación natural y con ello el método planteado por la IES LM 83-12, definitivamente fue un hallazgo que cubre no solo la métrica de Autonomía Lumínica Diurna, sino también todas métricas vigentes con lo cual después de casi 30 años analizar el desempeño lumínico desde el clima local es un gran avance que deja un largo camino aun por recorrer.

Antes de verificar el desempeño luminoso en el atrio, se revisó especialmente modelo base para interpretar los resultados de las evaluaciones métricas solicitadas, es así como se fue probando diferentes modelos de acuerdo a las diferentes cubiertas. Se verificó especialmente los resultados de las pruebas que entregó el programa y las posibilidades de visualizarlos en una escala única de porcentajes que permitiera una lectura en conjunto de las diferentes métricas consultadas, cuales son, autonomía lumínica, (DA); factor de luz día, (FLD) y iluminancia diurna útil, (UDI).

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LAS SIMULACIONES LUMÍNICAS EN EL MODELO BASE DE ESTUDIO

5.1. Introducción:

En el capítulo anterior se revisaron los conceptos y los métodos de evaluación de la iluminación natural, además, se presentaron las mediciones obtenidas en un modelo físico, construido a partir del análisis y síntesis del inventario, tomando el caso del atrio de cuatro caras.

Se revisaron demás las evaluaciones anteriores, realizadas en *Radiance Desktop* comprobándose las limitaciones del modelo de cálculo estático, más allá del cielo nublado también en algunos de los 15 modelos que la CIE (2003) actualizó, por lo tanto se verificaron algunas dificultades al obtener los resultados de las pruebas realizadas con los programas *Ecotec* y *Radiance*¹, especialmente simulando con cielo soleado (*sunny*) que ofreció una iluminancia máxima exterior de 85.000 lux. A raíz de esto se adicionó un nuevo programa a las pruebas *Daysim*, modelando y operando respectivamente desde los programas anteriores.

Por este motivo, partir de profundizar en la metodología más reciente de cálculo, evaluación y estudio de la iluminación diurna, correspondiente al comportamiento dinámico anual basada en el clima, de acuerdo con los autores, Mardaljevic (2006), Reinhart *et al* (2006); fueron calculadas tres métricas dinámicas para cada modelo. En todos los caso a simular se aplicaron las sugerencias del reciente método IES LM-83-12².

En este capítulo se presentan, los resultados de las simulaciones que fueron realizadas para determinar, el desempeño lumínico en Interior del modelo atrio, de acuerdo al comportamiento anual de la iluminación natural, según las variantes de orientación, altura y cubierta.

El objetivo de estas pruebas fue establecer por comparación, rangos de desempeño lumínico según las proporciones de la cavidad del atrio y la cubierta, en el clima mediterráneo de Santiago; para lo cual se comparó cada caso aplicando estándares recomendados para el buen comportamiento esperado. También se analizaron los resultados promediando el desempeño lumínico, con el fin de identificar cada caso y posteriormente vincularlos con los atrios de cuatro caras documentados en el inventario local.

1. <<http://www.radiance-online.org>>

2. Para mas información consultar: IES (LM-83-12). Approve Method: IES Spatial Daylight Authonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). < <http://ies.org/store/product/approved-method-ies-spatial-daylight-autonomy-sda-and-annual-sunlight-exposure-ase-1287.cfm>>

5.2. Herramientas de cálculo y simulación en programas de computadoras.

Diferentes herramientas de simulación, permiten construir modelos geométricos simplificados en el ambiente virtual de la computadora, este medio junto al seguimiento y monitorización de edificios en terreno, podrían mencionarse como los métodos más recientes de evaluación y análisis de la iluminación natural, a diferencia de aquellos tradicionales y de larga data como, la construcción de modelos a escala o maquetas, las interpretaciones gráficas, o definitivamente fórmulas y algoritmos, que también han permitido obtener mayor conocimiento del desempeño lumínico.

Actualmente, de acuerdo con a las recientes recomendaciones de la IES LM-83-12, se describió detalladamente el método para llevar a cabo simulaciones dinámicas en espacios interiores, según la disponibilidad de iluminación natural; las indicaciones exigen detallar al máximo las propiedades de los espacios que se analizarán, describiendo con precisión la arquitectura; especialmente de acuerdo a mostrar el cumplimiento con el desempeño específico de aquellos requerimientos planteados, según, los estándares de autonomía lumínica diurna y exposición solar anual.

Lo anterior viene en concordancia, con alinear criterios al momento de dar cumplimiento en aquellos indicadores de bienestar lumínico del hombre, solicitados a través de diferentes herramientas de certificación, normas o manuales de referencia que hoy son una insoslayable requerimiento para cualquier tipo de evaluación ambiental; esto ha sido posible de comprobar a través de las herramientas computacionales.

The role that daylight evaluation plays in the design process has acquired a new impetus as the need to demonstrate compliance with various 'performance indicators' becomes ever more pressing. Two of the most used rating systems are BREEAM and LEED which originated in the UK and US respectively, though they are both used world-wide.³

En el caso de las simulaciones, durante la década de los 90, esta área fue apoyada con un gran desarrollo, de las tecnologías informáticas lo que generó una demanda cada vez mayor por conocer y precisar el desempeño y disponibilidad de la iluminación natural, impulsada por la creciente necesidad de cuantificar las horas de disponibilidad y por consiguiente el aporte en el ahorro energético de electricidad y el desempeño sostenible del recurso natural durante la vida útil de los edificios.

3. Para más información consultar: Mardaljevic, J. (2012, mes?). Opinion: Daylighting prescriptions: Keep taking the pills?. Lighting Research and Technology 43: 142. Obtenido, 7 de octubre de 2014.

Es así como se pudo verificar el cumplimiento de algunos estándares que apoyan la eficiencia energética, a través de diversos métodos que permiten cuantificar el desempeño de la iluminación natural, sin embargo, desde hace 10 años, impera el absoluto dominio de las herramientas de simulación que anticipan estos comportamientos ambientales, permitiendo la obtención de los resultados que permiten rápidamente verificar el cumplimiento de las exigencias de certificaciones, Reinhart (2012) es recomendable como se demostró en el Capítulo 3, analizar correctamente los programas más apropiados a utilizar, según los objetivos propuestos y el tipo de proyecto⁴.

Si bien, diferentes herramientas se pueden aplicar para evaluar el desempeño de la iluminación natural, según los métodos de la CIE y el IES para el cálculo estático bajo cielo nublado y despejado, vistos en el capítulo anterior; para resolver la complejidad del modelo dinámico se han llevado a cabo mediciones en terreno y posteriormente se realizaron simulaciones en programas que han incorporado el clima local, habilitándose para calcular desempeños lumínicos anuales, Nabil y Mardaljevic (2006); Reinhart *et al* (2006).

Por los motivos anteriores, en esta tesis fueron seleccionados 3 programas, de acuerdo a las prestaciones requeridas, para evaluar el comportamiento de la iluminación natural, dos de ellos incorporaron el uso de archivos climáticos, tales como *Ecotec* y *Daysim*, y un tercer programa *Radiance Desktop* actuó como motor de cálculo.

5.3. Metodología de evaluaciones y pruebas lumínicas.

La metodología se basó en evaluar y comparar cuantitativamente, el desempeño lumínico en un atrio de cuatro caras con variaciones de altura y cubiertas para los cuales, además fue sensibilizada la orientación. Sin embargo, como se demostró una de las dificultades iniciales se produjo al verificar que el programa seleccionado para las pruebas, *Radiance Desktop*, con el cual se simuló utilizando diferentes modelos de cielo de la CIE, en el caso del cielo soleado (*Sunny*) se registró niveles de iluminancia exterior máximo de 85.000 (lux); bastante lejanos a los niveles medidos al interior del módulo experimental del capítulo anterior, donde los niveles de iluminancia alcanzaron altos registros en verano.

4. <<http://web.mit.edu/SustainableDesignLab/projects/TeachingResources/Daylight%20SimulationChecklisht>>

Por tal motivo, se profundizó la búsqueda enfocándola en aquellos estudios científicos de la iluminación natural dinámica: Walkenhorst *et al.* (2002); Reinhart *et al.* (2006), Mardaljevic (2000), además del estándar IES LM-83-12 y el método de cálculo que plantea esta referencia. Finalmente se trabajó con aquellos programas que entregaron resultados a partir de simulaciones basadas en el clima.

Estas pruebas se realizaron a través de simulaciones computacionales, cuyos resultados permitieron obtener, tres métricas distintas del comportamiento de la iluminancia en el interior del atrio. Estas diferentes escalas de medidas correspondieron a la reciente metodología de evaluación dinámica que permitió conocer el desempeño luminoso en un espacio interior de acuerdo al clima local, considerando la posición solar, la radiación solar difusa y directa, además de la identificación de las características luminosas del cielo. Los resultados de métricas dinámicas se compararon entre si, según orientación, al igual que en el caso de la tradicional métrica estática bajo cielo nublado de factor de luz día (FLD).

A partir del modelo inicial y de acuerdo a cada variable y orientación, se obtuvieron treinta y seis modelos del espacio atrio que fueron construidos en el la plataforma del programa *Ecotect*, luego cada modelo geométrico y sus respectivas parametrías fueron exportadas desde el administrador del programa a *Radiance* para finalmente trabajar con ellos en el simulador de evaluación de iluminación dinámica *Daysim*.

Finalmente los parámetros geométricos característicos de la cavidad del atrio, fueron incorporados en el análisis de los resultados

El objetivo de este estudio fue demostrar como la métrica dinámicas pueden ser usadas para orientar rápidamente en las decisiones de diseño.

5.3.1. Ecotec.

Fue creado y desarrollado por Andrew Marsh a través de Square One Inc; actualmente pertenece a la empresa Autodesk. La versión utilizada en esta tesis fue de 2011, y en el se construyeron los modelos tridimensionales (3D) de geometría simplificada; el programa de reconocida alta versatilidad, debido a la compatibilidad con varios otros programas de dibujo bidimensionales y 3D, facilitó la importación de modelos en diversas extensiones, tales como, objetos geométricos, estructuras en mallas de alambre e imágenes. Cualquiera fuera la procedencia del modelo inicial para evaluar, en el programa Ecotec fácilmente se puede incorporar los parámetros con las características físicas, térmicas y ópticas, de los materiales y sus superficies, ya sea desde base de datos que trae incorporada como desde aquellas que desee construir cada usuario, a través de un sistema similar a fichas. Finalmente y luego de someter estos modelos a evaluación, se obtuvo rápidos resultados de acuerdo al estudio de las estrategias aplicadas según las propuestas iniciales de diseño esquemático y las posibles pruebas posteriores.

En iluminación natural, Ecotec ofrece la posibilidad de evaluar niveles de iluminancia (lux) y el factor FLD (%) de acuerdo a 2 tipos de cielo CIE: nublado con brillo solar (overcast), y nublado totalmente uniforme (uniform). Interpreta los resultados tanto para un área específica como sobre los puntos de una matriz, en donde, cada intersección representa un nodo que actúa como un sensor que elabora y entrega la información consultada.

La versatilidad del programa, permite la exportación de los modelos realizados en él junto a los parámetros adscritos, sin modificación alguna, permitiendo el posterior análisis y validación en otros motores de cálculo, tales como, Radiance y Daysim que se utilizaron en este caso.

Figura 5.1. Imagen del ambiente de modelización en Ecotec y 2 recuadros para la parametrizar materiales y las características térmicas y ópticas.

5.3.2. Radiance.

Es un programa en desarrollo continuo creado a mediados de la década de los 80, por Greg Ward Larson en el Laboratorio Nacional Lawrence Berkely junto a la Compañía de Gas y Electricidad del Pacífico y el Instituto Eficiencia Energética de California. La versión tradicional ejecutable, V. 2.4 y de libre acceso⁵ ha sido de uso habitual en la mayoría de las investigaciones, Reinhart y Fitz's (2006); a diferencia de la versión que permite programar (Radiance scripts), Nabil y Mardaljevic (2006) también libre y de menor frecuencia de uso. En esta tesis se usó la primera versión.

El programa fue validado tempranamente por Mardaljevic, (1995); quien presentó un exhaustivo trabajo en el cual las simulaciones que realizó en Radiance fueron comparadas con los resultados de mediciones en diferentes sensores de iluminancia, ubicados en el interior de una habitación para identificar la distribución de la luz, lo más novedoso entonces, fueron las mediciones de diferentes condiciones de cielo real incluido soleado; para los cuales concluyo una alta correlación entre las mediciones y los resultados del programa. La exactitud de las evaluaciones e imágenes entregadas por el programa; han sido respaldados en diversas investigaciones, Fontoynt et al., (1999); Calcagni y Paroncini, (2004); Sharples y Lash (2007).

Se destaca en Radiance el uso de método "Monte Carlo ray tracing based" habitualmente llamado "ray tracing", para calcular la inter reflexión difusa a diferencia de la técnica Radiosity mas eficiente en resolver cálculo de luminancias en habitaciones rectilíneas con superficies difusoras sencillas. Mardaljevic (1998). El método de cálculo de las reflexiones internas finalmente permitió trabajar en Radiance, un ambiente lumínico donde fue posible programar la cantidad de reflectividades, facilitando la posibilidad de modelar superficies reflectores multi especulares, ventanas complejas y un sistema de cielos luminosos según los tipo de cielo CIE. Ward, (1995), obteniendo imágenes con rangos de iluminancia y luminancia, en faso color, cada vez mas aproximados a la realidad, (Ward en Mardaljevic validación). Sin embargo aun cuando esta equipado con una capacidad única para simular iluminación natural, no encontrada en otros programas, Radiance Desktop es un programa de simulación estática que apenas simula los fenómenos sobre una condición de cielo predeterminada por CIE. Aun así ha ofrecido un ambiente que facilita el motor de trabajo de otros programas como Daysim; dejando en claro que Radiance Script permite programar las matrices que lo componen⁶

5. www.radiance

6 25 Years of Radianceat ARUP.

5.3.3. Daysim.

Esta herramienta de simulación fue desarrollada por el Consejo Nacional de Investigaciones de Canada (NRCC) y el Instituto Fraunhofer; Reinhart y Walkenhorst (2001)⁷ que calcula un perfil anual de iluminación interior, utilizando archivos climáticos con información proveniente de registros horarios, permitiendo anticipar cantidades de iluminación natural de acuerdo a las actuales métricas entregadas por la autonomía de la iluminancia diurna, (DA) y la iluminancia diurna útil, (UDI); además del conocido (FLD). La precisión del programa fue demostrada con mediciones tomadas directamente desde el cielo obteniendo una buena correlación con los resultados simulados.

El programa fue planteado desde los conceptos del confort visual que fueron abordados en las actuales métricas dinámicas de iluminación natural. El motor de simulación utilizado correspondió al programa Radiance, *“that combines a backward-ray-tracing algorithm, a daylight coefficient approach and the Perez Sky Model to simulate time series of solar irradiances”* Ibarra; Reinhart (2011). Estos dos métodos de interpretación de la iluminación natural a partir de la radiación solar directa e indirecta, fueron muy bien sintetizados en la siguiente imagen Jakubetic (2012); basados en Reinhart; Herkel (2000).

Figura 5.2. Presentación en Encuentro de Radiance. “Jornada de trabajo en Daysim” Jakubetic - Reinhart. <<<http://radianceworkshop>>>. Recuperado, 280115

7. Reinhart, C.F., Walkenhorst, O. 2001. Dynamic Radiance- based daylight simulations for a fullscale test office with outer venetian blinds. Energy and Buildings 33(7), 683–697.

En la imagen 4.2, se graficó la concepción e interpretación de las componentes de la iluminación natural en Daysim. El programa fue desarrollado en dos etapas⁸ que difieren en como la irradiancia difusa y directa fue tratada; según fue indicado en una sencilla explicación de Ibarra; Reinhart, (2012), ya que la primera versión del programa, fue identificada como DS y la segunda versión DDS; en ambas, el esquema de división de la bóveda celeste se realizó según Treguenza, (1987); es decir, en 145 parches para luego combinarlos con el modelo de distribución de luminancia, *Perez All Weather*, para derivar la luminancia y radiancia de cada uno de estos parches, con el propósito de identificar y diferenciar entre la contribución proveniente desde diferentes recursos luminosos, además, el piso de la bóveda celeste fue dividido en 3 segmentos concéntricos de reflectividades difusas; que consideraron 65 posiciones solares directas⁹. Luego la segunda versión DDS fue favorecida con un mayor detalle en el análisis de la contribución solar, considerando: un segmento de piso reflectivo, 145 posiciones solares indirectas y 2305 directa; esto significó demandar mayor recurso en la computadora explicándose de acuerdo a el modo de simular el programa:

Simulations are basically carried out in two steps. In a first simulation step a whole set of diffuse, indirect (DDS only) and direct daylight coefficients are calculated for all points of interest. Secondly, the sky luminances/irradiances pertaining to the daylight coefficients are calculated using the Perez All- Weather Sky Model (Perez et al., 1993). (Ibarra; Reinhart, 2012: 2628)

La precisión del programa fue validada con mediciones de datos climáticos, Reinhart, *et al* (2001). Posteriormente otros investigadores como Pattini *et al.* (2013), especificaron algunos de los parámetros más relevantes de este modelo, cuales son la oscuridad o claridad del horizonte, el gradiente de luminancia cerca del horizonte, la intensidad relativa y la anchura de la región circumsolar además de la intensidad relativa de la luz difundida. En este caso los autores construyeron su propia base de datos climáticos anuales con extensos registros de iluminancia local.

En esta tesis se trabajó con la versión *Daysim 3.1e beta*, que al incorporar los modelos de Cielo para todos los climas, Pérez (1990) y Pérez *et al.* (1993) interpretó los archivos climáticos que incorporaron la radiación solar directa y difusa, esperando tener una mayor precisión en los resultados de acuerdo a la luminancia bajo distintas condiciones de cielo local.

8. El programa continua desarrollándolo un equipo al alero de la Universidad de Harvard.

5.4. Metodología para evaluar la iluminación natural en el atrio:

La metodología de este estudio se abordó desde la concepción dinámica y estática que permiten evaluar la iluminación natural y fue probada en el programa de simulación Daysim debido a la accesibilidad y fiabilidad de los resultados entregados, Ibarra y Reinhart (2011); Monteoliva y Pattini (2013); Kim y Song (2013). El programa requiere dos fuentes de información esenciales para realizar los cálculos y entregar posteriores resultados para llevar a cabo una simulación de disponibilidad horaria de iluminancia anual. Estas son:

1. La descripción de la metodología para la configuración geométrica del modelo y los materiales del edificio, que provienen de las características ópticas y de las terminaciones del modelo ingresado en Ecotec y luego exportada a Radiance.
2. El archivo climático horario e histórico del lugar con al menos 30 años de registros de datos que permitan interpretar las características luminosas del lugar.

Otros antecedentes necesarios para iniciar las simulaciones correspondieron a la modelización de las características del caso en estudio y uso del espacio, que corresponden como sigue:

Figura 5.3. Presentación en Encuentro de Radiance. “Jornada de trabajo en Daysim” Jakubetic - Reinhart. <<<http://radianceworkshop.org>>>. Recuperado, 28/11/15

5.4.1. Configuración geométrica del modelo.

La metodología para la construcción del modelo y las propiedades del espacio que fue analizado, se realizó siguiendo las directrices y sugerencias planteadas en el documento IES LM (83-12) que indica, los aspectos necesarios a considerar antes de iniciar las simulaciones, que en el caso del método aprobado por la IES se aplica específicamente a las métricas dinámicas. Es así como la construcción del modelo para evaluar el desempeño de la iluminación natural, en el interior del espacio atrio en Santiago, se detalla paso a paso según las dimensiones, las relaciones de proporciones y los materiales. El modelo tiene una abertura superior, de largo 24,7 m; ancho 12,8 m y el alto de cada piso fue 3,56 m.

Figura 5.4. Planta esquemática y perspectiva del modelo de estudio.

- Los modelos derivados según variable altura.

Se plantearon tres variantes de altura de acuerdo a los edificios inventariados, ya que el 33% tenían 5 pisos la altura, sumados estos, los edificios de seis pisos el total resultó de 45%; además el 36% correspondieron a edificios de 3 a 4 pisos, y el 11% a edificios de 7 a 10 pisos, el 4% restante fue un caso de altura excepcional con 28 pisos. De este modo además de tener un modelo inicial de 5 pisos se adoptaron otros dos de altura, 3 y 10 pisos; por lo cual y según la figura 4.5, la menor altura fue de 10,68 m; luego de 17,8 m; y finalmente todos los modelos en el interior fueron balconeados en 2 m de ancho.

Figura 5.5. Esquemas de la variante de altura por niveles de piso.

- Aspecto geométrico según las dimensiones de la cavidad del atrio.

