

ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN NATURAL EN DEPARTAMENTOS CON TIPOLOGÍA ESTÁNDAR EN ENTORNOS URBANOS Y ORIENTACIONES VARIABLES DE ROSARIO

Gabriel Chiarito, Eugenia Turdó, Aimé Muriel, Daniela Chiarito, Guadalupe González, Jésica Álvarez, Lucila Allori, Soledad Arana, Wanda Gomez Carmana

Centro de Desarrollo de Tecnología. CDT. Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. FAPyD-UNR. 2000-Rosario

Tel. 0341-3318935 e-mail: arqchiarito@gmail.com

RESUMEN: Este trabajo se enfoca en el estudio de la iluminación natural (IN) en departamentos de tipologías estándar ubicados en entornos urbanos, utilizando un software de simulación dinámica. La iluminación natural es fundamental para el diseño sostenible de edificaciones, tanto en términos de eficiencia energética como en la calidad psicofísica de vida de los ocupantes. A través de la simulación, se evalúan los niveles y la distribución de la IN en espacios interiores, mediante una matriz de puntos que analiza su evolución dinámica en períodos temporales extendidos, considerando diferentes orientaciones y la presencia de obstrucciones externas. Estas obstrucciones influyen en la cantidad de cielo visible disponible, según las geometrías del cañón urbano, con un impacto particular en los pisos más bajos y más altos. Sin embargo, esta variable no se contempla actualmente en las normativas de construcción de la ciudad de Rosario. Los resultados preliminares de las simulaciones sugieren la necesidad de incorporar esta variable en la normativa vigente, y se puede inferir que más allá de la orientación de la fachada vidriada, la ubicación del departamento en relación con el suelo es determinante para garantizar una iluminación adecuada en los espacios interiores.

Palabras clave: Iluminación natural, confort visual, zona útil, métricas dinámicas.

INTRODUCCIÓN

La iluminación natural (IN) es un elemento esencial en la composición arquitectónica, tal como indica uno de los más destacados arquitectos del siglo pasado el catalán Antoni Gaudí cuando refiere: “la arquitectura es la ordenación de la luz” (Carandell, 1993, p14).

El análisis de la IN en arquitectura incluye dos aspectos centrales a contemplar. Uno, vinculado a la eficiencia energética mediante la reducción del uso de iluminación artificial y el otro, referido a la mejora significativa asociada a los requerimientos psicofísicos de IN y de adaptación a los ritmos circadianos al habitar espacios interiores.

El objetivo de este trabajo es explorar mediante simulaciones dinámicas el comportamiento de la IN en departamentos de tipología estándar sometidos a diferentes condiciones geométricas de orientación y obstáculos exteriores variados. Este enfoque amplía y pone en discusión el esquema de determinación reglamentaria edilicia en la ciudad de Rosario y que puede extenderse a otras jurisdicciones urbanas consultadas. Actualmente la iluminación y ventilación reglamentaria de locales de primera sólo correlaciona las dimensiones del local y el área de ventana sin contemplar orientaciones ni potenciales obstáculos externos.

De acuerdo al Balance Energético Nacional (BEN, 2021) el consumo final de energía eléctrica del sector residencial representa el 36 % de la demanda total eléctrica y de ese porcentaje la iluminación artificial representa aproximadamente entre del 25 al 35 % (ENRE, 2024). Si bien estos porcentajes

indican una participación energética relativamente moderada de la iluminación artificial en el consumo global, debe contemplarse adicionalmente el aspecto psicofísico vinculado a la calidad vivencial de la IN en el espacio a habitar. La iluminación artificial mediante luminarias y mecanismos de control domótico puede aproximarse a la iluminación natural recomponiendo parcialmente estas demandas, pero siempre será preferible la condición natural.