Las características geométricas de la cavidad del atrio fueron estudiadas por diversos autores y se las ha publicado extensamente en fuentes de corriente principal; en este caso fueron identificadas en la siguiente tabla, de acuerdo a las dimensiones: ancho (a), largo (l) y alto (h), permitiendo individualizar cada uno de los tres modelos planteados. De esta manera, a partir de la Relación de Aspecto en Planta (PAR), los modelos fueron identificados con un único coeficiente, ya que la forma y superficie es igual para todos. Luego los siguientes indicadores de aspecto geométrico de la cavidad, fueron todos diferentes, debido a la variación de altura del atrio; por esto para establecer coeficientes que identifiquen la cavidad de cada atrio, se revisó cada aspecto de relación de proporciones .

Aizlewood (1995), utilizó AR y comparó el desempeño de la iluminación diurna al interior de cavidades de atrios de igual superficie de apertura y diferentes alturas, este índice le permitió identificar aquellas configuraciones más eficientes al evaluar el df, bajo cielo artificial. Otras investigaciones han revelado que, dos atrios de igual coeficiente WI, pueden tener diferentes áreas de apertura, según Shaple y Lash (2007); Samant y Yang (2007). Recientemente Kim y Song (2013) evaluaron la misma superficie de apertura de atrio en 4 configuraciones geométricas con 7 diferentes alturas y en 4 orientaciones, para relacionar todas las variables, ellos utilizaron el aspecto de la planta, PAR y de cavidad AR.

Es así como la utilización de los coeficientes de aspectos son prácticos, por cuanto permiten asociar determinadas relaciones entre las diferentes dimensiones de la cavidad del atrio y el desempeño lumínico, según el estándar a cumplir en los modelos estudiados. En este caso, según las características que se presentan en la siguiente tabla 4.1; se obtuvieron los siguientes indicadores para cada atrio.

Relaciones de aspecto geométrico de cada atrio.				
		PAR	SAR	WI	AR	RI
		a / l	h / a	$\frac{h (a + l)}{2 \times a \times l}$	$\frac{(a \times l)}{h^2}$	$\frac{(a \times l)}{h \times (a + l)}$
MA_3 pisos	h =10,7 m.	0,5	0,8	0,6	2,8	0,8
MA_5 pisos	h =17,8 m.		1,4	1,1	1,0	0,5
MA_10 pisos	h =35,6 m.		2,8	2,1	0,2	0,2

Tabla 5.1. Cuadro de relación de aspecto geométrico de cada atrio.

Se observaron variaciones entre los indicadores de aspecto geométrico considerables, con excepción de PAR el cual tuvo igual coeficiente 0,5, ya que las dimensiones en planta quedaron fijas para todos los modelos de atrio, de esta manera no constituyó mayor análisis.

La proporción SAR aumentó en directa relación con la altura del atrio al dejar el ancho fijo ($a=12,8$ m), concordando con Bednard (1986), un SAR menor 1, corresponde a un atrio poco profundo como en el caso del modelo de 3 pisos, de altura total 10,7 metros, así como un SAR mayor a 2, caracteriza un atrio de gran altura y/o de proporción estrecha de planta.

El indicador WI del modelo de 3 pisos fue 0,6 y aumentó en 0,5; casi el doble respecto al siguiente modelo, de 5 pisos quedando este de 1; semejante sucedió con el tercer modelo de 10 pisos que aumentó el doble del tramo anterior, es decir 1, resultando de valor 2,1.

AR a diferencia de los anteriores coeficientes de aspecto geométrico de la cavidad del atrio, resultó en el modelo de 3 alturas de mayor coeficiente 2,8, disminuyendo en las alturas mayores y para el modelo de 10 pisos fue 0,2.

RI este coeficiente aumentó progresivamente, desde la menor a la mayor altura del atrio en 0,3 décimas para cada modelo.

Además se logró establecer la siguiente comparación gráfica (Gráfico 5.1), entre los indicadores geométricos de cada uno de los tres modelos; ésta reveló un SAR, WI y AR, que a partir de la relación proporcional que más adelante se podrá vincular con la disponibilidad de iluminación natural en el interior de la cavidad. En este caso el indicador SAR referido a la sección, permitió una interpretación de la cantidad de la iluminación natural respecto el alto y el ancho del atrio; y el indicador AR respecto la superficie en planta y el cuadrado de la altura.

Gráfico 5.1. Comparativa de cada relación de aspecto geométrico de los modelos.

- Configuración de los modelos de prueba según la variable cubierta.

En esta tesis, se configuraron seis modelos de prueba, con una única superficie de abertura superior de 316,2 m² que en planta inferior fue de 482,2 m², incluida el área de borde bajo los balcones. El criterio aplicado a la variable cubierta fue la transparencia otorgada por el material, además de una relación en porcentajes respecto del material opaco que fue acero zincado.

De esta manera incorporando las tres variantes de altura, se obtuvo finalmente 18 modelos para evaluar el desempeño lumínico en el interior de modelos de atrio.

Modelos atrios (MA) según cubierta.
MA-base_abierto				
MA_vidrio	MA_policarbonato	MA_60-40	MA_36,5-63,5	MA_lateral

100% Vidrio	Policarbonato	60% Vidrio 40% Panel acero	36,5% Vidrio 63,5% Panel de acero zinc	100% Panel acero zinc y ventanas laterales 1 m.

Tabla 5.2. Variaciones de la cubierta en los modelos atrio.

-. Los modelos según los materiales.

El modelo se planteo en hormigón armado, en consonancia a las características de la edificación sísmica local en altura y de acuerdo a los materiales analizados en los edificios del inventario. Los coeficientes de reflectancia de las superficie para cada material fueron: 0,23 en muros de hormigón armado a la vista (de acuerdo a la prueba de reflectancia en maqueta); en el caso del piso fue 0,23 y en cielo 0,810.

Inicialmente se identificó el modelo base abierto, y luego 5 variantes de acuerdo a los materiales de la cubierta:

- Modelo base: sin cubierta, completamente abierto para obtener referencia del total de horas de iluminancia disponible, el mismo criterio se aplicó en el caso de las variables de altura 3 y 10 pisos.

- Modelos según los materiales de la cubierta: fueron propuestos de acuerdo a los materiales inventariados anteriormente, dos modelos de diferente transparencia, uno con cubierta de vidrio y otro en policarbonato; luego se planteó una combinación alternada de superficies en diferentes porcentajes de transparencia del vidrio y opaco en el caso del panel de acero pre pintado en color blanco.

Finalmente se exploró un modelo de cubierta totalmente opaco en acero zincado con terminación en color blanco con aberturas laterales de 1 m de alto.

Las características ópticas de los materiales, espesores y especificaciones generales, se indican en la siguiente tabla:

Características de los materiales de cubierta de los modelos de prueba				
Materiales	Color	Espesor	Coeficientes	
		mm	Transmisión	Reflectancia
Vidrio laminado	Incoloro.	10	0,85	0,08
Policarbonato bi alveolar	Incoloro.	16	0,72	0,08
Panel acero zincado.	Blanco	6	0,0	0,8

Tabla 5.3. Características de los materiales de cubierta en los modelos de prueba.

10. The IESNA Lighting Handbook. Illuminating Engineering Society of North America. 8th Edition. New York: IESNA, 1993: 518.

- Orientación.

Se propuso dos orientaciones para la evaluación del desempeño de la iluminancia en el interior del atrio, esto obedeció a trabajar la opción de desfase en 10° al poniente, respecto el norte que tiene la trama urbana de la ciudad de Santiago motivo por el cual la orientación de la mayoría de los atrios incorporados en los edificios del inventario tienen orientaciones en acimut 350° .

En este caso la orientación del atrio transversal a la orientación norte - sur fue identificada con ángulo 10° y la orientación del atrio longitudinal al Norte se identificó en 100° . En consecuencia, las pruebas se realizaron respecto una nueva variante que fue la orientación.

En la tabla siguiente se presentan los modelos obtenidos a partir de esta nueva variable , junto a las características de la cubierta y de altura

Modelos atrios según orientación.							
Orientación		10°			100°		
Cubierta		MA_3P	MA_5P	MA_10P	MA_3P	MA_5P	MA_10P
1	Abierto
2	Vidrio						
3	Policarbonato						
4	60% V -40% P.a.						
5	36,5% V -63,5%P.a.						
6	V_lateral						

Tabla 5.4. Modelos de los atrios según variable de orientación y detalle de cada uno de los 36 modelos finales.

Finalmente se examinaron 36 modelos atrio de acuerdo a las variables expuestas anteriormente y según cada una de las orientaciones planteadas, en Tabla 5.4. Cada atrio se ubicó 350° al N-P, esto fue para analizar el desempeño lumínico en el interior del atrio según su posición longitudinal o transversal del atrio respecto el Norte.

- Los modelos finales

En la siguiente tabla resumen se exponen los 18 modelos que se evaluarán por cada orientación. El modelo base se ubicó en la primera columna, según cada una de las variables de altura y en cada fila se ubicaron según el progresivo cerramiento de la cubierta en cuanto aumenta el predominio de la cubierta opaca se

Modelos Atrio					
Base	Vidrio	Policarbonato	60% V-40%P	36,5%V-63,5%P	Lateral
3 Pisos					
5 Pisos					
10 Pisos					

Figura 5.6. Atrios según las variables de altura y cubierta, son 18.

Finalmente se trabajó con 36 modelos de pruebas. Los modelos geométricos se construyeron directamente en el programa *Ecotec*, esto resultó sencillo debido a la versatilidad del programa que permitió ingresar la parametría con facilidad, aun cuando debe construirse cada uno de los modelos evitando repeticiones o copias de los anteriores para controlar los fallos en los resultados debido a no modificar totalmente los datos de entrada y entregarlos posteriormente repetidos.

Todos los modelos fueron revisados de acuerdo a una configuración por zonas, en este caso por cada planta, esto se realizó a través de un análisis general que entregó un listado de errores para solucionar. Luego se ingresaron las características técnicas de los materiales de cada elemento horizontal y vertical, indicadas en la tabla 5.3, el programa permitió incorporar inmediatamente las características ópticas y los parámetros de dimensiones de los materiales, posteriormente estas se verificaron nuevamente una vez exportados al programa *Radiance*.

5.4.2. Metodología para el modelado climático.

Como se indicó anteriormente se realizó una evaluación dinámica de la iluminación natural utilizando el programa *Daysim* 3.0 beta, cuyo motor de cálculo fue el programa *Radiance*. Entre las condiciones básicas para obtener resultados de alta fiabilidad se consultaron:

- Archivo climático horario de la ciudad de Santiago:

La clave para una simulación precisa del comportamiento energético y lumínico en los edificios, proviene de los archivos climáticos que conforman, los registros meteorológico locales. Los datos que fueron recolectados y elaborados en una planilla de ASHRAE 2004, cuya característica fundamental es la extensa base horaria que se incorporó en al menos 30 años de antigüedad, para ofrecer finalmente los antecedentes típicos asociados a un año, esta es conocida como una extensión TMY2 (*Typical Meteorological Year 2*). Según lo indican Wilcox y Marion, (2008)¹¹, la selección desde amplias bases de datos disminuye las diferencias entre los antecedentes que permiten en el largo plazo obtener las características mensuales buscadas. A la inversa, pocos años reunidos para determinar la información correctamente y conformar una base climática, esta será menos representativa.

En este caso la base de datos utilizada para cada modelo construido en el programa *Ecotec* fue Santiago de Chile, cuya fuente de antecedentes proviene de IWECC (International Weather for Energy Calculation, agencia que cuenta con la colaboración del Instituto Meteorológico Nacional) disponibles en la página en línea de Energy Plus Weather (EPW)¹² con datos construidos con más de 30 años¹³, consultados en detalles en la extensión STAT (A summary report on the data) que entrega todos los antecedentes en formato cvs¹⁴.

El archivo climático utilizado en *Ecotec* fue en extensión EPW, al igual que otros formatos de archivos contiene todas las variables del clima con datos horarios diarios para el año típico construido con el método *Sandia* que permite seleccionar por cada día el mes típico para cada estación, escoge 5 variables climáticas más importante para la simulación solar de sistemas de conversión energía y de los edificios:

11. Para más información consultar <http://www.osti.gov/bridge>. Recuperado, 12 de Febrero de 2015.

12. De acuerdo con los antecedentes consultados en la página <http://www.energyplusweatherdata.org>; corresponden a la estación 855740 en Santiago asociada a la WMO (World Meteorological Organization)

13. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm

14. csv (comma-separated values) información en formato abierto para representar datos en forma de tabla, en las que las columnas se separan por comas y las filas por saltos de línea.

- Radiación global horizontal, normal,
- Radiación directa,
- Temperatura de bulbo seco,
- Temperatura de bulbo húmedo, y
- Velocidad del viento.

Los algoritmos de un TMY asignan especial importancia a la radiación solar, el mes seleccionado puede o no ser típico para cada variable, sin embargo la combinación esencial para el estudio de la iluminación natural es altamente considerada:

Cloud cover, which correlates well with solar radiation, is probably reasonably typical. Other elements are not related to the elements used for selection; consequently, their values may not be typical. Additionally, even though wind speed was used in the selection of the typical months, its relatively low weighting with respect to the other elements prevents it from being sufficiently typical for simulating wind energy conversion systems.

Este aspecto es fundamental para la interpretación de la iluminación natural, como se planteo anteriormente y según Mardaljevic, (2002), en las métrica de iluminación dinámica son muy relevante las características de radiación solar así como las características de luminosidad del cielo local.

5.5. Metodología para el modelado tridimensional.

En esta sección se describirá la metodología previa a la simulación del modelo y las propiedades del espacio a analizar, en relación a identificar y cumplir algún criterio y estándar normativo requerido o desempeño lumínico esperado.

El método IES LM-83-12, fue recomendado para realizar cualquier cálculo de requerimiento en Autonomía Lumínica del espacio (sDA), así como Exposición Solar Anual (ASE); sin embargo, se puede aplicar a la evaluación de otras métricas dinámicas tales como UDI, e incluso Factor de Luz Día (FLD). Según este método es necesario describir con precisión la arquitectura (en este caso correspondiente a los modelos de prueba), el período de análisis, identificación de la matriz que contendrá los foto sensores de registro, y todos aquellas características técnicas de la ventana, en general todos los valores reales sino por defecto:

“Most fundamentally, the geometry of the space must be accurately modeled, including angled walls or ceilings, as well as all fenestration surfaces with respect to true solar north” (IES LM-83-12, p.3)

5.5.1. Período de análisis.

De acuerdo a la metodología de modelado de IES para las métricas dinámicas de sDA el período de análisis correspondiente al horario de actividades durante las simulaciones, fue recomendado programarlo en 10 horas diarias desde las 8 AM a las 6 PM, de lunes a viernes. Por consiguiente en total acuerdo con la metodología de modelado propuesta, la evaluación, análisis y síntesis de los espacios atrio incorporados en el interior de edificios de servicios y oficinas en Santiago fue programado según este horario y no contempló intervalos de tiempo, lo cual corresponde a servicios de oficinas, establecimientos educacionales o culturales.

Se consideró una jornada de uso de 10 horas diarias, por lo tanto el total de horas evaluadas fueron de 2.460 horas totales. Este antecedente es relevante, toda vez, los resultados en porcentajes de las métricas dinámicas están referidos a esta cantidad de horas totales. Por consiguiente el 100% en un sensor de la matriz fue equivalente a todas las horas del año, así como el 50% solo alcanzó 1.230 h totales y el otro 50% es posible satisfacerlo con iluminación artificial.

5.5.2. Iluminancia requerida

Se estimó para las diversas actividades posibles de realizar en el atrio, relacionadas a circulación, y diferentes destino de uso, tales como exposiciones temporales, atención e información al público entre otros, un nivel de iluminancia requerido en 300 lux; estos en concordancia con la recomendación del estándar sugerido en IES LM-83-12.

Por tal motivo el nivel de iluminancia requerido se fijó en 300 lux. Se trabajó en una programación de agenda semanal vinculada a los servicios de oficinas resultando un requerimiento para 241 días al año (lunes a viernes).

Table 4.1 | Recommended Illuminance Targets

Category		Recommended Illuminance Targets (lux)			Some Typical Application and Task Characteristics	Visual Performance Description
		Visual Ages of Observers (years) where at least half are				
		<25	25 to 65	>65		
Interior and exterior applications	A	0.5	1	2	• Dark adapted situations • Basic convenience situations • Very-low-activity situations	Orientation, relatively large-scale, physical (less-cognitive) tasks Visual performance is typically not work-related but related to dark sedentary social situations, senses of safety and security, and casual circulation based on landscape, hardscape, architecture, and people as visual tasks.
	B	1	2	4		
	C	2	4	8	• Slow-paced situations • Low-density situations	
	D	3	6	12	• Slow-to-moderate-paced situations • Moderate-to-high-density situations	
	E	4	8	16		
	F	5	10	20	• Moderate-to-fast-paced situations • High-density situations • Some indoor very subdued circulation situations • Some indoor social situations	
	G	7.5	15	30		
	H	10	20	40		
Interior and exterior applications	I	15	30	60	• Congested and significant outdoor intersections, important decision-points, gathering places, and key points of interest • Some indoor social situations • Some indoor commerce situations	Common social activity and large and/or high-contrast tasks Visual performance involves higher-level assessment of landscape, hardscape, architecture, and people and can be work related.
	K	25	50	100		
	L	37.5	75	150	• Some outdoor commerce situations • Some indoor social situations • Some indoor commerce situations	
	M	50	100	200		
	N	75	150	300		
	O	100	200	400		
	P	150	300	600	• Some indoor social situations • Some indoor education situations • Some indoor commerce situations • Some indoor sports situations	
	Q	200	400	800	• Some indoor education situations • Some indoor commerce situations • Some indoor sports situations • Some indoor industrial situations	
Interior and exterior applications	R	250	500	1000		Visual performance is typically daily life- and work-related, including much reading and writing of hardcopies and electronic media consecutively and/or simultaneously.
	S	375	750	1500		

Figura 5.7. Tabla de la IES Niveles recomendados de iluminancias, en

5.5.3. Área de análisis.

Una vez contruidos los modelos se trazó una matriz de 15 columna y 11 filas, que fue totalmente incluida en el interior del recinto quedando separada a 20 cm de los muros por cada lado, se ubicó a 80 cm del piso y describió una trama de 2,02 x 1,64 cm con un total de 165 puntos.

Las características de este trazado para realizar las simulaciones de iluminación natural, obedecieron a lo indicado por Mardaljevic (2009) quien apeló a matrices de gran cantidad de puntos; por ejemplo a distancias de un metro, para obtener mayor precisión en sus resultados. Además las características generales de la matriz fueron recientemente incorporado en IES LM-83- 12,

Es así como cada intersección de la matriz más adelante, actuó como un foto sensor donde se registraron las mediciones de iluminancia y en consecuencia fueron equivalentes a un cúmulo de datos, según las horas programadas de uso del recinto, permitiendo verificar el cumplimiento del requerimiento lumínico, en el período anual establecido.

Los resultados dinámicos se expresan en porcentajes de dichas horas, así como también informaran los porcentajes de FLD:

Figura 5.8. Matriz para la evaluación de la iluminación natural

5.6. Simulaciones

Debido al máximo nivel de iluminancia de 85.000 lux proveniente del tipo de cielo soleado de la CIE, una vez desplazado Radiance Desktop como único programa de evaluación, aplicado para la entrega de los resultados finales, solo se mantuvo como el motor de cálculo para visualizar y ejecutar un nuevo programa, Daysim; capaz de calcular los distintos porcentajes del desempeño lumínico a partir del clima local, se inició su instalación en el computador.

Instalar Daysim no fue fácil, debido a los errores que arrojó la versión actual 4.0 que fue imposible de activar, aún utilizando el código descargado desde la página en línea para su uso. Se decidió entonces, consultar a los expertos del LAHV-CRICYT de Mendoza¹⁵, de quienes se tenían antecedentes a través de sus publicaciones científicas¹⁶, del uso de este programa, ellos confirmaron las dificultades de la última versión del programa que no la lograron activar, por tal motivo recomendaron usar la versión 3.1 beta para usuarios de Ecotect que demandó su activación junto a un Java Gui¹⁷, el cual permitió la comunicación interna para activar y operar con Daysim 3.1 beta, además se utilizó una guía¹⁸ docente publicada por uno de sus creadores, Reinhart (2006). Si bien todo este proceso tomó bastante tiempo, finalmente se logró la activación de los programas para su uso.

Una vez operativa la aplicación y previo al desarrollo de las simulaciones, se realizaron pruebas iniciales en el programa Daysim 3.1 beta, se revisó la configuración y parámetros ópticos de los materiales en el programa Ecotect y se verificó también a través del programa Radiance la reflectancia completa en el interior y en el exterior en la cubierta y la transmitancia visible.

Antes de verificar el desempeño luminoso en el atrio, se revisó especialmente modelo base para interpretar los resultados de las evaluaciones métricas solicitadas, es así como se fue probando diferentes modelos de acuerdo a las diferentes cubiertas. Se verificó especialmente los resultados de las pruebas que entregó el programa y las posibilidades de visualizar los resultados en una escala única de porcentajes que permitiera una lectura en conjunto de las diferentes métricas consultadas, cuales fueron, autonomía lumínica, (DA); factor de luz día, (FLD) y iluminancia diurna útil, (UDI).

15. Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. LAHV - CRICYT. Mendoza. Argentina.

16. Para más información consultar: www.cricyt.edu.ar/asades/averma/averma/php

17. Desarrollado por Sun Microsystems nc

18. Para más información consultar: Advanced Daylight Simulations Using Ecotect // Radiance // Daysim 'Getting Started' en <<http://web.mit.edu/SustainableDesignLab/projects/TeachingResources/GettingStartedwithEcotectRadianceDaysim.pdf>>

5.6.1. Etapas para realizar las simulaciones.

Las simulaciones se llevaron a cabo en dos etapas según cada una de las orientaciones planteadas; de acuerdo a la referencia en Tabla 5.4, Modelos atrios según orientación. En cada una de estas etapas se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cada variante del atrio a simular, primero fue modelado en *Ecotec*, verificando al máximo desde diferentes visualizaciones y con las mayores escalas que el programa permitió para ajustar todos los aspectos necesarios y obtener una correcta evaluación y posterior fiabilidad de los resultados. Además se asignaron las características ópticas de los materiales especificados, según tabla 5.3.

Ajustes Ambientales en <i>Daysim</i>	
Rebotes en el ambiente	7
Divisiones	1500
Calidad de muestra	100
Resolución	300
Precisión	0,1

Tabla 5.5. Ajustes y condiciones de simulación

- Con objeto de hacer posteriores comparaciones entre las diferentes métricas de evaluación de disponibilidad lumínica diurna, por cada modelo, se tuvo especial cuidado en la interpretación de los resultados y fue de vital importancia, ajustar al máximo cada modelización de prueba digital para evitar cualquier distorsión en las pruebas, por esto, se realizó una serie de pruebas iniciales con la finalidad de anticiparse, en lo posible, a los fallos e incongruencias en la salida de los resultados, además otro aspecto relevante fue medir el tiempo de cálculo que tomó cada modelo, que, en el caso de 10 pisos fue del orden de 1 hora y 20 minutos cada uno.

- Es importante señalar que los programas de simulación dinámica de iluminación natural, han sido sometidos a permanentes campañas de simulaciones y ofrecen resultados, en porcentajes anuales -métricas- de los cuales solo hay algunos estudios comparativos¹⁹ que contienen en sí, la abstracción de una unidad de medida anual de acuerdo a la ocupación en los recintos.

19. Reinhart, (2006); Mardaljevic, (2009)

- A diferencia de las evaluaciones estáticas tradicionales, ya sea en niveles de iluminancia (lux), o luminancias (cd/m²) cuantificaciones para las cuales, se puede decir, tenemos adaptado nuestro sentido visual a una magnitud posible de aplicarla al menos comparativamente; por ejemplo, en un espacio intensamente iluminado podemos aproximarnos a estimar 500 lux a diferencia de otro más íntimo en 300 lux).

- Uno de los aspectos necesario de destacar fue el manejo de la información final, ya que *Daysim* por cada simulación y posterior análisis entregó gran cantidad resultados; estos fueron extraídos e interpretados desde una matriz 165 puntos, en formato abierto csv y llevados a texto. Más adelante se ordenó la información en tablas (Anexo 2) y desde ahí se construyeron los gráficos comparativos, el programa además ofreció gráficas de superficie, interpretando los resultados con diferentes tramos de colores. Las evaluaciones obtenidas correspondieron a:

Métodos de cálculo realizados en <i>Daysim</i>	
FLD	Factor de Luz Día
DA _{continua}	Autonomía lumínica continua
DA _{máxima}	Autonomía lumínica máxima.
DA ₃₀₀	Autonomía lumínica respecto umbral en estudio, 300 lux en este caso.
DPS	Porcentaje de saturación de la luz diurna
UDI ₁₀₀	Iluminancia diurna útil menor a 100 lux
UDI ₁₀₀₋₂₀₀₀	Iluminancia diurna útil entre 100 - 2000 lux
UDI ₂₀₀₀	Iluminancia diurna útil mayor a 2000 lux

Tabla 5.6. Métricas de iluminación natural entregadas por *Daysim*

- En el programa *Daysim* fueron simulados los 36 modelos que contenían en el interior una matriz de 165 puntos que constituyó, un total de puntos calculados del orden de 5.940 totales, que en sí correspondieron a sensores de iluminación natural en el interior.

- Finalmente para cada uno de estos atrio se analizaron las siguientes métricas.

- Factor de luz día, (FLD) cuyo resultado fue un porcentaje único.
- Autonomía lumínica (DA) para el umbral propuesto de 300 lux, (DA300),
- Iluminancia diurna útil, (UDI_100-2000 lux).

- Los modelos fueron agrupados los según la variable de altura total, 3, 5 y 10 pisos; en cada grupo se planteo el atrio base abierto más los 5 tipos de cubierta (Tabla .3) y con ello se obtuvieron los resultados de cada uno de los 18 modelos de atrio por cada orientación 10º Nor - Poniente y totalmente girado en 90º situándose en 100º. Se calculó sobre un total de 36 matrices por cada una de las métrica consultadas (3), con lo cual finalmente se analizaron 8.910 puntos en cada una de las orientaciones propuestas.

- Con objeto de aumentar la confianza en los resultados de las simulaciones, se privilegio extraerlos en formato abierto csv, con lo cual fue sencillo llevar la información de las 108 simulaciones obtenidas, desde estas pruebas a tablas para analizarlos, ya que, finalmente para evaluar, la precisión estos fueron comparados a través de graficos elaborados con diferentes objetivos de análisis.

- Todas los gráficos aquí expuestos y los valores numéricos que permitieron construirlos, se encuentran adjuntos en los siguientes anexos:

Anexo 1: Planillas de los resultados de simulaciones de métricas dinámicas de iluminación natural.

Anexo 2. Tablas de simulaciones de atrio modelo y variantes; y

Anexo 3. Gráficos comparativos métricas en cada modelo y variantes, DA, UD, FLD.

5.6.2. Simulaciones comparativas de 3 métricas en cada Modelo Atrio

- Simulaciones comparativas del modelo estático, Factor de Luz Día (FLD) en cada atrio.

Los resultados comparativos de la evaluación para el FLD a partir de las simulaciones realizadas bajo cielo nublado, muestran una gráfica que interpreta la isotropía de la bóveda celeste cubierta por nubes de manera uniforme, solo tiene algunas inflexiones producto del mayor porcentaje 57%, correspondiente al modelo base MA_3 pisos abierto, disminuyendo a 32% en centro de la curva cuando el M_base abierto aumenta a 5 pisos y en el caso de llegar a 10 pisos disminuyó a 10,6%. Luego las variaciones en el porcentaje del FLD en el MA_vidrio, fueron 38,5%, 22,8% y 7,4%, según la menor altura de pisos a la mayor respectivamente.

Factor Luz Día, en Modelos Atrio 3 P. - 5 P. - 10 P. Orientación 10°. Eje longitudinal.

Factor Luz Día, en Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación. 10°. Eje transversal.

Correspondió esta progresiva disminución el FLD a un comportamiento habitual en el atrio, según el cual a medida que la altura aumentó el porcentaje disminuyó debido al sombreado de los muros, acentuado por el efecto de los balcones que provocaron una abrupta caída en cada curva especialmente en el MA_abierto.

En las siguientes curvas graficadas el comportamiento del FLD en el interior de cada atrio disminuyó paulatinamente hasta llegar a rangos aceptados entre 2% a 5%, en ese caso los modelos de 10 pisos, MA_60-40, MA_36,5-63,5 y MA_lateral; además dentro del rango se encontró en altura 5 pisos el modelo MA_lateral.

Gráfico 5.4. FLD (%)

Factor Luz Día, en Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°. Eje longitudinal.

Gráfico 5.5. FLD (%)

Factor Luz Día, en Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°. Eje transversal.

- Simulaciones comparativas del modelo de Autonomía Lumínica (DA) en cada Modelo Atrio.

Los resultados anuales arrojaron para todos los atrios de 3 y 5 pisos en el eje longitudinal N-E a S-O, entregaron una satisfacción con el nivel lumínico superior al 90% y esto también sucedió en el eje transversal, N-O a S-E, en estos casos se encontró un comportamiento simétrico. En los atrios de 10 pisos también se observó un comportamiento satisfactorio entre 75% y 85%.

Gráfico 5.6. DA(%).

Autonomía Lumínica Diurna. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10°. Eje longitudinal.

Gráfico 5.7. DA(%).

Autonomía Lumínica Diurna. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10°. Eje transversal.

Solo el atrio de cubierta opaca y ventanas laterales quedo fuera de rango de satisfacción entre el 1% y 18% .Respecto al modelo atrio en orientación 100°, N-O; S-E, todos los modelos de 3 y 5 pisos, se encuentran con porcentajes de satisfacción mayor a 90%, como en el caso de del modelo atrio de ventanas laterales la satisfacción disminuyo en torno al 85%. Todos los casos de 10 pisos se encuentran con satisfacción entre 75% y 87%, a diferencia el modelo de ventanas laterales (linea guión verde) se encontró fuera de rango entre 48% y 62%. Es decir en esta ubicación el modelo mejora el desempeño lumínico.

Gráfico 5.8. DA(%).

Autonomía Lumínica Diurna. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°. Eje longitudinal.

Gráfico 5.9. DA(%).

Autonomía Lumínica Diurna. Modelos Atrio 3 P. - 5 P. - 10 P. Orientación 100°. Eje transversal.

- Simulaciones comparativas del modelo dinámico de Iluminancia Diurna Útil (UDI) en cada Modelo Atrio.

En este caso y debido a que la UDI permite revelar el discomfort de los ocupantes y la excesiva ganancia solar en los espacios interiores, las curvas asociadas a porcentajes menores a 75% correspondieron a un UDI excedido del rango 100 - 2000 lux. En consecuencia todos los modelos atrio de 3 pisos en ambas orientaciones, ejes longitudinal y transversal, quedaron fuera del rango. Esto también sucedió en los modelos de 5 pisos en ambos ejes de análisis, solo se registró una excepción en el modelo MA_lateral (línea de segmentos cortos verde) que obtuvo porcentajes dentro del rango 75% y 90% en eje longitudinal y transversal.

Gráfico 5.10. UDI (%)

Iluminancia Diurna Útil. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10°. Eje longitudinal.

Gráfico 5.11. UDI(%).

Iluminancia Diurna Útil. Modelos Atrio 3 P. - 5 P. - 10 P. Orientación 10°. Eje transversal.

Dentro de los modelos atrio cuyo UDI fue logrado se tuvo a los modelos de 10 pisos, MA_60-40, MA_36,5 - 63,5, en las dos orientaciones así como también en los dos ejes interiores de evaluación. En oposición de los modelos que quedaron fuera del rango confortable los casos base, MA-base_abierto, se ubicaron en el extremo opuesto el MA-base_abierto de 3 pisos, reveló fue el espacio más sobre iluminado cuyo porcentaje mayor en la curva fue 6%, en el caso de MA-base_abierto de 5 pisos y 10 pisos; fue de 14% y 55%, respectivamente.

Gráfico 5.12. UDI(%).

Iluminancia Diurna Útil. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°. Eje longitudinal.

Gráfico 5.13.

Iluminancia Diurna Útil. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°. Eje transversal.

5.7. Simulación del comportamiento promedio bajo la abertura del atrio.

El objetivo de este análisis de los resultados, fue identificar el desempeño lumínico bajo la abertura del atrio vinculado al aspecto de proporción que lo identifique. Por consiguiente se individualizó el área central de los bordes bajo los balcones, de manera de caracterizar el comportamiento lumínico del atrio según dos variables claves, la altura y la cubierta, específicamente el porcentaje de transparencia de esta.

Figura 5.9. Área central bajo cubierta.

5.7.2. Metodología de análisis.

Sobre la matriz de puntos ubicada a 0.8 m del piso, y a partir de las simulaciones anteriores, se analizaron los resultados obtenidos para un total de 77 sensores de iluminancia (fig. 5.10), ubicados en el centro de la planta, bajo la abertura superior. El desempeño lumínico de cada uno de los 6 atrios y sus variantes se identificaron con un porcentaje promedio de iluminancia interior; primero respecto al exterior en el interior (DF) y luego según cada caso la cantidad de horas (DA) y (UDI), obtenidas en cada una de estas intersecciones que fueron promediadas identificando el desempeño luminoso para cada una de las diferentes métricas de acuerdo a la siguiente fórmula (Kim y Song; 2013, p.526)

$$Promedio(o) = \frac{1}{77} \sum_{i=1}^{77} Promedio(i)$$

Formula 5.1. Desempeño lumínico promedio del atrio respecto la abertura cenital.

Donde:

Promedio (o) = Promedio de cada una de las métrica según la orientación.

(o) = Orientación

i= Medición en cada punto de la matriz (1 - 77)

Primero se realizaron las evaluaciones respecto el desempeño del FLD, luego DA y finalmente UDI para cada uno de los atrios orientados en 10° Nor - Oeste, y luego en orientación 100° respecto la referencia inicial.

Analysis Grid
[No Data Available]
Value Range: 24.0 - 84.0
© PEGTSCOT v8

Figura 5.10. Matriz al interior del modelo selección de 77 puntos de evaluación bajo la abertura superior evaluación.

En consecuencia todos los modelos atrio de 3 pisos en ambas orientaciones y ejes lo

5.6.3. Análisis promedio del Factor de Luz del Día (FLD)

De acuerdo a la formula 1, el FLD promedio característico fue calculado para cada orientación:

El desempeño lumínico del FLD en cada modelo fue disminuyendo en relación al aumento de la altura del atrio; esto también se vio acentuado por el efecto del progresivo cerramiento de la cubierta del atrio desde el 100% de la cubierta plana vidriada y en policarbonato, hasta el la cubierta opaca superior y abierta lateralmente.

Se puede establecer el impacto de la altura en el comportamiento lumínico interior, es decir los modelo más bajos tienen altos porcentajes que indican gran cantidad de luminancia difusa mientras en aquellos altos los registros promedios disminuyeron excesivamente, por debajo del 5% recomendados.

Gráfico 5.14.

FLD promedio bajo la abertura del atrio en modelos, 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10°.

Gráfico 5.15.

FLD promedio bajo la abertura del atrio en modelos, 3P. - 5P. - 10P. Orientación 100°.

5.7.4. Análisis del promedio del Autonomía Lumínica (DA)

En el caso de la Autonomía Lumínica, casi todos los atrios cumplieron satisfactoriamente el nivel lumínico fijado 300 lux, con el 55% de las horas del año, sin embargo, se detectó exceso de iluminancia especialmente en aquellos valores superiores al 75% de las horas anuales de uso propuesto, estas situaciones deberían estudiarse localmente a fin de establecer rangos máximo de tolerancia en presencia de alta iluminancia; hay investigaciones que plantean hoy valores de 3000 lux y más, Andersen *et al* (2012).

Se aprecia además, en la orientación 100° longitudinal del edificio respecto el norte, el efecto que produjo en el interior 10 pisos, favoreciendo la DA.

Gráfico 5.16. Porcentaje de horas en autonomía lumínica . Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10° N-O. Eje transversal.

Gráfico 5.17. Porcentaje de horas de autonomía lumínica . Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10° N-O. Eje transversal.

5.7.5. Análisis del promedio del Iluminancia Diurna Útil (UDI)

En el caso de la Iluminancia Diurna Útil, (UDI), si bien los atrios de 3 y 5 pisos pueden cumplir el nivel de iluminancia de 300 lux, lo exceden revelando alta iluminancia y por consiguiente discomfort por este motivo calentamiento especialmente en aquellos casos con bajos porcentajes.

En este caso el promedio del porcentaje de horas útiles bajo el atrio fue semejante en ambas orientaciones, lo cual no indica una incidencia especial en el comportamiento lumínico útil durante el año. Nuevamente este método de calculo presenta de manera positiva la mayor altura de los atrios, 10 pisos resultando muy desfavorables alturas menores.

Gráfico 5.18. Porcentaje de horas de autonomía lumínica . Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10° N-O. Eje transversal.

Gráfico 5.19. Iluminancia Diurna Útil. Modelos Atrio. 3P. - 5P. - 10P. Orientación 10° N-O. Eje transversal.

CUADRO DE CARACTERIZACIÓN LUMINICA DEL ATRIO DE 4 CARAS														
MODELO ATRIO SEGÚN ALTURA	MÉTRICA LUMÍNICA											ASPECTO GEOMÉTRICO DEL ATRIO		
	(%)	ORIENTACIÓN 10° N-P					ORIENTACIÓN 100° S-E					SA	WI	AR
DF	30	25	22	24	11	30	25	22	22	18	0,8	0,6	2,8
	DA	94	94	94	95	91	95	94	93	94	93			
	UDI	14	18	22	13	43	14	17	17	21	22
DF	19	16	14	14	1	19	16	14	15	6	1,4	1,1	1,0
	DA	93	92	92	92	61	93	92	92	92	86			
	UDI	26	32	37	37	84	26	32	37	34	71
DF	7	7	5	5	0,5	5	6	4	4	2	2,8	2,1	0,2
	DA	84	85	79	78	9	70	69	79	79	86			
	UDI	70	69	79	79	61	65	66	67	68	65			
CUBIERTA ATRIOS												CUBIERTA ATRIOS		
MATERIALES		100 % VIDRIO	100% Pc	60% Vidrio 40% Panel	63,5% Vidrio 36,5% Panel	100% Panel c/Ventana lateral	100 % VIDRIO	100% Pc	60% Vidrio 40% Panel	63,5% Vidrio 36,5% Panel	100% Panel c/Ventana lateral	MATERIALES		

Tabla 5.9. Caracterización lumínica del atrio de 4 caras

De acuerdo a los atrios de cuatro caras incorporados en el inventario de Santiago de Chile se planteó la tabla expuesta arriba, en este caso la caracterización lumínica del atrio obedecería a un numero promedio de iluminancia diurna en los diferentes atrio.

Conclusiones parciales

Por las razones expuestas, una vez desplazado *Radiance Desktop* como el único programa de evaluación para la entrega de los resultados directamente (debido al límite de cálculo bajo cielo soleado de 85000 lux, y solo manteniéndolo como el motor de cálculo para la visualizar y ejecutar el programa *Daysim*; el cambio se tradujo en una oportunidad para el caso de investigar la metodología de evaluación de la iluminación natural a partir de las métricas dinámicas.

Se pudo abordar las metodologías de evaluación más recientes en iluminación natural y con ello el método planteado por la IES LM 83-12, definitivamente fue un hallazgo que cubre no solo la métrica de Autonomía Lumínica Diurna, sino también todas métricas vigentes con lo cual después de casi 30 años analizar el desempeño lumínico desde el clima local es un gran avance que deja un largo camino aun por recorrer.

Antes de verificar el desempeño luminoso en el atrio, se revisó especialmente el modelo base para interpretar los resultados de las evaluaciones métricas solicitadas, es así como se fue probando diferentes modelos de acuerdo a las diferentes cubiertas. Se verificó especialmente los resultados de las pruebas que entregó el programa y las posibilidades de visualizarlos en una escala única de porcentajes que permitiera una lectura en conjunto de las diferentes métricas consultadas, cuales son, autonomía lumínica, (DA); factor de luz día, (FLD) y iluminancia diurna útil, (UDI).

CAPITULO 6: CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES:

RESPECTO LA HIPÓTESIS::

La especificidad del clima mediterráneo de Santiago de Chile, estaría determinando una configuración geométrica y dimensiones interiores de la cavidad del atrio de los edificios de oficinas y servicios que –en conjunto con el diseño constructivo de la cubierta– favorecería un desempeño lumínico eficiente al interior del edificio durante todo el año.

Respecto el clima luminoso de la ciudad y las proporciones del atrio se pudo concluir que resultó más informativa la altura de la cavidad del atrio, en cuanto a las caras interiores que permitieron mayor control de la luz y lograr ambientes difusos donde la iluminación natural resultó de mayor porcentaje de horas útiles favoreciendo en esto las cubiertas con ingreso lumínico controlado.

Se puede concluir además que en la configuración del atrio en planta ha sido dominante, el trazado urbano de la ciudad, tal como se encontró en los regulares y compactos edificios emplazados en la trama fundacional de Santiago, sometidos a restrictivas ordenanzas de ocupación de suelo y altura, a diferencia de las formas irregulares propias de los trazados de la ciudad jardín con mayor disponibilidad de fachadas exteriores.