En este trabajo se aborda la IN sobre una tipología espacial ampliamente difundida, correspondiente a departamentos monoambiente de edificios en altura, que denominamos M0. Esta tipología surge de un análisis de la oferta inmobiliaria en Rosario publicado en trabajo anterior (Chiarito et al., 2022), caracterizando disposición espacial, superficies y materiales, y se analiza según las cuatro orientaciones posibles de la trama urbana y las obstrucciones externas diferenciadas que genera el cañón urbano para el primer y el último piso de un edificio de departamentos.

METODOLOGÍA

Definición del software utilizado: Dynamic Daylighting (DD)

Con la asistencia articulada del Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (CONICET Mendoza), se determinó el empleo de la versión del software DD, “Dynamic Daylighting 2.0.0.” (Marsh, 2019). El software DD permite mediante el empleo de métricas dinámicas evaluar iluminación natural en un espacio en periodos temporales extendidos considerando diferentes condiciones de cielo en acuerdo con la condición irregular del fenómeno meteorológico involucrado (Reinhart et al, 2006).

La elección se basa en varios aspectos: su condición de software libre, sus prestaciones de salida con un ajuste aceptable y comparable con simuladores más detallados, las menores demandas de ingreso y salidas de datos adecuadas y su compatibilidad con geometrías simples coincidentes con el modelo tipológico analizado en este trabajo (Marsh y Stravoravdis, 2017).

El DD permite obtener resultados ajustados temporalmente a las condiciones locales mediante el uso de algoritmos avanzados para simular la interacción de la luz solar con los elementos del edificio, considera factores como la ubicación geográfica que define la bóveda de cielo local, la orientación del objeto de estudio, la geometría de sus aberturas, índices de reflectancia interiores y obstáculos exteriores. De este modo se obtienen resultados más ajustados a la realidad local.

Las simulaciones de iluminación se realizaron con las métricas dinámicas: UDI-u Useful Daylight Illuminance y sDA spatial Daylight Autonomy.

Parámetro Useful Daylight Illuminance (UDI)

El UDI, Useful Daylight Illuminance o Iluminancia Diurna Útil, preserva gran parte de la simplicidad interpretativa del enfoque convencional del factor de luz natural pero aplicado en series temporales extendidas. Este coeficiente se basa en valores absolutos de iluminancia bajo cielos realistas generados a partir de estándares meteorológicos locales (Nabil y Mardaljevic, 2004).

En las simulaciones el parámetro UDI-u determina el porcentaje de tiempo que el plano de trabajo del espacio analizado se encuentra dentro del rango de iluminancia establecido.

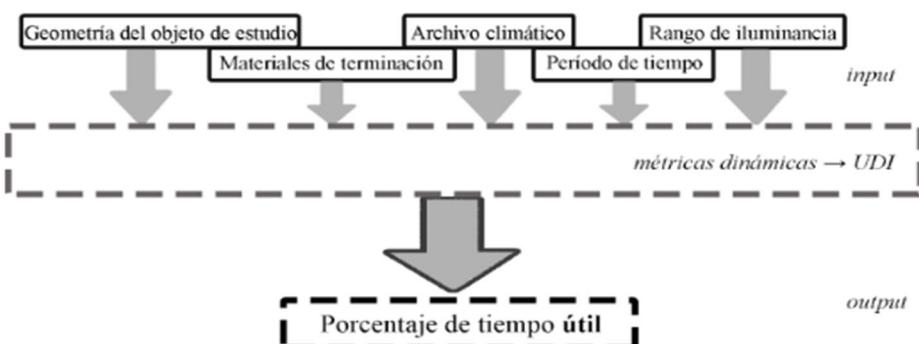


Figura 1: Diagrama input-output Daylighting Designs: UDI. Elaboración propia.

Los valores de iluminancia considerados para UDI-u, en este trabajo se definieron para el rango de 200-2000 lx, de acuerdo a las recomendaciones de la Norma IRAM AADL J20-06 que establece valores mínimos para más de 200 actividades, clasificadas por tipo de edificio, local y tarea visual. Esta norma fue publicada en 1972 y reeditada sin modificaciones en 1996. El valor mínimo corresponde al sugerido para uso residencial y el máximo para tareas muy severas prolongadas con detalles y poco contraste (IRAM,1996).