RESPECTO EL OBJETIVO GENERAL: :

Identificar, caracterizar y evaluar la configuración geométrica del atrio a través de las dimensiones que, en conjunto con la cubierta, permitirían mejores estándares de iluminación natural en el interior y comodidad visual, de acuerdo a las condiciones de cielo predominantemente soleado de la ciudad de Santiago

A partir de la catalogación de los 27 edificios que incorporaron un atrio en Santiago y de acuerdo, con el análisis de la documentación, se puede concluir que las dimensiones predominantes encontradas fueron de configuraciones rectangulares, asociadas a largos en planta el doble del ancho para las cuales las alturas variaron de 10 m a 35 m.

Es así como el PAR fue menor a uno y se ubicó entorno a 0,5 ; SAR mayor a 2 y el aspecto de la cavidad WI, también mayor a 2.

Respecto de las dimensiones justificadas de los atrios que permitieron obtener el modelo para realizar las simulaciones de iluminación natural, se puede concluir que el método dinámico UDI, de cálculo del porcentaje de horas de iluminancia diurna útil resultó más informativo que los otros métodos y situó al atrio como un aporte y una estrategia lumínica difusa en aquellos casos de 10 pisos y luego algunos de 5 pisos, indicando menos favorables aquellos de 3 pisos.

Se pueden extraer las siguientes conclusiones

Después de una extensa revisión del estado de la investigación y técnicas de estudio del atrio, recurriendo a diversas bibliografías se constató la escasa información local y todas las fuentes consultadas provinieron del hemisferio norte.

A través de la revisión bibliográfica se pudo establecer que el espacio de mayor cavidad interior en la arquitectura destinado a múltiples usos correspondió al atrio, un recurso de la arquitectura importado en la ciudad de Santiago en el cual a diferencia de sus orígenes lo habitual en los edificios locales fue el funcionamiento pasivo, sin embargo la incorporación de estos espacios en la arquitectura de la ciudad no responde a otra situación más que la presencia de una tipología globalizada, esta vez en el contexto de la metrópolis.

De las fuentes bibliográficas consultadas solo a través de la revisión de revistas chilenas especializadas en arquitectura desde los años 70 en adelante, se logró establecer el período de estudio del atrio en la ciudad de Santiago y correspondió a 27 años desde 1983 al 2010.

La clasificación del atrio de Saxon (1983;1985) fue la adoptada en esta tesis debido a la universalidad de los tipos y fácil identificación según las caras construidas (fachadas interiores), además se constató la vigencia del autor en la materia en todas las publicaciones científicas actuales.

Respecto a los métodos de estudios y algunas técnicas, se puede concluir que fueron relevantes los métodos evaluación vinculados a los índices geométricos de identificación del atrio, a través de las dimensiones de la cavidad y proporciones, provenientes de estudios del potencial de la iluminación natural en el interior, sin embargo, estos han sido probados en relación a criterios de evaluación estática y solo algunos recientes estudios han evaluado el propuestas de acuerdo al método dinámico mas apropiados en la latitud geográfica en estudio.

Respecto el inventario:

Se pueden decir que los edificios en altura más destacados por su atrio se encontraron ubicados en las comunas de mayor ingreso de la ciudad, a saber: Santiago (centro metropolitano principal); Providencia (sub centro metropolitano principal); Vitacura y Las Condes (continuación del corredor oriente - poniente de la ciudad) hacia el oriente, y, en un polígono unifuncional llamado Ciudad Empresarial (comuna periférica de Huechuraba junto a la circunvalación Americo Vespucio.

Se llegó a obtener dentro del período en estudio, 1983 -2010, 27 edificios que incorporaron un atrio, todos sistematizados en una ficha construida especialmente cuyo diseño propio tuvo las ventajas de registros rápidos y claramente para los datos de interés, los que fueron actualizándose durante la investigación. La información se ordenó de manera estandarizada bajo la clasificación de Saxon (1983).

La identificación en de las cavidades de los atrios en los esquemas de las dimensiones generales con diversas escalas gráficas -dadas las limitaciones de tamaño de la misma- no dificultó el trabajo de análisis necesario en este capítulo orientado principalmente al reconocimiento general de las proporciones.

El manejo de una de tabla resumen de datos incorporado en la ficha, contribuyó a la rápida identificación de la materialidad del espacio atrio y aspectos ambientales que en el siguiente capítulo fue el material base para el análisis de los aspectos constructivos.

Respecto la elección del modelo:

- Si bien en esta tesis se investigó los edificios de uso público y de servicios, se observó que en la ciudad de Santiago, el 52% de los atrios estaban incorporados en edificios destinados a educación superior y el 36% en edificios de oficinas, finalmente 12% fueron diversos destinos, centro cultural (2), y judicial, consistorial, hotel, de cada uno.
- Respecto del emplazamiento: los edificios de formas regulares se encontraron localizadas en el sector de trama urbana fundacional (modelo clásico hispano colonial en damero), sometido a la ordenanza local que uniforma altura, fachada continua, alto índice de edificación con total cobertura del suelo, por lo cual el atrio responde a una necesidad imperativa de llevar luz al interior del edificio. Esta fue la principal razón de evaluar el atrio de 4 caras para explorar en la habilidad de llevar iluminación natural al interior.
- Cabe destacar que los tipos de atrios en configuración regular de 4 y 3 caras, así como aquellos lineales son los más frecuentes en Santiago coincidiendo esto con lo realizado por Saxon (1985), cuyo catastro internacional fue el más extenso de acuerdo a la bibliografía y de él los atrios regulares y de las mismas características fueron los de mayor presencia.
- Por este motivo en este capítulo se identificó la cavidad interior del atrio, extrayéndolo desde el contenedor para facilitar la lectura de las dimensiones y proporciones del atrio de cuatro caras.

Respectos las mediciones en maqueta:

La aplicación de los conceptos sobre iluminación natural en la maqueta de estudio permitió constatar altos niveles de iluminancia en un día totalmente despejado en la ciudad de Santiago.

La medición lograda 132.200 lux al interior de la maqueta sin cubierta supero los estándares de los modelos de cielo soleado CIE que en los programas conocidos especialmente Radiance propuesto inicialmente para utilizarlo solo se registró 85.000 lux.

Se verificará el modelo estático solo para dar cuenta del análisis tradicional que hasta la actualidad se realiza en Chile e incluso recientemente se incorporo en los manuales e instrumentos de verificación de eficiencia energética para todo tipo de edificio.

A partir de esta prueba y las anteriormente realizadas bajo cielo nublado se decidió realizar las mediciones del atrios de cuatro caras según el modelo dinámico, evaluando de acuerdo al clima local, lo que se verá en el siguiente capítulo.

Respecto las simulaciones

Es necesario revisar algunos criterios de condiciones de cielo y su respectiva iluminancias, especialmente en lo que refiere al cielo totalmente soleado que en las investigaciones de esta área prácticamente no se los utilizan. Al respecto se puede decir que no es posible aplicar criterios de estudios propios de climas permanentemente nublados que si bien resultan cómodos son impracticables en el clima mediterráneo en el cual predominan los días soleados.

Para el caso del atrio en estudio, se requiere trabajar en una siguiente etapa próxima a partir de el control del ingreso de la luz natural en extremo generosa para los requerimientos actuales. Por lo tanto una etapa siguiente será el estudio de las cubiertas y el modo de aperturas para el ingreso de la luz natural.

FUTURAS LINEAS DE INVESTGACIÓN:

- Evaluar el potencial del aporte lumínico recibido en los espacios adyacentes al atrio a través de simulaciones según los modelos dinámicos basados en el clima.
- Monitorización y/o simulaciones que relacionen los niveles de iluminancia de modelos teóricos con simulaciones basadas en el clima local.

BIBLIOGRAFÍA

FUENTES DE CORRIENTE PRINCIPAL. REVISTAS

1. Andersen, M.; Mardaljevic, J; Lockley, S.W. (2012). A framework for predicting the non-visual effects of daylight. Part I: photobiology based model. *Lighting Research and Technology*. 44. 37–53
2. Bodart, M.; De Herde, A. (2002) A global energy savings in office buildings by use of daylighting. *Energy and Buildings*, v. 34, n. 5, p.p. 421-429.
3. Calcagni, B.; Paroncini, M. (2004). Daylight factor prediction in atria building designs. *Solar Energy* 76. (2004) 669–682. Recuperado, el 7 de agosto de 2006. www.elsevier.com/locate/solener.
4. Chow, W. K.; Wong; L. T. (1999): Thermal Environment Design of Atria in the Hong Kong Special Administrative Region: A Survey Study, *Architectural Science Review*, 42 (4), 235-252. Recuperado 21 de Junio de 2013.
5. Galasiu, A. D.; Atif, M. R. (2002). Applicability of daylighting computer modeling in real case studies: comparison between measured and simulated daylight availability and lighting consumption. *Building and Environment*. Volumen 37, Número 4, p.p. 363-377
6. He, J. Z. (2012). The CIE Standard General Sky and local climate. *Lighting Research y Technology* 44: 94. Recuperado, 3 de enero de 2013. Base de datos Ebsco.
7. Hung, W. Y. & Chow, W. K. (2001): A Review on Architectural Aspects of Atrium Buildings. *Architectural Science Review*, 44:3, 285-295
8. Kim, J. T.; Kim, Overview, G. (2010). Overview and new developments in optical daylighting systems for building a healthy indoor environment. *Building and Environment* 45. p. 256–269. Recuperado, 16 de Diciembre de 2009, de la base de datos Elsevier Ltda.
9. Kim, J. H.; Song; K.D. (2013). Dynamic daylight performance data for plants in four sided atria. *Lighting Research and Technology* 2013; 45: 521–537
10. Li, D.; Cheung, G.; Lau, C.(2006). A simplified procedure for determining indoor daylight illuminance using daylight coefficient concept. *Building and Environment* 41 (2006) 578–589.
11. Li, D. (2010. Marzo). A review of daylight illuminance determinations and energy implications. *Applied Energy* 87. 2109–2120. Recuperado, 19 de Julio de 2014, de la base de datos Elsevier Ltda.
12. Littlefair, P. (2002, Marzo). Daylight prediction in atrium buildings. *Solar Energy* Vol. 73. 105–109. Recuperado 10 de Marzo de 2006 de la base de datos Elsevier Science Ltda. Mardaljevic, J. (2012, mes?).

13. Laouadi, A.; Atif, M. R. and Galasiu, A. (2002) Towards developing skylight design tools for thermal and energy performance of atriums in cold climates. *Building and Environment* V.37 (Issue12) Elsevier Science Ltd.
14. Mardaljevic, J. (1995) Validation of a lighting simulation program under real sky conditions. *Lighting Research and Technology* 27: p. 181–188. Recuperado, 18 de septiembre de 2012. www.lrt.sagepub.com.
15. Mardaljevic, J (2002) Discussion of a previously published paper Comment on 'Simulation of annual daylighting roles for internal illuminance. Por Reinhart, C. Respuesta a partir de *Lighting Resources Technol.* 34,1 pp. 79–81.
16. Mardaljevic J. (2000). Simulation of annual daylighting profiles for internal illuminance. *Lighting Research and Technology*; 32: 111–118.
17. Mardaljevic, J. (2001). The BRE-IDMP dataset: a new benchmark for the validation of illuminance prediction techniques. *Lighting Research and Technology*, 33(2):117–134.
18. Mardaljevic, J. (2006) Opinion: Daylighting prescriptions: Keep taking the pills? *Lighting Research and Technology* 43: 142. Recuperado, 7 de octubre de 2014. www.lrt.sagepub.com
19. Mardaljevic J, Heschong L, Lee E. (2009). Daylight metrics and energy savings. *Lighting Research and Technology*; 41 p. 261–283. Recuperado, 3 de octubre de 2014. <http://lrt.sagepub.com/>.
20. Miguet, F., Dominique Groleau (2002. Enero). A daylight simulation tool for urban and architectural spaces application to transmitted direct and diffuse light through glazing. *Building and Environment* 37. p.833 – 843. Recuperado, 10 de Marzo de 2006 de la base de datos Elsevier Ltda.
21. Muñoz, C.; Esquivias, P.; Moreno, D.; Acosta, I. y Navarro, J. (2014). Climate-based daylighting analysis for the effects of location, orientation and obstruction. *Lighting Research y Technologie*. 2014; Vol. 46 p.p.268–280. Recuperado, 20 de Octubre de 2014, de la base de datos Ebsco.
22. Nabil, A; Mardaljevic, J. (2005). Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. *Lighting Research Technology*. 37(1) p.p.41- 59. Recuperado, 18 de Julio de 2014 de la base de datos EBSCO.
23. Monteoliva, J. M.; Pattini, A. (2013). Iluminación natural en aulas: análisis predictivo dinámico del rendimiento lumínico-energético en clima soleados. *Ambiente Construido*. 13(4). 235-248. Recuperado, 14 de Junio de 2014.
24. Perez, R.; Ineichen, P.; Seals, R.; Michalsky, J.; Stewart, R. (1990). Modeling Daylight Availability and Irradiance Components from Direct and Global Irradiance. *Solar Energy*, 44(5), pp. 271-289.

25. Pino, A., Bustamante, W., Escobar, R., & Encinas, F. (2012) Thermal and lighting behavior of office buildings in Santiago de Chile. *Energy and Buildings*, 47, 441-449.
26. Ran Yi, Li Shao, Yuehong Su and Saffa Riffat. (2009). Daylighting performance of atriums in subtropical climate. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 4, 230–237.
27. Reinhart CF, Lo Verso VRM (2010) A rules of thumb-based design sequence for diffuse daylight. *Light Res Technol* 42(1):7–31
28. Reinhart, C.; Herkel, S. (2000). The simulation of annual daylight illuminance distributions — a state-of-the-art comparison of six RADIANCE-based methods. *Energy and Buildings* 32. 167–187
29. Reinhart, C.F., Walkenhorst, O. 2001. Dynamic Radiance-based daylight simulations for a fullscale test office with outer venetian blinds. *Energy and Buildings* 33(7), 683–697.
30. Reinhart, C. F., Mardaljevic, J., and Rogers, Z. (2006). Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. *Leukos*, 3(1):7–31.
31. Sharples, S., Lash D. (2007). Daylight in Atrium Buildings: A Critical Review. *Architectural Science Review*, , 301-312. Recuperado, 15 de junio de 2013. www.earthscan.co.uk/journals/ashre.
32. Swinal Samant (2010): A critical review of articles published on atrium geometry and surface reflectances on daylighting in an atrium and its adjoining spaces. *Architectural Science Review*, 53:2, p.145-156. Recuperado el 16 de Septiembre 2012,
33. Walkenhorst, O.; Luther, J.; Reinhart, C., Timmer, J (2002). Dynamic annual daylight simulations based on one hour and one-minute means of irradiance data. *Solar Energy* Vol. 72, No. 5, pp. 385–395.
34. Webb, Ann R. (2006). Considerations for lighting in the built environment: Non-visual effects of light. *Energy and Buildings*, 38(7):721-727. Recuperado 20 de diciembre de 2006 de la base de datos Elsevier Ltda.
35. Wienold, J., JChristoffersen, J. (2006). Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy and Buildings* 38 743–757
36. Yoshino, H.; Ito, K.; Aozasa, K.; (1995). Trends in thermal environmental design of atrium buildings in Japan. *ASHRAE Transactions*. 1995. Recuperado, 6 de diciembre de 2013. www.ashrae.org

Ponencias publicadas en congresos.

1. Andersen, M.; Mardaljevic, J.; Roy, M. Y Christoffersen, J. (2012). Daylighting metrics: is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability?. Proceedings of the Building Simulation and Optimization Conference BSO12, Loughborough, UK
- 2.
3. Baker, N. (2000). We are all outdoor animals. Proceedings de PLEA 2000, Cambridge.
- 4.
5. Du, J.; Sharples S. (2009). Computational simulations for predicting vertical daylight levels in atrium buildings. Eleventh International IBPSA Conference. Glasgow, Escocia. Julio 27-30. Recuperado
- 6.
7. Ibarra, D.; Reinhart, Christoph F. Solar availability: a comparison study of six irradiation distribution methods. Proceedings of Building Simulation 2011. 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, 14-16 November.
8. Kainlauri, E. (1987). Interfacing of daylighting, artificial lighting and solar gains in buildings with atriums. Proceedings of the 3rd International Congress on Building Energy Management. IV Solar Energy use and Daylighting. Lausanne, Switzerland.
- 9.
10. Mardaljevic, J. (2006) Examples of climate-based daylight modelling. CIBSE National Conference: Engineering the Future. 21-22 March 2006, Oval Cricket Ground, London, UK. Paper No. 67
- 11.
12. Mardaljevic, J. (1997). Validation of a lighting simulation program: a study using measured sky brightness distributions". Proceedings of the 8th European Lighting Conference. Amsterdam, 11-14, , p. 555-569.
- 13.
14. Paroncini, M.; Filippo, P.; Di Calcagni, B. (2001). Daylight Prediction Method in Atria Buildings: Effect on the Daylight Factor of Geometric and Atrium Surface Characteristics. ISES 2001 Solar World Congress (p.p. 371-379). Recuperado 11 de Diciembre de 2013.

Revistas especializadas.

1. Burn, J. T., P/A Observer (1967, Julio). The rise of Atlanta: The Regency Hyatt House, with its impressive interior space hopefully presage a return to good design in new hotels. Progressive Architecture. 160- 162.
2. Burn, J. T.; Smith, C. R. (1968, Febrero). Charity begins at home. New York's new Ford Foundation Headquarters is a luxurious tour de force of outside- in space. Progressive Architecture. 92- 105.
3. Hart. Sara PROJECTS. (2003, Febrero). Along the Thames, Foster and Partners puts a new twist on government and give green a different shape with the highly accessible. LONDON CITY HALL. Architectural Record. 109 - 115 ; 120-123.

4. Pepchinski, M., Projects (1998, Enero). With its naturally ventilated skin and gardens the sky, Foster and Partner's. Commerzbank reinvents the skyscraper. Architecture Record. 69- 79.
5. Autor. (1968). Una Grande Serra per Uffici a New York. A new headquarters for the Ford Foundation in New York. Domus (462). p. X-Y.
6. Revista AOA no 17, agosto 2011, pp. 56-61

Libros.

1. Alexander Ch.; Ishikawa, S. y Silverstein. (1998). Un lenguaje de patrones. Editores, Dirk Spennemann and David Look
2. Bednar, M. J. (1985). The New Atrium. Ed. New York. McGraw-Hill.
3. Bednar, M. J. (1990). Interior pedestrian spaces. Ed. Batsford.
4. Behling, Sophia y Stefan. 1991 Solar power. "La evolución de la arquitectura sostenible". Ed Gustavo Gili 2001 Alianza Editorial.
5. Benévolo, Leonardo. 1994 Historia de la arquitectura moderna. Gustavo Gili.
6. Blasser, W. (1985). Atrium. 1º Ed. Wepf & Co. AG, S.A. Barcelona.
7. Blasser, W. (1997) Patios. 5000 años de evolución desde la antigüedad hasta nuestros días. 1º Ed. Castellana.
8. Brown, G. Z.; DEKAY, Mark. 2002 Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies, Edition Paperback
9. Eliade, Mircea. (1973). Lo sagrado y lo profano. Ed. Punto Omega.
10. Frampton, Kenneth. (1999). Estudios sobre cultura tectónica: poéticas de la construcción en la arquitectura de los siglos XIX y XX. Ed. Aka.
11. Gonzalo, Guillermo. 1998 "Manual de Arquitectura Bioclimática". Ed. Tucuman
12. Hales, Shelley. 2003 The roman house and social identity. Ed. University Press
13. Hoppen, D. W. (1993). The seven ages of Frank Lloyd Wright. Santa Barbara. Ed. Capra press.
14. Hopkinson, R. G.; Longmore, J.; Petherbridge, P. (1963). Daylighting. Ed. Heinemann, London
15. Jencks, Charles. 19XX. The architecture of the jumping universe. Ed. Academy Editions.
- 16.

17. Jones, D. (2002). Atrium buildings: Development and Design. London. Ed. Blume Ltd.
18. Kostof, Spiro. (1988). Historia de la arquitectura. Ed. Madrid Alianza
19. Kwok, A.G.; Grondzik, W. T. (2007) The Green Studio Handbook: Environmental Strategies for Schematic Design. 1º Edición, Architectural Press. 392
20. Montaner, J. M. (2002). Después del movimiento moderno. Arquitectura de la mitad del siglo XX. 4ta. Ed. Barcelona. Gustavo Gili, S.A.
21. Norberg- Schulz, C. (1998). Intenciones en arquitectura. Ed. Gustavo Gili.
22. NEILA, Francisco Javier 2004 Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Ed. Munilla-Lería.
23. Pattini, A. (2009) La Luz Natural en las Escuelas: aprovechamiento y control de la luz solar en aulas. Buenos Aires. Ed. Dunken.
24. Roth, Leland M. (1992). "Entender la arquitectura : sus elementos, historia y significado". Ed. Gustavo Gili.
25. Saxon, R. (1986). Atrium building : development and design. (2ª. Revisarlo Ed.) London. Architectural Press.
26. Saxon, Richard. 1994. The atrium comes of age. Ed.Longman.
27. Serra, R. y Coch, H. (1995). "Arquitectura y energía natural". Ed. UPC. Barcelona.
28. Vásquez, C. (2006). "El vidrio. Arquitectura y técnica". Ed. ARQ. Santiago de Chile.
29. Wurm, J. (2007). "Glass structure".Berlín. Ed. Birkhäuser Verlag AG.
30. Yeang, K. J. (2001). El rascacielos ecológico. Ed. Barcelona. Gustavo Gili.
31. Vitruvio, M. P.
32. Mardaljevic, J. (2013). Daylight , Indoor Illumination , and Human Behavior. Recuperado © Springer Science+Business Media New York

TESIS

1. Vera, José Rosas; (1985). Manzana y Tipo Edificatorio en transformación: El Centro de Santiago y las constantes de la ciudad hispanoamericana.
2. Palma, D. (2009). Diseño del atrio contemporáneo: exploración de las variables arquitectónicas que determinan su eficiencia ambiental. Tesis de Magister no publicada. FADEU – PUC

3. Mabb (2001) Queensland University of Technology. Centre for Medical, Health and Environmental Physics School of Physical and Chemical Sciences. Modification of atrium design to improve thermal and daylighting performance. ON LINE

Referencias en línea.

1. Vicente Justiniano Arquitectos Ltda. (s.f.). *Vicente Justiniano Arquitectos Ltda.* Recuperado el 16 de Diciembre de 2013, de Vicente justiniano Arquitectos Ltda.: <http://www.vjustiniano.cl/utem2.html>
2. Klotz Germain, M. (s.f.). *Mathias Klotz*. Recuperado el 3 de Octubre de 2012, de <http://mathiasklotz.com/>
3. Victor Lobos y Asociados Arquitectos Ltda. (12 de Octubre de 2010). *plataforma arquitectura*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2012, de plataforma arquitectura: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-56385/clinica-de-la-salud-universidad-del-desarrollo-victor-lobos-y-asociados-arquitectos-ltda>
4. S3 Schmidt Arquitectos. (s.f.). *S3 Schmidt Arquitectos*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2012, de S3 Schmidt Arquitectos: <http://s3.cl/Aiep-Unab-Bellavista>
5. S3 Schmidt Arquitectos. (s.f.). *S3 Schmidt Arquitectos*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2012, de S3 Schmidt Arquitectos: <http://s3.cl/filter/home/Aiep-Ejercito>
6. Mardones Viviani, G. (5 de Agosto de 2008). *plataforma arquitectura*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2012, de plataforma arquitectura: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/750124/edificio-de-oficinas-vanguardia-gonzalo-mardones-v>
7. Undurraga Devés Arquitectos. (s.f.). *Undurraga Devés Arquitectos*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2012, de Undurraga Devés Arquitectos: <http://www.undurragadeves.cl/?p=421>
8. Undurraga Devés Arquitectos. (17 de Agosto de 2006). *plataforma arquitectura*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2012, de plataforma arquitectura: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/64rFfYS9Xc/centro-cultural-palacio-lamoneda-nil-plaza-de-la-ciudadania-slash-undurraga-deves-arquitectos-slash-undurraga-deves-arquitectos>
9. Oliveros Díaz, F., & Del Piano Pérez-Canto, R. (13 de Octubre de 2008). *plataforma arquitectura*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2012, de plataforma arquitectura: <http://www.plataformaarquitectura.cl/2008/10/13/facultad-de-comunicacion-y-diseno-universidad-mayor-ramon-delpiano/>
10. Baixas Del Rio Arquitectos. (s.f.). *chilearq*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2012, de chilearq: <http://www.chilearq.com/web/proyectos/45/>

11. Baixas Del Rio Arquitectos. (s.f.). *barqo banco fotográfico de la Arquitectura chilena*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2012, de barqo banco fotográfico de la Arquitectura chilena: [http://www.barqo.cl/v1/proyecto.php?tipo=213&arqto=Baixas - Del Rio](http://www.barqo.cl/v1/proyecto.php?tipo=213&arqto=Baixas-Del-Rio)
12. Iglesias Prat Arquitectos. (15 de Marzo de 2011). *plataforma arquitectura*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2012, de plataforma arquitectura: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-79121/municipalidad-de-vitacura-iglesias-prat-arquitectos>
13. Gubbins Arquitectos. (s.f.). *Gubbins Arquitectos*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2012, de Gubbins Arquitectos: <http://www.gubbinsarquitectos.cl/>
14. Marsino Arquitectos Asociados. (s.f.). *Marsino Arquitectos Asociados*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2012, de Marsino Arquitectos Asociados: <http://www.marsinoarquitectos.cl/edificioKovacevic/f1.html>
15. Enrique Browne & Arquitectos Asociados. (s.f.). *Enrique Browne & Arquitectos Asociados*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2012, de Enrique Brown & Arquitectos Asociados: <http://www.ebrowne.cl/sonda-imagenes.html>
16. Izquierdo Lehmann Arquitectos. (s.f.). *Izquierdo Lehmann Arquitectos*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2012, de Izquierdo Lehmann Arquitectos: http://www.izquierdolehmann.com/proyecto/nombre/edificio-gasco/?lang_pref=es
17. Izquierdo Lehmann Arquitectos. (s.f.). *Izquierdo Lehmann Arquitectos*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2012, de Izquierdo Lehmann Arquitectos: <http://www.izquierdolehmann.com/>
18. Vicente Justiniano Arquitectos Ltda. (s.f.). *Vicente Justiniano Arquitectos Ltda*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2012, de Vicente Justiniano Arquitectos Ltda: http://www.vjustiniano.cl/arquitectura_educacional_utm.html
19. Enrique Browne & Arquitectos Asociados. (s.f.). *Enrique Browne & Arquitectos Asociados*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2012, de Enrique Browne & Arquitectos Asociados: <http://www.ebrowne.cl/12-courts-imagenes.html>
20. Enrique Browne & Arquitectos Asociados. (s.f.). *Sonda*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2012, de *Sonda*: <http://www.sonda.com/cl/#>
21. +arquitectos. (s.f.). *+arquitectos Brahm/Bonomi/Leturia/Bartolomé*. Recuperado el 9 de Enero de 2013, de +arquitectos Brahm/Bonomi/Leturia/Bartolomé: <http://www.masarquitectos.cl/>
22. +arquitectos. (28 de Octubre de 2010). *plataforma arquitectura*. Recuperado el 9 de Enero de 2013, de plataforma arquitectura: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-58159/edificio-transoceanica-arquitectos-2>

ANEXO 1.

**TABLAS RESUMEN DE LAS DIMENSIONES DEL ATRIO Y RELACIONES DE ASPECTO
GEOMÉTRICO DE LA CAVIDAD.**

CLASIFICACION MORFOLOGICA: A T R I O 4 caras

NUMERO EN CATASTRO	AÑO DE CONSTRUCCION	NOMBRE EDIFICIO	DESTINO	FORMA PLANTA	ORIENTACION SEGÚN ACCESO	ANGULO AZIMUT
1	2010	CENTRO DE EXTENSIÓN Y BIBLIOTECA CENTRAL UDP	EDUCACION	RECTANGULO	ORIENTE - PONIENTE	350°
5	2009	CAMPUS UNAB / AIEP SEDE BELLAVISTA	EDUCACION	CUADRILATERO IRREGULAR	NOR - PONIENTE	342°
7	2008	EDIFICIO AIEP BARRIO UNIVERSITARIO	EDUCACION	RECTANGULO	NOR - ORIENTE	77,5°
10	2007	CENTRO CULTURAL PALACIO LA MONEDA	CENTRO CULTURAL	RECTANGULO	ORIENTE - PONIENTE	355°
21	1999	EDIFICIO GASCO	OFICINAS	RECTANGULO	NOR - PONIENTE	354°
22	1999	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN UTEM	OFICINAS	RECTANGULO	NOR - PONIENTE	354°
25	1995	EDIFICIO VICENTE KOVACEVIC I U. CENTRAL	EDUCACION	RECTANGULO	NOR - PONIENTE	346,75°
27	1982	EDIFICIO LA MERCED	OFICINAS	RECTANGULO	NORTE	0°

PROPORCIONES GEOMETRICAS PROMEDIOS EN ATRIOS DE 4 CARAS						
--	--	--	--	--	--	--

DIMENSIONES (m)			PLANTA	VOLUMEN	FACHADAS VIDRIADAS EXTERIORES		CUBIERTA VIDRIADA	PAR	SAR	WI	AR	RI
Largo	Ancho	Alto	(m²)	(m³)	(m²)	Nº	(m²)	a / l	h / a	$\frac{h(a+l)}{2 * a * l}$	$\frac{(a * l)}{h^2}$	$\frac{(a * l)}{h * (a + l)}$
20	10,5	18,5	210	3.885	0	0	215	0,5	1,8	1,3	0,6	0,4
PLANTA IRREGULAR		18	135	2.430	0	0	135	IRREGULAR				
6,5	5,5	19	36	2.327	0	0	96	0,8	3,5	3,2	0,1	0,2
48	24	15	1152	17.280	0	0	687	0,5	0,6	0,5	5,1	1,1
30,8	11,1	10,2	340	3.922	0	0	85	0,4	0,9	0,6	3,3	0,8
15,0	12,0	12,0	180	2.160	0	0	35	0,8	1,0	0,9	1,3	0,6
37,1	10,9	19,5	404	7.886	0	0	364	0,3	1,8	1,2	1,1	0,4
15,5	15,5	30,0	240	7.208	0	0	199	1	1,9	1,9	0,3	0,3
24,7	12,8	17,8	337,2	5887,1			227

PROPORCIONES GEOMETRICAS PROMEDIOS EN ATRIOS DE 3 CARAS

PROPORCIONES GEOMETRICAS PROMEDIOS EN ATRIOS DE 2 CARAS

DIMENSIONES (m)			SUPERFICIE PLANTA	VOLUMEN	FACHADAS VIDRIADAS EXTERIORES		CUBIERTA VIDRIADA	PAR	SAR	WI	AR	RI
Largo	Ancho	Alto	(m²)	(m³)	(m²)	Nº	(m²)	a / l	h / a	$\frac{h(a+l)}{2 \cdot a \cdot l}$	$\frac{(a \cdot l)}{h^2}$	$\frac{(a \cdot l)}{h \cdot (a + l)}$
PLANTA IRREGULAR		23,6	669	14.791	175	1	S/I	IRREGULAR				
8,85	7,65	18,5	66	1252	133	0	70	0,9	2,4	2,3	0,2	0,2
20,0	10,0	21,0	200	4.200	168	1	208	0,5	2,1	1,6	0,5	0,3
32,0	24,0	24,0	768	18.432	433	1	64	0,8	1,0	0,9	1,3	0,6
18,5	11,5	18	213	3.830	313	1	579	0,6	1,6	1,3	0,7	0,4
PLANTA IRREGULAR		23,6	154	4.150	157	2	178	PLANTA IRREGULAR				
Circulo r = 10 m		100,1	252	25.026	1172	1	1279	PLANTA IRREGULAR				
65,5	44,5	32,7	331,7	10240,1			396					

DIMENSIONES (m)			SUPERFICIE PLANTA	VOLUMEN	FACHADAS VIDRIADAS EXTERIORES		CUBIERTA VIDRIADA	PAR	SAR	WI	AR	RI
Largo	Ancho	Alto	(m²)	(m³)	(m²)	Nº	(m²)	a / l	h / a	$\frac{h(a+l)}{2 \cdot a \cdot l}$	$\frac{(a \cdot l)}{h^2}$	$\frac{(a \cdot l)}{h \cdot (a + l)}$
PLANTA IRREGULAR		19,0	202	2.327	206	1	23	PLANTA IRREGULAR				
PLANTA IRREGULAR		10,3	164	1.685	305	2	164	PLANTA IRREGULAR				
PLANTA IRREGULAR		27,0	173	4.427	773	2	17	PLANTA IRREGULAR				
		18,8	179,9	2813			67,9

CLASIFICACION MORFOLOGICA: A T R I O 1 caras

NUMERO EN CATASTRO	AÑO DE CONSTRUCCION	NOMBRE EDIFICIO	DESTINO	FORMA PLANTA	ORIENTACION SEGÚN ACCESO	ANGULO AZIMUT
11	2007	FACULTAD DE COMUNICACIÓN Y DISEÑO U. MAYOR	EDUCACION	RECTANGULO	SUR - PONIENTE	194°
13	2006	CENTRO CÍVICO MUNICIPALIDAD DE VITACURA	SERVICIOS	RECTANGULO	NOR - PONIENTE	83°
14	2005	EDIFICIO TVN	SERVICIOS	SEMICIRCULAR IRREGULAR	SUR - PONIENTE	225°

PROPORCIONES GEOMETRICAS PROMEDIOS EN ATRIOS DE 1 CARAS

CLASIFICACION MORFOLOGICA: ATRIO LINEAL

NUMERO EN CATASTRO	AÑO DE CONSTRUCCION	NOMBRE EDIFICIO	DESTINO	FORMA PLANTA	ORIENTACION SEGÚN ACCESO	ANGULO AZIMUT
2	2010	EDIFICIO TRANSOCEANICA	OFICINAS	IRREGULAR	NOR - PONIENTE	340°
3	2010	CENTRO CÍVICO Y CULTURAL DE EL BOSQUE	CENTRO CULTURAL	RECTANGULO	NOR - PONIENTE	289°
4	2009	CLINICA DE LA SALUD UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO	SALUD Y EDUCACION	RECTANGULO	ORIENTE - PONIENTE	270°
12	2006	EDIFICIO AULAS FACEA UNIVERSIDAD DE CHILE	EDUCACION	EDIFICIO AULAS FACEA UNIVERSIDAD DE CHILE	NORTE - SUR	321°
19	2000	EDIFICIO SONDA	OFICINAS	RECTANGULO	NORTE - SUR	355°
23	1997	TALLERES PROLAM	OFICINAS	IRREGULAR	NOR - PONIENTE	333°

PROPORCIONES GEOMETRICAS PROMEDIOS EN ATRIOS DE 1 CARAS

DIMENSIONES (m)			SUPERFICIE PLANTA	VOLUMEN	FACHADAS VIDRIADAS EXTERIORES		CUBIERTA VIDRIADA	PAR	SAR	WI	AR	RI
Largo	Ancho	Alto	(m²)	(m³)	(m²)	Nº	(m²)	a / l	h / a	$\frac{h(a+l)}{2 \cdot a \cdot l}$	$\frac{(a \cdot l)}{h^2}$	$\frac{(a \cdot l)}{h \cdot (a + l)}$
57	11	20	627	12540	542	1	627	0,2	1,8	1,1	1,6	0,5
PLANTA IRREGULAR		11,0	384	4.725	1.237	3	384	PLANTA IRREGULAR				
PLANTA IRREGULAR		12,8	316	10.400	806	1	0	PLANTA IRREGULAR				
57	11	14,6	442,4	9221,7			337					

DIMENSIONES (m)			SUPERFICIE PLANTA	VOLUMEN	FACHADAS VIDRIADAS EXTERIORES		CUBIERTA VIDRIADA	PAR	SAR	WI	AR	RI
Largo	Ancho	Alto	(m²)	(m³)	(m²)	Nº	(m²)	a / l	h / a	$\frac{h(a+l)}{2 \cdot a \cdot l}$	$\frac{(a \cdot l)}{h^2}$	$\frac{(a \cdot l)}{h \cdot (a + l)}$
31,6	17,5	12	497	5572	530	2	189	0,6	0,7	0,5	3,8	0,9
29,3	8,3	10,3	244	2.243	45	2	172	0,3	1,2	0,8	2,3	0,6
29	8	18,5	232	4292	371	3	274	0,3	2,3	1,5	0,7	0,3
32,0	14,0	14,6	448	6.541	371	3	274	0,4	1,0	0,7	2,1	0,7
36,9	8,5	35,9	314	12.336	664	2	402	0,2	4,2	2,6	0,2	0,2
PLANTA IRREGULAR		10,0	168	1.649	77	2	145	PLANTA IRREGULAR				
129,2	49,5	16,9	317,2	5438,8			242,6					

ANEXO 2.

TABLAS DE SIMULACIONES DE ATRIO MODELO Y VARIANTES.

AUTONOMIA LUMINICA (%)														
	NOR OESTE							NOR ESTE							
3P_ABIERTO	88	92	92	93	93	94	94	94	94	94	94	93	93	92	89
	92	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	94	92
	92	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	93
	93	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	93
	93	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	93
	93	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	94
	93	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	93
	93	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	93
	93	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	93
	92	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	94	92
	88	92	92	93	93	94	94	94	94	93	93	93	92	92	88
3P_VIDRIO	72	85	88	89	90	90	91	90	91	90	90	89	88	85	74
	83	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	92	83
	86	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	87
	88	93	94	94	94	94	95	95	95	95	95	95	94	94	86
	88	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	94	94	88
	87	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	94	94	88
	88	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	94	94	87
	86	93	94	94	95	95	95	95	95	95	95	94	94	94	87
	85	93	94	94	94	94	94	95	94	94	94	94	94	93	85
	83	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	92	82
	71	83	87	88	89	89	90	90	90	89	89	88	87	85	71
3P_PC	68	84	85	87	88	89	89	90	88	89	88	87	87	84	66
	79	91	92	93	94	94	94	94	94	93	93	93	92	91	78
	83	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	92	84
	84	92	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	92	83
	85	92	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	84
	85	93	94	94	94	94	94	95	94	95	94	94	94	93	88
	87	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	87
	84	92	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	83
	82	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	92	85
	78	90	92	92	93	93	94	94	93	93	93	92	92	90	75
	63	81	86	87	88	88	88	88	88	88	88	87	85	81	67
3P_60-40	67	79	84	87	87	88	88	88	88	88	87	85	84	82	64
	77	91	92	92	93	93	94	93	93	93	93	92	91	89	77
	81	91	92	93	94	94	94	94	94	94	94	93	92	91	81
	83	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	92	84
	84	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	85
	83	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	92	84
	84	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	92	83
	82	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	93	93	92	84
	80	91	92	93	94	94	94	94	94	94	94	93	93	91	82
	75	89	91	92	92	93	93	93	93	93	92	92	91	90	75
	59	78	82	86	87	88	87	88	88	87	87	87	84	79	64
3P_36,5-63,5	76	87	89	90	91	91	91	91	91	91	91	90	89	86	76
	82	91	92	94	94	94	94	94	94	94	94	94	92	91	85
	87	92	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	86
	88	93	94	94	95	95	95	95	95	95	95	94	94	93	88
	90	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	94	94	94	88
	89	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	94	94	89
	89	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	94	94	89
	89	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	94	94	93	87
	87	92	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	92	85
	82	91	92	93	94	94	94	94	94	94	94	93	92	91	83
	73	86	88	90	91	91	91	91	91	91	91	89	88	84	72
3P_LATERAL	35	70	71	77	77	73	77	78	75	76	76	74	66	63	31
	64	83	85	88	89	89	90	89	88	89	89	89	85	82	60
	68	88	89	90	91	90	91	91	91	90	90	90	88	86	63
	75	87	89	90	91	91	92	92	91	91	91	90	90	86	69
	74	88	89	91	91	92	92	92	92	91	91	91	89	88	72
	72	88	90	91	92	92	91	92	92	92	91	91	90	86	72
	71	88	90	91	92	91	92	92	92	92	91	91	89	88	73
	70	88	89	91	91	91	92	91	92	91	90	91	88	87	68
	71	87	89	89	90	90	91	89	91	90	90	90	88	85	62
	61	82	87	87	87	88	88	88	89	88	88	87	84	82	50
	31	61	71	75	74	74	77	76	74	74	72	72	68	62	26

NOR OESTE

NOR ESTE

[illegible]

ILUMINANCIAS DIURNA UTIL (UDI)															
	NOR OESTE								NOR ESTE							
3P_ABIERTO	61	39	31	28	24	22	22	23	24	24	25	31	34	39	58	
	37	18	13	11	10	9	9	9	10	10	12	14	16	21	40	
	30	13	9	8	8	8	7	7	8	8	9	10	12	15	35	
	28	12	9	8	7	7	7	6	7	7	8	8	10	14	32	
	26	11	8	8	7	6	6	6	6	6	7	8	10	13	30	
	26	11	8	7	7	6	6	6	6	6	7	7	8	10	13	29
	27	11	8	8	7	7	6	6	6	7	8	9	10	13	31	
	29	12	9	8	8	7	7	7	7	8	8	9	11	14	31	
	31	14	10	9	8	8	8	8	8	9	9	10	12	16	37	
	39	19	16	13	11	10	10	10	11	11	12	14	17	22	43	
	72	44	34	30	28	25	25	24	25	27	29	34	39	47	68	
3P_VIDRIO	81	62	51	47	42	40	40	40	40	44	44	46	54	61	78	
	69	29	26	21	19	18	18	17	18	19	19	21	26	30	70	
	53	24	19	16	14	14	13	13	14	14	15	15	21	25	60	
	50	23	17	14	13	12	11	11	11	12	13	15	17	22	59	
	48	21	16	14	12	10	10	10	10	11	12	14	16	21	52	
	53	21	16	14	11	11	10	10	10	11	13	14	16	21	52	
	53	21	17	14	12	11	11	10	11	12	12	14	16	22	56	
	53	24	19	16	14	13	13	13	12	13	14	15	18	22	57	
	53	27	20	18	17	15	15	14	14	15	16	18	21	28	68	
	53	36	27	23	22	21	21	20	20	20	22	24	29	40	80	
	53	79	63	54	50	49	48	49	50	52	54	58	67	76	90	
3P_PC	84	67	60	56	52	47	46	44	50	49	53	57	57	64	81	
	73	39	29	26	22	22	22	22	22	23	26	25	30	40	74	
	63	28	23	21	18	17	16	17	16	17	19	20	23	29	66	
	60	26	21	19	16	15	15	15	15	15	16	18	21	29	66	
	59	26	20	17	16	14	14	14	14	14	15	18	20	26	65	
	60	26	20	17	15	14	14	14	14	14	15	18	20	26	56	
	59	26	21	18	16	15	15	14	15	15	17	18	21	28	62	
	64	29	22	18	17	16	15	15	15	16	17	18	23	29	72	
	72	36	26	23	20	19	18	18	18	19	19	23	26	35	72	
	83	47	36	30	28	26	24	24	26	26	28	33	35	51	89	
	88	85	74	66	60	63	58	58	62	60	63	67	76	85	89	
3P_60-40	86	74	65	58	56	53	52	50	54	55	56	59	62	67	84	
	78	43	33	33	26	24	23	24	27	29	29	34	40	50	75	
	72	37	27	24	21	19	20	18	20	21	21	26	32	38	71	
	69	32	25	23	20	18	18	18	18	18	21	22	27	32	69	
	68	31	24	21	19	17	18	18	17	18	21	21	25	29	69	
	71	29	25	20	18	17	16	19	18	19	20	23	26	32	72	
	70	32	25	24	18	19	17	16	17	19	19	22	29	37	74	
	76	33	29	24	22	20	19	19	19	20	21	27	31	41	74	
	81	42	33	27	24	22	23	21	22	24	24	31	33	46	79	
	86	58	47	37	35	31	31	31	30	31	35	39	47	60	90	
	87	89	84	78	70	66	71	67	67	74	74	74	83	90	89	
3P_36,5-63,5	81	58	47	42	36	35	37	36	34	35	39	41	50	61	78	
	69	37	30	19	18	19	18	17	19	18	21	22	28	38	62	
	54	26	19	15	14	14	13	13	13	14	16	16	22	28	58	
	52	24	17	12	11	11	10	11	11	11	11	14	17	23	52	
	41	18	14	11	10	9	9	9	9	9	10	13	15	22	53	
	46	20	14	10	9	10	9	9	9	10	10	12	15	21	46	
	51	21	15	11	10	10	9	10	10	10	11	13	16	22	54	
	53	22	17	14	12	12	11	12	12	12	13	15	20	25	62	
	66	33	23	18	17	15	15	15	15	15	17	19	24	34	68	
	80	45	32	26	24	21	21	22	21	22	24	26	32	45	80	
	91	75	65	53	49	46	46	42	46	48	48	59	64	81	91	
3P_LATERAL	77	87	90	86	86	89	87	84	85	86	83	84	87	88	78	
	86	73	67	58	51	50	48	50	55	49	52	52	65	73	87	
	83	59	53	45	40	42	38	37	39	44	44	47	56	65	87	
	84	64	51	43	39	36	35	33	36	40	41	45	49	66	83	
	85	61	52	43	35	30	34	31	32	35	38	40	52	58	82	
	85	59	48	41	35	33	36	34	31	33	37	44	51	68	84	
	85	62	50	41	37	36	32	35	36	43	44	55	62	86	86	
	85	63	56	43	43	40	36	38	37	40	48	46	61	69	88	
	86	73	60	54	53	48	44	51	41	48	49	55	63	74	88	
	87	88	75	75	73	63	61	67	62	66	67	71	82	85	85	
	79	88	91	91	91	91	92	92	91	91	91	91	90	89	78

AUTONOMIA LUMINICA (DA)														
	NOR OESTE								NOR ESTE						
5P_ABIERTO	69	82	83	85	87	85	87	86	87	86	85	84	83	81	66
	88	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	88
	89	94	94	94	94	94	95	95	95	95	95	94	94	94	89
	89	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	94	94	94	90
	90	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	94	94	94	90
	90	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	94	94	94	90
	90	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	94	94	94	90
	90	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	94	94	94	90
	89	94	94	94	94	95	95	95	95	95	94	94	94	94	90
	88	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	93	87
	67	82	84	85	87	87	87	87	86	86	86	85	83	81	68
5P_VIDRIO	35	61	68	71	73	75	75	75	74	75	73	71	68	64	32
	74	90	90	91	92	92	92	92	92	92	92	91	91	89	74
	78	91	92	92	93	93	93	93	93	93	93	92	92	91	77
	77	92	92	93	93	93	94	93	94	93	93	93	92	91	80
	80	92	92	93	93	94	94	94	94	94	93	93	92	92	82
	79	92	93	93	93	94	94	94	94	94	94	93	92	91	81
	78	92	92	93	93	93	94	94	94	94	93	93	92	91	81
	75	91	92	93	93	93	94	93	94	93	93	93	92	92	78
	75	91	92	92	93	93	93	93	93	93	93	93	92	91	77
	72	89	90	91	91	92	92	92	92	92	91	91	90	90	72
	43	62	67	71	71	75	72	76	74	75	72	72	68	66	37
5P_PC	69	79	81	83	85	85	82	86	86	86	84	83	81	79	61
	83	89	91	91	92	92	92	92	92	92	92	91	90	90	83
	85	91	91	92	92	92	93	93	93	92	93	91	91	91	84
	85	90	92	92	92	93	93	93	93	93	92	92	92	91	85
	85	91	91	92	92	93	93	93	93	93	93	92	92	91	86
	85	91	92	93	93	93	93	93	93	93	93	92	92	91	84
	85	91	91	92	93	93	93	93	93	92	92	92	92	91	85
	83	91	91	92	92	93	93	93	93	93	93	92	91	91	84
	84	90	91	92	92	92	92	92	93	92	92	92	91	90	82
	81	90	91	91	92	92	92	92	92	92	91	91	91	90	81
	66	76	80	81	82	83	84	85	85	84	84	82	80	78	62
5P_60-40	22	52	62	62	66	62	66	70	68	69	64	63	57	47	26
	67	88	89	90	90	90	90	91	91	91	90	89	89	86	66
	72	89	90	91	91	92	92	92	92	92	91	91	91	90	67
	71	89	91	91	92	92	92	93	92	93	92	91	91	89	76
	69	90	91	91	92	92	92	93	93	92	92	91	91	90	71
	85	93	94	94	94	94	94	95	94	95	94	94	94	93	88
	74	90	90	91	92	92	92	92	92	92	92	91	90	90	76
	72	90	91	91	92	92	92	93	92	92	92	91	90	89	72
	67	89	90	91	91	91	92	92	92	92	91	91	90	88	68
	63	86	88	89	90	90	90	90	90	90	90	89	88	85	58
	29	50	61	61	65	66	69	67	70	63	64	62	53	48	25
5P_36,5-63,5	19	53	54	62	64	64	68	67	65	68	66	57	61	52	22
	65	87	89	89	90	90	90	91	91	91	90	89	88	86	62
	63	89	91	91	91	91	92	92	92	92	91	91	90	88	68
	73	89	91	91	92	92	92	93	92	92	92	91	92	90	70
	68	90	91	91	92	92	93	93	92	92	91	92	91	90	73
	73	90	91	91	91	92	92	93	93	92	92	91	91	90	68
	69	89	90	92	92	92	93	92	93	92	92	92	91	89	69
	68	89	91	91	92	92	91	92	92	92	92	92	91	90	69
	64	88	90	91	91	91	92	92	92	91	91	91	90	87	63
	56	86	88	89	89	90	90	90	90	90	90	89	89	87	61
	26	56	61	67	67	67	64	68	66	66	62	60	56	49	26
5P_LATERAL	0	1	6	3	9	4	4	6	7	4	1	0	0	0	0
	8	33	50	49	54	50	49	55	47	47	50	44	39	33	0
	16	51	55	57	59	60	58	64	63	58	57	56	52	39	1
	16	55	61	60	64	63	64	65	66	63	57	55	54	49	0
	26	51	58	62	63	66	63	63	63	62	64	61	58	51	0
	35	51	61	64	65	67	67	67	63	62	61	61	58	55	0
	12	56	58	62	64	64	61	64	63	65	62	60	56	52	5
	10	58	57	60	64	62	62	66	62	62	62	59	59	56	1
	12	48	56	57	58	59	60	60	58	59	62	55	57	46	0
	5	48	53	48	51	52	51	50	52	56	51	43	45	41	0
	1	3	5	5	5	3	4	7	3	2	3	2	0	0	0

FACTOR LUZ DIA (DF)														
	NOR OESTE							NOR ESTE							
5P_ABIERTO	2	4	4	5	6	5	6	5	6	5	5	5	5	4	2
	6	15	18	20	21	22	23	23	23	22	21	19	18	15	6
	7	19	21	24	26	27	28	27	27	27	25	23	22	18	7
	7	20	23	25	28	29	30	30	30	30	28	25	22	20	8
	8	21	24	26	29	30	31	31	31	30	28	27	24	21	8
	8	21	25	27	29	30	31	32	31	31	29	27	24	21	8
	8	21	24	27	29	30	30	32	31	30	28	27	24	21	8
	8	21	23	25	28	29	29	30	30	29	27	25	23	20	8
	7	19	21	24	26	27	28	28	28	27	25	24	22	19	7
	6	15	18	19	21	22	23	23	22	22	21	20	17	16	6
	2	4	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	4	4	2
5P_VIDRIO	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1
	3	10	11	12	14	15	15	15	16	16	14	12	12	9	3
	4	13	15	17	18	19	19	20	19	18	17	16	14	12	3
	3	13	16	17	19	20	21	20	21	19	19	18	15	13	4
	4	14	17	18	20	21	22	22	22	22	20	19	16	14	4
	4	14	17	19	20	21	22	23	22	22	21	18	16	13	4
	4	14	16	18	19	21	22	22	22	22	20	18	15	13	4
	3	13	15	17	19	20	22	21	21	19	20	18	16	14	4
	3	12	14	16	18	19	20	20	20	19	18	17	15	12	3
	3	9	11	13	14	14	15	16	16	15	14	13	11	10	3
	1	2	2	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	2	1
5P_PC	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1
	2	8	10	11	12	13	13	13	13	13	12	11	9	8	2
	3	11	12	13	16	16	17	17	16	16	15	14	12	11	2
	3	11	13	15	17	17	18	18	17	16	15	13	11	3	3
	3	12	14	16	17	17	19	19	18	18	17	15	14	11	3
	3	12	14	16	17	18	19	18	19	18	17	16	13	12	4
	0	11	13	16	17	19	19	18	18	18	17	16	13	11	3
	3	11	14	15	16	17	17	18	18	17	16	14	12	11	3
	3	11	12	14	15	16	16	16	17	16	15	14	13	10	3
	2	8	10	10	12	12	13	13	12	13	12	11	10	8	2
	1	2	2	3	2	3	3	0	3	3	3	2	2	2	1
5P_60-40	1	2	2	2	24	2	2	3	3	3	2	2	2	2	1
	2	7	9	10	11	10	11	12	12	12	10	9	7	7	2
	3	9	10	13	13	15	14	15	15	15	13	12	11	10	2
	3	9	12	13	14	15	16	17	15	17	15	13	12	9	3
	2	11	13	13	15	16	17	17	18	16	16	13	12	10	3
	3	10	12	15	16	16	18	17	15	16	16	14	12	11	3
	3	10	12	12	16	15	16	17	17	16	15	14	11	11	3
	3	10	12	13	15	16	16	17	16	15	15	13	12	10	3
	2	10	12	12	13	14	15	15	15	15	13	12	11	9	2
	2	7	8	10	11	12	12	12	11	12	10	9	9	6	2
	1	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	1
5P_36,5-63,5	1	2	2	0	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2	1
	2	7	9	9	10	11	11	12	12	12	11	10	8	7	2
	2	9	12	13	12	14	14	14	15	14	13	12	11	8	2
	3	10	12	13	15	16	15	17	15	14	13	14	11	10	3
	2	10	12	13	15	16	17	18	16	16	14	15	12	11	3
	3	11	13	13	14	17	17	18	17	17	15	14	12	10	2
	3	10	11	14	15	16	18	17	17	17	15	14	12	10	2
	2	10	12	14	15	15	14	2	15	15	16	14	12	10	3
	2	8	11	13	14	14	15	15	16	14	13	13	11	8	2
	2	7	8	10	10	10	11	12	11	12	11	9	9	7	2
	1	2	2	3	2	3	2	3	3	3	2	2	2	2	1
5P_LATERAL	0,1	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1
	0,4	0,6	1,0	0,9	1,1	0,9	0,9	1,1	0,9	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5
	0,5	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,2	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,6
	0,6	1,1	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	0,5
	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,3	1,4	1,4	1,3	1,5	1,3	1,3	1,0	0,6
	0,9	0,9	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	0,6
	0,5	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,5	1,4	1,4	1,2	1,0	0,8
	0,5	1,2	1,1	1,3	1,4	1,3	1,3	1,5	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	0,6
	0,5	0,9	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2	0,9	0,5
	0,4	1,0	1,1	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	11,8	1,0	0,8	0,9	0,8	0,4
	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2

NOR OESTE

NOR ESTE

[illegible]

AUTONOMIA LUMINICA (%)													
	NOR OESTE							NOR ESTE						

3P_ABIERTO	87	91	92	92	93	93	93	93	93	93	92	92	92	91	86
	91	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	94	91
	92	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	92
	92	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	92
	92	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	92
	93	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	92
	92	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	92
	92	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	92
	92	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	94	92
	91	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	94	94	91
	86	91	92	92	92	93	93	93	93	93	92	92	92	91	86

3P_VIDRIO	72	85	89	89	90	91	90	90	91	91	90	89	88	84	70
	83	91	93	93	94	94	94	94	94	94	94	94	93	91	81
	86	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	86
	86	93	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	94	94	87
	87	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	94	94	86
	88	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	94	94	88
	87	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	94	94	85
	88	93	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	94	94	86
	84	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	85
	81	92	93	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	81
	71	86	88	89	90	91	91	90	90	90	89	89	88	85	70

3P_PC	66	83	86	88	88	89	90	89	89	89	88	87	86	83	66
	77	91	92	93	93	93	94	94	93	93	93	92	92	91	76
	84	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	83
	83	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	84
	83	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	84
	85	93	94	94	94	94	95	95	94	94	94	94	94	93	86
	85	93	94	94	94	94	95	94	94	95	94	94	94	94	85
	84	92	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	85
	84	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	84
	76	91	92	93	93	94	94	94	94	93	93	93	93	92	78
	65	82	87	88	88	88	89	89	89	89	89	88	85	83	66

3P_60-40	66	77	82	85	85	87	87	88	89	88	88	88	88	87	87
	86	85	84	77	63	71	85	91	91	92	92	92	92	93	93
	93	93	93	93	92	92	91	91	88	80	82	89	92	93	93
	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	93	92	89	82
	84	91	93	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
	94	93	93	91	82	84	91	93	94	94	94	94	94	94	94
	94	94	94	94	94	94	94	93	91	85	85	91	93	94	94
	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	84
	83	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
	94	92	93	91	84	85	91	93	94	94	94	94	94	94	94
	94	94	94	94	94	93	94	93	91	81	82	90	93	93	94

3P_36,5-63,5	60	80	85	87	87	87	88	87	88	88	87	86	84	81	60
	76	89	91	92	92	93	93	93	93	93	93	92	92	91	73
	79	91	92	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	79
	84	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	93	82
	80	92	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	84
	83	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	85
	80	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	82
	81	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	81
	77	91	92	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	92	79
	70	90	91	91	92	93	93	93	93	93	93	92	92	91	72
	55	77	82	82	86	87	88	87	88	86	85	83	83	78	57

3P_LATERAL	69	82	83	87	88	87	86	87	86	86	87	86	83	80	65
	78	89	90	91	91	92	92	92	92	91	91	91	89	87	74
	81	90	92	92	92	93	93	93	93	93	93	92	92	90	78
	82	91	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	93	92	81
	86	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	82
	86	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	84
	83	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	92	84
	85	91	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	93	92	81
	81	90	91	92	93	93	93	93	93	93	93	92	91	90	77
	74	88	90	90	91	92	92	92	92	91	92	91	89	88	75
	68	80	81	86	88	86	88	89	87	88	86	87	83	79	65

FACTOR LUZ DIA (DF)														
	NOR OESTE							NOR ESTE							

3P_ABIERTO	5	10	12	13	14	15	15	16	16	15	14	13	12	10	5
	10	21	27	30	33	35	36	36	36	35	33	30	27	21	10
	1	28	34	40	42	45	46	47	46	45	42	40	35	28	1
	1	31	39	44	48	50	52	53	52	50	48	44	39	31	1
	1	33	41	47	51	53	55	56	55	54	51	47	41	33	1
	1	33	42	49	52	55	56	56	57	55	52	48	42	33	1
	1	33	42	47	51	54	56	55	55	54	51	47	41	33	1
	1	31	39	44	48	51	53	53	52	51	48	44	38	31	1
	1	27	34	39	43	45	47	47	46	46	42	40	34	28	1
	10	21	27	30	33	35	36	36	36	34	33	30	26	22	1
	5	10	11	13	14	15	16	15	15	15	14	13	12	10	1

3P_VIDRIO	2	5	7	8	8	9	9	9	9	9	9	8	7	5	2
	4	12	17	18	21	22	22	23	22	22	21	19	16	12	4
	6	16	21	24	29	29	29	29	29	29	28	25	22	18	6
	5	19	25	28	32	33	32	34	34	32	31	27	25	19	6
	6	19	25	31	32	34	35	35	35	35	33	29	27	21	6
	6	21	25	30	33	36	36	37	37	36	33	31	26	20	7
	6	19	26	31	34	35	35	36	36	34	34	31	26	21	5
	6	19	25	28	31	33	34	33	35	32	31	29	24	18	6
	5	17	23	25	28	30	29	31	29	29	28	25	22	16	5
	4	13	16	18	22	21	23	22	23	22	21	19	16	12	4
	2	6	6	8	1	10	96	9	9	9	8	8	7	5	2

3P_PC	2	5	6	7	7	7	9	8	8	7	7	6	6	5	2
	3	11	13	15	17	18	19	20	18	18	18	1	15	11	3
	5	14	17	21	23	23	24	25	24	24	24	21	18	15	5
	5	16	21	22	27	28	29	28	29	27	27	23	21	15	5
	4	18	22	25	27	29	29	29	30	29	29	26	21	17	5
	5	19	22	26	28	29	31	31	30	30	30	27	22	17	6
	5	18	21	25	27	29	32	30	29	31	27	25	22	16	6
	5	16	21	24	27	27	29	28	29	29	26	24	20	15	5
	5	14	19	20	23	23	25	25	25	24	24	22	18	14	5
	3	10	13	16	18	19	20	20	19	18	18	16	14	11	3
	2	4	6	7	7	7	8	8	8	7	7	7	5	5	2

3P_60-40	2	3	4	5	7	6	6	7	6	6	6	6	5	4	2
	3	9	11	13	15	15	17	18	18	16	15	14	11	9	3
	3	11	15	20	18	20	20	22	20	22	19	18	15	12	4
	4	14	18	20	22	22	23	25	23	23	24	21	18	14	4
	4	14	17	21	23	26	25	25	25	27	24	22	18	14	4
	4	15	18	22	24	25	25	26	25	27	24	22	19	16	5
	4	14	19	22	26	25	25	25	28	25	23	21	19	14	5
	4	15	18	20	23	22	25	25	24	22	22	20	16	14	4
	3	13	14	18	20	21	22	23	21	20	20	19	15	12	4
	3	9	13	14	15	17	17	16	16	16	17	13	12	10	3
	1	4	4	5	6	6	7	7	7	7	6	5	5	4	1

3P_36,5-63,5	2	4	5	6	6	6	6	6	7	7	6	6	5	4	2
	3	8	11	14	15	17	17	17	16	15	16	14	13	10	2
	4	12	15	19	21	21	21	22	23	21	21	20	17	12	4
	5	13	17	20	22	25	24	25	25	24	22	19	2	15	4
	4	16	19	21	24	24	27	25	26	27	22	21	20	15	5
	5	14	19	24	25	26	26	29	26	26	23	24	19	15	5
	4	14	19	22	24	25	25	27	25	26	23	21	19	15	4
	4	14	18	21	24	22	26	26	24	25	24	21	19	14	4
	3	12	15	19	19	21	23	22	21	21	21	18	15	12	4
	2	10	12	12	15	17	17	16	17	16	14	14	12	9	3
	2	4	5	5	6	6	8	7	7	6	6	5	5	4	2

3P_LATERAL	2	4	4	5	6	6	5	5	5	5	6	5	4	4	2
	3	7	8	10	10	11	12	12	12	11	11	9	8	6	3
	4	9	11	14	14	16	16	16	16	15	16	13	12	9	3
	4	11	14	16	18	19	20	21	19	19	18	16	15	12	4
	5	13	16	20	22	23	22	22	24	23	21	19	16	11	4
	5	13	17	20	22	24	22	26	24	24	23	21	17	13	5
	4	13	16	18	22	21	22	21	22	22	21	19	14	11	5
	5	11	14	17	18	20	18	20	20	19	19	18	15	10	4
	4	8	11	14	15	16	16	17	17	16	16	12	11	9	3
	2	6	8	9	11	118	12	12	11	11	12	9	8	7	3
	2	3	4	5	6	1	6	6	5	6	5	5	4	4	2

ILUMINANCIAS DIURNA UTIL (UDI)														
	NOR OESTE							NOR ESTE							
3P_ABIERTO	56	34	28	25	24	23	22	22	22	25	27	29	34	46	77
	35	18	15	13	11	10	10	10	11	10	12	14	16	22	50
	30	14	10	9	8	8	8	8	8	8	9	10	12	16	39
	28	12	9	8	7	7	7	7	7	7	8	9	10	14	35
	26	11	9	8	7	6	6	6	6	7	8	8	10	13	31
	25	11	8	7	7	6	6	6	6	6	7	8	9	13	30
	25	11	8	8	7	7	6	6	6	7	7	8	9	13	32
	27	12	9	8	7	7	7	7	7	7	8	8	10	14	34
	28	13	10	9	8	8	8	8	8	8	9	9	11	16	39
	34	18	13	12	11	10	9	9	9	10	11	13	16	21	46
56	32	28	25	23	23	21	23	22	24	26	30	36	44	72	
3P_VIDRIO	78	62	50	47	43	40	40	40	41	42	47	53	56	73	90
	66	35	25	24	21	19	20	19	20	20	21	24	28	40	81
	59	26	20	17	15	14	14	14	14	14	15	17	20	26	67
	57	23	17	15	13	12	13	12	12	13	14	16	18	24	63
	52	22	16	13	13	12	11	11	11	11	13	15	16	22	62
	52	20	17	14	12	10	11	10	10	10	12	14	17	23	52
	54	23	16	13	12	11	11	10	10	11	12	13	17	21	62
	53	23	17	15	13	12	11	12	11	13	13	14	18	25	61
	63	25	18	16	14	13	13	13	14	14	15	18	20	26	67
	68	33	27	24	19	20	18	19	18	20	21	23	26	37	80
80	58	51	43	41	38	38	41	40	42	46	51	57	67	89	
3P_PC	81	66	58	55	52	52	45	50	51	53	56	60	68	79	89
	73	42	35	29	26	24	23	23	25	25	27	31	33	46	91
	64	31	25	21	18	19	18	17	18	18	18	21	25	33	76
	62	27	21	20	16	15	15	15	15	16	16	19	22	30	72
	62	24	19	17	15	14	14	14	14	14	15	17	21	27	71
	58	23	19	16	15	15	13	13	14	14	14	17	20	27	67
	58	25	20	17	16	15	13	14	14	14	17	18	20	27	69
	62	28	21	18	16	16	14	15	14	14	17	18	22	29	69
	64	30	23	21	19	19	16	17	18	18	18	21	25	32	76
	75	42	34	27	24	23	22	22	22	25	25	27	33	43	88
83	68	56	50	51	51	47	48	49	53	52	59	67	77	89	
3P_60-40	84	76	66	63	59	65	67	61	63	67	67	74	78	91	89
	75	47	37	31	25	25	22	19	20	25	29	33	45	65	92
	73	36	23	18	19	17	17	17	18	16	19	21	30	45	92
	69	27	19	18	16	16	15	15	16	16	16	18	22	29	91
	68	26	20	17	16	14	15	15	15	14	16	17	21	29	90
	67	24	20	16	15	14	14	14	14	14	15	17	20	26	86
	70	28	19	16	14	14	14	15	13	14	16	17	20	27	86
	72	28	20	17	15	16	14	14	14	16	16	19	24	30	89
	75	35	32	20	17	17	16	14	16	17	18	19	32	41	90
	82	56	39	32	25	22	23	24	25	25	24	38	51	62	92
89	71	66	68	64	62	62	61	63	65	67	72	79	83	88	
3P_36,5-63,5	87	75	65	61	58	55	56	57	54	55	59	61	65	71	83
	81	50	38	33	28	25	25	25	27	29	27	34	38	46	80
	77	35	27	23	19	21	20	19	19	21	21	22	27	35	75
	71	31	26	22	19	18	18	17	18	18	20	24	25	31	74
	76	27	23	20	18	18	16	17	16	16	20	21	22	31	72
	73	30	24	19	18	17	17	15	18	17	19	19	24	30	69
	78	31	24	21	18	19	18	17	18	17	20	22	26	31	79
	80	33	26	23	19	21	18	18	18	18	19	23	26	39	81
	88	39	32	25	25	22	20	22	22	23	22	28	33	45	85
	89	56	45	41	34	30	30	29	29	32	38	39	46	60	90
85	92	86	84	78	72	65	68	69	74	79	85	86	92	86	
3P_LATERAL	85	73	72	61	58	61	64	64	67	68	66	71	82	87	89
	78	50	46	39	38	36	34	34	33	38	37	47	58	73	91
	72	42	32	28	26	24	24	24	24	26	26	32	38	54	92
	66	35	27	23	21	20	20	19	21	21	23	25	29	41	92
	60	28	23	19	17	17	18	17	16	17	19	22	26	39	91
	58	27	22	19	16	15	17	14	15	16	17	20	24	34	90
	66	27	22	20	17	17	17	18	17	17	19	21	28	40	90
	66	32	26	21	20	18	21	18	19	20	21	22	27	42	92
	79	40	30	25	23	22	22	22	22	24	24	31	37	50	91
	90	53	42	38	31	30	29	31	31	33	33	43	55	63	91
86	80	76	61	56	61	53	52	63	57	69	70	82	87	89

AUTONOMIA LUMINICA (DA)														
	NOR OESTE							NOR ESTE							

5P_ABIERTO	65	80	82	82	84	84	84	84	85	85	83	82	81	79	61
	86	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	93	93	92	85
	88	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	87
	88	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	88
	89	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	88
	88	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	88
	88	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	88
	88	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	88
	88	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	87
	86	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	93	93	92	85
	62	76	82	82	84	85	84	86	84	84	83	82	80	78	60

5P_VIDRIO	38	66	74	73	74	76	76	78	76	75	74	71	70	68	36
	74	89	91	91	92	92	92	92	93	92	92	91	91	89	71
	79	91	92	93	93	93	93	94	93	93	93	92	92	91	76
	79	91	92	93	93	94	94	94	94	94	93	93	92	91	77
	80	92	93	93	94	94	94	94	94	94	94	93	92	92	77
	77	92	93	93	94	94	94	94	94	94	93	93	93	91	79
	76	92	92	93	93	94	94	94	94	94	93	93	92	92	77
	78	91	92	93	93	94	94	94	94	93	93	93	92	91	78
	76	90	92	93	93	93	93	94	93	93	93	93	92	91	73
	68	89	90	91	92	92	92	92	92	92	92	91	91	89	71
	43	65	70	71	74	76	75	75	76	76	75	70	69	62	39

5P_PC	32	63	66	67	69	71	73	72	74	73	72	66	63	58	27
	68	87	90	90	91	91	91	91	91	91	91	90	89	88	64
	74	90	91	92	92	92	93	93	93	92	92	92	91	90	67
	74	91	91	92	92	93	93	93	93	93	92	92	91	90	75
	75	91	92	92	93	93	93	93	93	93	93	92	91	90	75
	74	90	91	92	93	93	93	93	93	93	93	92	92	90	75
	72	91	92	92	93	93	93	93	93	93	92	92	92	90	76
	73	90	91	92	93	93	93	93	93	93	92	92	91	90	73
	72	90	91	92	92	93	93	92	93	93	92	91	91	90	71
	65	88	89	90	91	91	91	91	91	91	91	90	89	88	66
	35	62	65	68	71	70	71	73	70	69	67	67	66	56	31

5P_60-40	25	54	63	66	65	69	67	71	73	67	68	65	59	53	22
	69	86	89	89	90	91	90	90	90	90	90	89	88	86	59
	71	88	90	91	92	92	92	91	92	91	91	91	90	87	69
	74	90	90	92	92	91	92	92	92	92	92	91	91	90	71
	72	90	91	91	92	92	92	92	92	92	92	91	90	90	74
	71	90	91	92	92	92	93	92	92	92	92	91	91	90	72
	72	90	91	91	92	92	93	93	92	92	92	91	91	90	68
	63	90	90	91	92	92	92	92	92	92	91	92	90	89	71
	68	88	90	91	92	92	92	92	92	92	91	91	90	89	69
	62	86	89	89	90	90	91	90	91	90	89	90	88	85	53
	31	51	65	66	70	68	67	67	71	65	62	64	57	51	26

5P_36,5-63,5	26	61	63	68	69	70	72	70	70	69	71	70	66	51	20
	71	87	89	90	90	91	91	91	91	91	90	89	88	87	66
	71	89	91	91	91	92	92	92	92	92	92	91	91	90	70
	72	90	91	92	92	92	93	93	93	92	92	92	91	90	74
	76	90	91	92	92	93	93	93	92	92	92	92	91	90	71
	74	90	92	92	93	92	93	93	93	92	92	92	91	90	74
	76	89	91	92	92	92	93	93	93	92	92	92	91	90	77
	71	90	91	91	92	92	93	93	92	92	92	92	91	90	75
	70	90	91	91	92	92	92	92	92	92	91	91	90	89	72
	60	87	89	90	90	91	91	91	90	90	90	90	88	87	65
	31	57	64	68	68	70	71	72	69	71	68	66	63	53	26

5P_LATERAL	2	25	40	30	39	51	47	44	49	33	28	33	24	12	0
	45	77	73	80	79	80	79	83	82	81	78	81	77	71	28
	51	80	81	82	87	85	87	86	86	86	86	83	83	81	30
	45	79	85	85	87	87	86	87	87	86	86	86	83	80	47
	47	84	84	85	86	88	88	88	88	86	87	83	83	81	49
	55	78	85	84	87	88	88	88	87	87	86	87	83	82	46
	55	81	81	84	87	88	88	88	88	87	88	85	85	80	53
	53	81	85	86	86	88	88	88	87	87	86	84	82	76	50
	45	80	81	85	84	87	86	87	87	87	84	83	83	75	37
	37	71	75	78	85	84	85	84	83	81	78	81	78	71	28
	3	24	41	45	55	46	46	50	43	46	36	37	22	13	0

	FACTOR LUZ DIA (DF)														
	NOR OESTE							NOR ESTE							
5P_ABIERTO	2	4	4	4	5	5	5	5	6	6	5	5	5	4	2
	6	15	18	19	22	22	23	23	23	22	21	20	18	16	6
	7	19	21	24	26	27	28	28	28	27	26	24	22	19	7
	7	20	23	26	27	28	30	30	30	29	28	25	23	20	8
	8	21	24	26	28	30	31	31	31	30	28	27	24	21	8
	8	21	24	27	29	30	31	31	31	31	29	27	24	21	8
	8	21	24	26	29	30	31	31	30	30	28	27	24	21	8
	8	20	24	25	27	29	30	30	30	29	27	26	23	20	7
	7	19	21	24	26	27	28	28	27	27	26	24	22	19	7
	6	15	18	20	21	22	23	23	22	22	22	20	18	15	0
	2	0	5	5	5	1	1	6	6	6	5	5	4	4	2
5P_VIDRIO	1	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	2	1
	3	9	12	12	15	14	16	15	16	15	14	12	12	10	3
	4	13	14	17	18	18	20	20	19	20	18	15	14	12	4
	4	13	16	18	19	21	21	20	21	21	19	18	16	12	4
	4	14	17	18	21	22	22	23	21	21	21	18	16	13	4
	4	14	17	18	20	21	23	23	22	22	20	19	17	13	4
	3	13	16	19	20	21	21	23	22	21	20	18	16	14	4
	4	13	16	19	19	21	22	22	21	20	19	17	16	13	4
	3	11	15	16	17	19	20	20	20	19	17	17	15	12	3
	2	10	11	13	14	15	15	15	15	15	14	13	12	9	3
	1	2	3	3	3	3	0	3	4	0	4	3	3	2	1
5P_PC	1	2	2	2	2	0	3	3	3	3	3	2	2	2	1
	2	8	10	11	12	13	13	12	13	13	12	11	10	9	2
	3	10	12	14	15	16	17	17	17	16	15	14	12	10	2
	3	12	13	15	16	17	18	18	17	17	16	15	13	11	3
	3	12	14	15	17	18	19	19	18	18	17	16	13	12	3
	3	11	13	16	18	18	19	19	18	19	17	16	15	11	4
	3	12	14	15	17	17	19	19	18	17	16	17	14	11	4
	3	10	13	15	17	17	17	18	19	18	17	15	13	11	3
	3	10	13	14	15	16	16	16	16	16	15	13	13	11	3
	2	8	9	10	12	12	13	12	12	12	12	11	10	8	2
	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1
5P_60-40	1	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2	1
	3	7	10	10	11	12	11	11	11	11	9	9	7	2	2
	3	8	10	12	14	14	14	13	15	13	14	12	12	8	3
	0	10	11	14	15	13	16	16	14	15	14	13	13	10	3
	3	11	12	13	14	15	15	16	16	16	15	14	11	11	3
	3	10	12	14	14	17	17	16	16	16	16	13	12	11	3
	3	10	12	13	15	17	17	17	16	15	15	14	12	10	2
	2	10	10	13	14	16	16	16	16	15	13	14	12	9	3
	2	8	11	13	13	15	15	15	14	15	13	13	11	9	3
	2	6	9	9	11	11	1	11	1	11	10	10	9	6	2
	1	1	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	1
5P_36,5-63,5	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1
	3	7	9	10	10	11	12	12	12	12	11	9	8	8	2
	3	9	12	12	13	14	16	15	14	14	15	13	12	10	2
	3	10	12	14	15	16	17	17	17	16	16	13	12	10	3
	3	10	12	14	16	16	17	17	15	16	15	15	12	10	3
	3	11	14	15	16	15	17	18	17	16	15	16	13	10	3
	3	9	12	15	15	16	18	16	17	16	16	14	12	11	4
	3	11	12	13	15	15	16	17	16	15	15	14	13	10	3
	3	10	12	13	14	15	16	15	15	15	13	12	10	10	3
	2	7	9	10	11	13	12	12	11	11	10	10	8	7	2
	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1
5P_LATERAL	0,37	0,81	1,20	0,96	1,10	1,48	1,40	1	1	1	1	1	1	1	0
	1,28	3,64	3,10	4,48	4,01	4,35	4,09	5	5	5	4	5	4	3	1
	1,47	4,39	4,43	4,80	6,56	5,93	7,22	7	6	7	7	5	5	5	1
	1,28	4,26	6,02	5,94	6,74	6,68	6,54	7	7	6	6	6	5	5	2
	1,31	5,58	5,65	5,75	6,33	7,70	7,78	8	7	6	7	5	6	5	2
	1,67	3,95	5,85	5,44	6,75	7,51	7,71	7	7	7	6	7	6	5	1
	1,70	4,60	4,34	5,12	7,04	7,70	8,09	8	7	7	7	6	6	5	2
	1,57	4,58	5,71	6,09	6,13	7,72	7,43	7	7	7	6	6	5	4	2
	1,28	4,27	4,54	5,87	5,49	6,60	6,52	7	7	7	6	5	5	4	1
	1,10	2,97	3,31	3,87	5,86	5,27	5,85	5	5	5	4	5	4	3	1
	0,44	0,79	1,13	1,15	1,59	1,25	1,21	1	1	1	1	1	1	1	0

<div> <div>ILUMINANCIAS DIURNA UTIL (UDI)</div> </div>															
NOR OESTE								NOR ESTE							
5P_ABIERTO	78	70	67	67	65	66	66	67	67	68	73	77	80	84	88
	61	33	29	27	23	23	22	22	23	24	27	29	34	41	83
	55	28	23	20	18	17	17	17	18	18	21	23	27	33	74
	54	24	20	18	17	16	16	16	16	17	18	21	24	30	70
	51	24	19	17	16	15	15	15	15	16	18	19	23	28	68
	52	23	19	17	16	15	15	15	15	16	17	19	22	28	66
	52	23	20	18	16	15	15	15	16	16	18	19	23	28	67
	54	25	20	19	17	16	16	16	16	17	18	20	24	29	69
	56	26	23	19	18	18	17	17	18	19	20	22	26	31	74
	65	32	28	26	24	23	21	22	23	24	24	28	33	39	81
	76	71	64	64	62	62	64	63	65	68	71	73	79	83	86
5P_VIDRIO	76	81	76	76	76	74	75	73	75	78	80	82	86	88	78
	78	50	41	39	34	34	32	34	31	34	37	44	46	57	90
	72	40	34	29	27	26	25	24	26	25	28	33	36	45	90
	70	38	31	27	25	23	23	24	23	24	26	29	32	42	86
	68	35	28	27	23	22	22	21	23	23	24	28	31	40	83
	71	35	29	26	23	23	21	21	22	22	25	26	29	41	80
	73	35	29	26	24	22	22	21	22	23	25	29	31	38	83
	71	36	31	26	26	23	22	22	23	24	27	28	33	39	85
	74	44	32	29	28	25	25	24	25	26	28	30	36	47	88
	76	50	44	39	35	34	33	33	34	34	37	42	46	59	90
	75	79	75	75	73	72	74	73	73	76	78	81	84	87	80
5P_PC	74	82	81	79	80	79	79	78	79	81	81	85	88	88	74
	80	59	47	44	41	40	40	41	42	43	46	52	56	63	88
	77	47	41	36	33	32	30	30	31	33	36	38	47	55	89
	77	42	37	33	31	30	28	29	29	30	32	34	41	52	91
	74	42	36	33	30	28	27	27	28	28	30	33	40	47	88
	74	42	37	30	28	28	27	27	28	27	29	32	37	48	89
	77	38	35	32	29	29	26	26	28	30	31	31	39	48	87
	76	47	38	32	29	29	28	28	27	28	31	35	40	49	89
	76	47	38	36	32	30	30	32	31	31	35	40	44	54	90
	77	56	51	49	41	42	39	42	42	43	45	52	56	65	89
	71	80	78	79	77	77	79	77	78	81	82	84	87	86	76
5P_60-40		85	84	83	84	84	85	85	84	87	88	88	87	87	73
	84	63	51	49	48	43	46	47	50	50	51	60	64	78	87
	81	56	46	41	36	36	36	39	34	42	41	45	48	69	90
	80	49	44	37	33	37	31	33	36	35	38	41	44	56	90
	84	47	41	38	34	32	32	31	32	33	35	40	50	54	91
	82	48	41	35	34	30	29	31	31	33	32	40	45	53	91
	81	47	40	36	33	30	29	30	31	33	34	38	45	55	89
	83	48	48	39	34	30	30	32	32	35	40	39	47	60	90
	82	55	43	39	37	33	33	34	36	36	41	43	50	61	90
	84	66	55	55	45	47	42	46	44	49	56	56	63	79	86
	70	82	81	82	83	81	83	83	83	85	86	86	86	85	73
5P_36,5-63,5	73	84	84	84	84	85	84	85	87	87	88	90	89	85	72
	86	62	54	49	48	45	41	43	43	44	47	60	63	71	89
	84	49	41	39	38	35	32	32	35	34	35	42	43	57	89
	83	47	38	34	31	30	29	29	30	30	33	39	43	55	91
	75	46	39	34	30	29	28	29	31	30	31	35	42	51	90
	79	44	35	33	29	30	29	27	27	31	33	32	41	52	91
	77	49	39	33	31	29	27	28	28	30	32	36	40	49	92
	79	44	40	35	31	31	29	28	30	32	33	37	39	54	91
	79	47	40	38	35	33	31	31	33	34	40	42	51	56	91
	81	66	51	48	45	38	42	42	46	48	52	52	63	73	89
	71	83	82	82	82	83	84	82	84	86	87	87	88	85	74
5P_LATERAL	50	75	82	78	80	85	84	83	85	79	78	82	78	74	53
	82	82	83	78	82	80	83	77	83	84	88	85	90	91	81
	83	78	76	75	67	71	66	70	73	72	73	83	84	88	81
	82	78	67	68	64	65	68	65	66	74	76	78	85	89	86
	82	71	69	66	65	62	60	63	66	73	72	83	83	88	86
	85	82	67	69	64	61	61	66	67	70	75	76	84	89	84
	85	75	77	71	62	61	60	60	66	71	70	80	81	90	87
	86	74	69	66	65	59	63	65	68	68	77	83	89	92	86
	83	75	76	69	71	67	70	68	69	70	79	85	85	92	82
	80	82	84	82	71	77	74	78	82	83	89	86	90	91	80
	54	73	80	75	80	82	76	78	83	77	74	81	70	66	44

AUTONOMIA LUMINICA (DA) 10_PISOS

NOR OESTE

NOR ESTE

10P_ABIERTO	9	15	17	19	20	20	20	18	18	19	16	15	12	10	7
	22	82	84	84	85	85	85	85	85	85	85	84	84	83	17
	29	86	86	87	87	88	87	88	88	88	87	87	86	86	27
	28	86	86	87	88	88	87	87	88	87	87	87	87	86	27
	32	86	87	87	88	87	88	87	88	88	87	87	86	86	26
	28	86	86	87	88	88	88	88	88	87	88	87	86	86	28
	31	86	87	87	88	88	88	88	88	88	87	87	86	85	29
	32	86	86	87	88	87	88	88	88	87	87	86	86	86	26
	30	86	86	87	87	88	88	88	88	88	88	87	85	86	28
22	84	84	85	85	86	85	86	85	85	84	84	83	82	17	

10P_VIDRIO	8	9	11	12	12	13	14	14	14	14	13	14	12	13	12
	11	11	9	8	7	12	66	77	77	78	81	78	81	80	80
	82	81	80	78	76	79	77	75	70	12	21	73	81	82	85
	84	84	85	85	85	84	85	84	84	83	85	83	81	77	19
	23	78	82	84	83	84	85	84	86	85	84	85	85	84	85
	84	82	81	85	84	84	84	83	84	84	84	85	85	84	85
	85	85	85	85	84	85	84	81	79	19	21	79	83	85	85
	85	85	84	85	85	85	87	84	85	86	85	84	82	75	20
	21	78	84	82	84	85	85	86	86	85	85	85	85	84	84
	83	85	83	79	19	18	75	85	81	85	83	85	85	84	85
85	85	84	84	84	84	84	83	75	17	18	74	81	82	84	

10P_PC	8	10	13	13	14	16	16	16	16	15	15	14	11	9	6
	17	75	77	78	80	80	81	81	79	80	80	81	78	75	13
	20	82	83	84	85	85	85	85	85	85	84	84	83	81	19
	27	82	83	84	85	85	85	86	85	85	84	85	83	82	26
	27	83	83	85	86	86	85	86	86	85	84	84	84	82	21
	26	84	84	85	86	85	86	85	85	85	85	84	83	83	27
	25	82	83	84	84	85	85	85	85	85	84	84	84	82	21
	24	81	83	84	84	85	86	85	85	84	84	82	83	83	25
	20	82	83	84	85	85	85	85	85	85	84	84	84	81	21
	20	76	77	80	80	81	80	81	82	81	80	77	78	75	16
7	12	13	15	17	19	19	19	19	20	18	16	14	11	5	

10P_60-40	5	7	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	7	6	4
	8	61	69	76	76	71	73	72	76	73	63	72	69	59	10
	9	71	73	77	80	81	80	80	78	80	77	77	76	73	9
	12	78	75	80	78	77	81	80	80	80	80	78	75	74	12
	13	74	80	77	80	82	81	82	81	81	82	76	80	75	12
	13	75	78	78	81	81	80	84	79	81	80	81	79	75	14
	12	70	76	75	78	77	81	80	80	78	79	80	78	76	12
	14	75	77	80	80	77	80	82	78	79	78	78	75	73	11
	12	72	71	75	76	78	80	80	80	80	81	78	76	71	8
	7	61	63	74	76	72	72	76	71	68	74	65	68	67	6
3	6	9	9	9	9	9	11	10	10	10	9	7	4	2	

10P_36,5-63,5	4	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	5	3
	7	64	65	74	70	70	75	73	73	71	69	67	70	57	6
	8	70	76	77	80	78	78	78	80	83	81	78	75	73	9
	10	74	75	77	80	80	80	81	81	80	78	77	74	74	10
	11	74	76	79	81	80	77	80	80	82	78	80	80	71	11
	12	76	76	78	79	79	78	80	80	80	80	76	72	71	11
	11	76	76	79	81	80	78	80	82	80	79	78	75	75	10
	11	67	73	77	77	79	79	79	81	79	77	77	75	71	10
	9	76	73	79	76	79	79	79	79	79	79	81	76	75	7
	8	61	70	73	72	69	70	74	73	70	70	68	66	55	5
3	6	7	9	10	10	10	10	9	10	9	8	6	4	1	

[illegible]

FACTOR LUZ DIA (DF)														
	NOR OESTE							NOR ESTE							
10P_ABIERTO	0,49	0,73	0,84	0,93	0,97	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	0,96	0,94	0,85	0,72	0,49
	1,02	6,17	6,96	7,03	7,66	7,79	8,15	7,75	7,69	7,61	7,55	7,59	6,88	6,73	0,94
	1,23	8,11	8,16	9,30	9,57	10,18	9,66	10,43	10,08	10,27	9,26	9,14	9,12	8,31	1,22
	1,22	8,18	8,50	9,12	9,97	9,85	9,76	9,91	10,55	9,63	9,91	9,31	9,21	8,28	1,24
	1,37	8,33	9,03	9,28	9,97	9,78	10,33	9,77	10,53	10,29	9,60	9,00	8,91	8,46	1,24
	1,24	8,43	8,61	9,12	10,05	10,20	9,97	10,43	10,08	9,94	10,27	9,52	8,99	8,81	1,24
	1,34	8,35	8,93	8,77	9,99	9,71	10,16	10,17	10,61	10,30	9,70	9,48	8,96	8,22	1,30
	1,36	8,25	8,53	9,38	9,64	9,56	10,11	10,29	10,11	9,32	9,22	8,96	8,84	8,60	1,16
	1,30	8,63	8,65	8,90	9,40	9,91	10,36	10,04	9,83	10,01	10,04	9,43	8,44	8,67	1,30
	1,01	6,71	6,68	7,37	7,48	8,18	7,62	8,15	8,09	7,61	7,30	7,25	6,66	6,29	0,87
10P_VIDRIO	0,27	0,38	0,47	0,55	0,56	0,62	0,64	0,68	0,67	0,65	0,63	0,66	0,61	0,65	0,61
	0,58	0,57	0,48	0,40	0,31	0,49	2,91	4,70	4,50	4,79	5,60	5,01	5,73	5,48	0,54
	6,01	5,77	5,37	4,67	4,52	4,90	4,68	4,25	35,59	0,60	0,82	4,02	5,52	5,93	7,08
	6,65	6,44	7,84	7,24	7,17	7,16	7,26	7,00	6,73	6,40	7,37	6,42	5,82	4,48	0,72
	0,89	4,60	5,95	6,47	6,16	6,61	7,13	6,79	7,99	7,04	7,01	7,42	7,60	6,92	7,25
	6,99	6,22	5,35	4,93	0,73	0,76	4,81	6,27	6,66	6,82	7,16	7,29	7,87	6,81	7,59
	7,68	7,55	7,63	7,34	6,77	7,44	6,54	5,65	4,87	0,74	0,80	5,05	6,29	6,90	0,74
	7,06	7,61	6,70	7,46	7,43	7,72	8,95	7,11	7,51	8,12	7,36	6,72	5,95	4,40	0,83
	0,77	4,91	6,63	6,11	6,61	7,43	7,74	8,04	8,54	7,28	7,87	7,93	7,87	7,18	7,04
	6,23	7,04	6,36	4,78	0,77	0,76	4,15	0,71	5,44	7,11	6,42	7,20	7,41	7,10	7,78
	8,17	7,83	7,07	7,15	7,01	6,91	6,51	6,28	4,24	0,73	0,66	4,19	5,83	5,91	6,79
10P_PC	0,28	0,46	0,57	0,62	0,65	0,70	0,67	0,66	0,67	0,64	0,64	0,62	0,55	0,44	0,30
	0,67	4,35	4,56	4,96	5,32	5,42	5,76	5,75	5,19	5,48	5,28	5,44	4,66	4,25	0,59
	0,78	5,80	6,15	6,76	7,33	7,63	7,24	7,69	7,44	7,17	6,99	6,74	6,53	5,71	0,71
	1,02	5,98	6,11	6,72	7,43	7,52	7,66	7,86	7,11	7,36	7,02	7,15	6,44	6,14	0,87
	1,01	6,09	6,12	7,22	7,97	7,88	7,59	7,95	8,23	7,24	7,27	6,47	6,69	5,93	0,78
	0,97	6,61	6,80	7,24	7,85	7,54	8,32	7,62	7,89	7,79	6,96	6,88	6,42	6,19	0,96
	0,92	6,02	6,33	6,62	6,77	7,72	7,30	7,76	7,54	7,46	7,23	6,67	6,58	5,81	0,84
	0,85	5,48	6,31	6,66	6,64	7,54	7,88	7,51	7,57	7,07	7,08	5,97	6,23	6,29	0,86
	0,67	5,93	6,18	6,94	7,05	7,40	7,30	7,89	7,74	7,52	6,87	7,05	6,52	5,56	0,82
	0,74	4,64	4,95	5,46	5,50	5,68	5,55	5,71	6,00	5,58	5,36	4,71	4,94	4,44	0,62
	0,31	0,43	0,55	0,62	0,67	0,70	0,67	0,69	0,69	0,68	0,65	0,62	0,55	0,47	0,29
10P_60-40	0,19	0,31	0,37	0,42	0,45	0,44	0,47	0,44	0,44	0,45	0,45	0,42	0,38	0,33	0,20
	0,39	2,81	3,46	4,58	4,66	3,68	4,04	3,97	4,67	4,03	2,89	4,06	3,47	2,59	0,54
	0,44	3,84	4,04	4,78	5,44	5,83	5,45	5,50	5,01	5,75	4,60	4,65	4,55	3,97	0,49
	0,53	4,98	4,23	5,32	4,94	4,63	5,74	5,61	5,48	5,30	5,31	4,89	4,37	4,14	0,58
	0,56	4,20	5,41	4,51	5,24	6,09	5,68	6,26	5,85	5,64	6,12	4,68	5,50	4,53	0,59
	0,61	4,42	5,10	4,76	5,45	5,60	5,48	6,84	5,15	5,88	5,62	5,56	5,15	4,46	0,66
	0,54	3,46	4,58	4,34	4,94	4,87	5,67	5,76	5,39	5,10	5,36	5,41	4,87	4,66	0,54
	0,59	4,51	4,85	5,49	5,38	4,79	5,37	6,05	5,02	5,18	5,00	5,11	4,52	4,17	0,56
	0,58	3,88	3,91	4,61	4,44	4,92	5,75	5,63	5,34	5,76	5,72	5,06	4,61	3,77	0,47
	0,50	2,84	2,94	4,53	4,85	3,95	4,09	4,82	3,96	3,53	4,44	3,15	3,64	3,56	0,39
	0,20	0,31	0,36	0,40	0,44	0,46	0,46	0,47	0,47	0,47	0,43	0,44	0,38	0,30	0,21
10P_36,5-63,5	0,19	0,28	0,36	0,43	0,43	0,45	0,46	0,44	0,46	0,47	0,46	0,42	0,40	0,31	0,21
	0,38	3,13	3,16	4,25	3,81	3,65	4,56	4,10	4,12	3,95	3,53	3,32	3,85	2,42	0,37
	0,46	3,63	4,72	4,68	5,41	5,17	4,91	4,90	5,41	6,35	5,93	4,84	4,37	4,14	0,52
	0,49	4,24	4,47	4,79	5,63	5,79	5,51	5,74	5,94	5,41	4,91	4,73	4,17	4,17	0,53
	0,52	4,15	4,49	5,22	5,87	5,52	4,73	5,64	5,55	6,08	4,89	5,34	5,36	3,61	0,52
	0,58	4,62	4,64	4,97	5,12	5,21	5,00	5,60	5,84	5,37	5,50	4,68	3,96	3,76	0,52
	0,51	4,54	4,65	5,29	6,00	5,34	5,10	5,61	6,20	5,73	5,17	5,09	4,37	4,27	0,52
	0,50	3,35	4,13	4,65	4,81	5,19	5,37	5,26	6,00	5,29	4,84	4,77	4,34	3,68	0,58
	0,51	4,78	4,04	5,15	4,74	5,40	5,44	5,25	5,40	5,27	5,45	5,99	4,80	4,63	0,43
	0,43	2,79	3,84	4,24	4,02	3,66	3,62	4,45	4,19	3,94	3,79	3,53	3,39	2,42	0,35
	0,19	0,29	0,38	0,41	0,43	0,47	0,45	0,44	0,43	0,42	0,44	0,42	0,37	0,32	0,20
10P_LATERAL	0,07	0,11	0,13	0,16	0,16	0,17	0,18	0,17	0,18	0,18	0,17	0,16	0,14	0,11	0,07
	0,13	1,04	1,35	1,41	1,47	1,44	1,44	1,51	1,42	1,20	1,24	1,39	0,92	1,51	0,12
	0,17	1,56	2,08	2,18	1,20	1,87	2,07	2,37	2,48	1,53	1,86	1,83	1,90	1,80	0,25
	0,21	1,45	1,62	1,58	2,08	1,96	2,15	2,06	1,91	2,40	1,70	1,73	1,83	1,79	0,17
	0,18	1,50	1,96	1,80	2,16	1,79	2,05	1,60	2,02	1,69	1,57	1,88	1,83	1,52	0,21
	0,24	1,55	1,93	1,73	1,68	2,28	1,84	1,90	1,45	1,91	2,09	1,68	1,90	2,13	0,23
	0,22	1,91	2,10	2,07	2,12	1,82	1,77	2,44	1,51	2,09	2,11	2,14	1,92	1,74	0,21
	0,20	1,89	2,10	1,48	2,51	2,03	1,71	1,76	2,12	2,18	2,26	2,15	1,97	1,25	0,38
	0,21	2,10	1,60	1,95	1,73	1,91	2,08	1,74	1,92	2,26	1,54	1,75	1,52	1,27	0,17
	0,13	1,09	0,12	1,14	1,23	1,43	1,33	1,63	1,75	1,31	1,60	1,66	1,11	1,05	0,26
	0,07	0,10	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,17	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,12	0,07

<div> <div>ILUMINANCIAS DIURNA UTIL (UDI)</div> <div> <div>NOR OESTE</div> <div>NOR ESTE</div> </div> </div>															
10P_ABIERTO	37	54	58	61	62	62	63	63	63	64	63	63	61	53	36
	68	71	68	68	67	67	67	69	70	71	72	73	77	80	68
	71	64	64	61	60	59	61	59	61	62	66	68	69	74	77
	71	63	63	62	59	59	61	61	59	63	63	67	69	74	76
	73	64	61	61	58	60	58	62	60	60	64	68	70	73	76
	71	63	63	62	58	58	60	59	61	63	62	66	69	71	76
	73	63	62	63	58	60	59	59	59	61	64	65	70	74	77
	72	65	63	60	60	61	59	59	61	65	66	68	70	72	75
	71	63	62	62	61	60	59	60	62	62	63	66	72	72	77
	65	71	72	69	69	67	69	68	69	72	74	76	80	83	66
10P_VIDRIO	21	30	38	45	46	50	51	54	53	52	51	53	50	54	51
	49	48	40	33	25	45	81	78	79	79	75	78	74	75	75
	73	73	75	77	76	76	76	77	81	56	66	78	74	73	69
	70	71	66	68	69	68	68	69	70	71	68	71	74	79	64
	66	77	73	71	72	70	68	69	65	69	70	67	66	70	68
	69	72	76	77	63	63	78	73	71	70	68	69	65	70	67
	67	67	66	68	70	68	71	75	78	65	64	78	73	70	68
	69	67	71	67	67	66	62	69	68	66	68	72	74	81	68
	65	79	73	74	72	69	67	66	64	69	67	67	67	70	70
	73	69	73	79	66	64	80	71	76	71	72	70	69	71	68
	67	66	71	70	71	72	73	75	82	65	60	80	77	75	72
10P_PC	24	37	48	50	52	56	55	54	55	54	53	52	48	39	26
	61	79	78	77	76	75	74	73	74	74	75	74	76	78	58
	63	74	72	70	68	65	66	65	65	67	68	69	70	75	64
	71	74	72	70	67	66	65	64	67	66	68	68	71	72	70
	71	74	73	69	65	65	66	64	63	67	67	70	70	74	66
	70	73	71	69	66	66	63	66	65	65	69	69	71	74	72
	70	75	73	72	70	66	67	65	67	68	69	71	72	76	69
	69	77	74	72	71	68	66	68	66	70	70	74	75	75	71
	62	77	75	73	71	69	69	67	68	68	71	72	74	79	69
	66	84	82	80	79	77	78	78	77	79	79	83	82	85	60
	27	37	48	54	57	59	57	58	58	58	56	54	49	43	25
10P_60-40	13	24	30	34	38	37	39	37	37	37	37	35	31	26	14
	36	79	81	80	79	81	80	80	79	80	79	80	80	82	52
	42	78	81	77	77	76	77	76	78	76	78	79	78	81	49
	51	76	81	75	79	79	76	77	77	77	76	79	79	81	56
	54	79	78	77	78	76	76	75	76	77	74	80	76	80	57
	57	79	80	77	78	78	77	73	79	76	77	77	79	82	60
	50	81	82	79	80	80	78	78	79	80	79	79	82	83	55
	57	81	83	77	80	82	79	78	80	81	82	81	83	86	55
	55	83	86	80	83	83	80	79	81	80	80	83	84	88	44
	46	88	89	87	86	87	88	86	88	88	89	87	89	88	39
	16	25	32	34	38	40	39	40	40	40	37	38	32	26	15
10P_36,5-63,5	14	21	28	34	36	36	37	36	37	38	38	34	33	24	14
	34	81	81	80	81	81	79	79	80	82	82	79	81	84	34
	42	82	80	79	78	79	78	78	77	73	74	77	80	82	51
	44	79	81	79	77	76	77	76	75	76	78	77	81	82	51
	49	82	81	79	77	78	79	76	77	75	78	76	78	84	51
	54	82	82	80	80	79	79	77	77	78	78	79	83	85	50
	47	82	83	80	77	79	79	77	76	79	80	80	83	84	52
	46	87	84	82	82	81	80	80	78	80	82	82	85	87	55
	47	85	85	82	83	81	81	82	81	81	81	80	84	85	41
	39	89	88	87	88	87	88	87	87	88	89	89	89	87	34
	15	24	30	35	36	39	38	37	36	36	37	35	31	27	14
10P_LATERAL	1	4	5	9	9	10	9	9	7	7	4	3	0	0	0
	5	75	81	82	83	82	82	83	81	79	80	81	73	82	0
	7	84	84	87	80	83	87	88	85	84	86	86	87	85	18
	13	83	82	84	87	82	87	87	84	88	85	85	86	86	9
	11	83	84	86	87	82	87	84	85	85	84	86	86	83	15
	19	84	87	85	85	83	86	87	84	87	87	85	87	87	20
	17	86	87	87	87	82	86	88	84	87	87	88	87	85	14
	13	86	87	83	87	83	85	86	87	88	88	87	87	80	29
	11	87	84	86	85	82	87	86	87	88	84	85	83	80	7
	5	76	79	78	79	82	78	84	85	81	83	84	76	75	11
	1	3	6	8	9	9	11	8	6	4	2	1	0	0	0

ANEXO 3.

GRÁFICOS COMPARATIVOS MÉTRICAS EN CADA MODELO Y VARIANTES.

- DA
- UDI
- FLD