Parámetro Spatial Daylight Autonomy (sDA)

El Spatial Daylight Autonomy (sDA) expresa el porcentaje de superficie con iluminancia natural sobre el plano de trabajo que supera o iguala un nivel establecido, al menos el 50 % del rango horario especificado. Para este análisis, el nivel de iluminancia establecido es 200 lx recomendado para vivienda (IRAM AADL J 20-06, 1972/1996), el rango estimado de análisis es de 8 h a 18 h.

Definición del área de estudio.

El área de estudio corresponde a la zona de mayor densidad edilicia de la ciudad: el área central y primer anillo de Rosario indicada en la Figura 2.

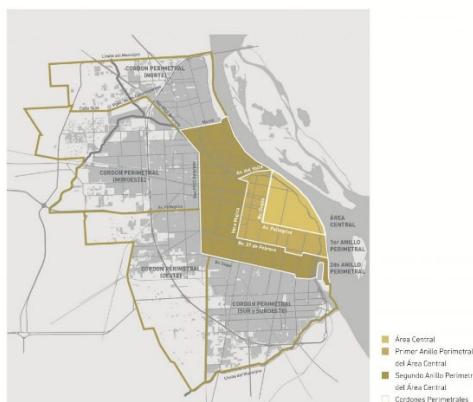


Figura 2: Planimetría de Rosario indicando el Área Central y Primer Anillo.

Fuente: Plan Urbano Rosario 2007-2017 (Levin, 2011)

En esta zona del entramado urbano la existencia de obstáculos exteriores es particularmente definitoria debido a la consolidación del entramado edilicio con alturas de edificación máximas que determinan el cielo visible disponible. Estas condiciones resultan muy distintas de primer al último piso, tal como indica porcentualmente piso a piso la Figura 3, que evidencia el ocultamiento producido por los obstáculos de las construcciones que definen el cañón urbano de línea a línea de edificación.

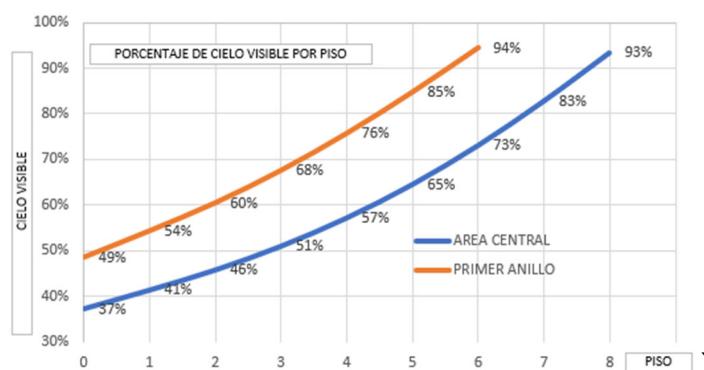


Figura 3: Porcentaje de cielo visible por piso en Área Central y Primer Anillo. Elaboración propia

Para el análisis de cielo visible se toman como referencia las dimensiones de los corredores urbanos de tipo "B" pertenecientes al Área Central y Primer Anillo. Las diferencias que existen entre ambas situaciones responden a la relación proporcional entre líneas de edificación que definen el ancho del corredor urbano y la altura máxima permitida para las construcciones. De esta manera el corredor urbano "B" del Área Central presenta un ancho medio de 15,60 m y una altura máxima de 25,00 m

mientras que el corredor del área Primer Anillo medio de 17,20 m entre líneas de edificación y una altura máxima permitida de 19,50 m. Estas geometrías simples permiten definir piso a piso el factor de cielo visible indicado en la Figura 3.

Definición del prototipo: Tipología Monoambiente (M0)

De acuerdo al relevamiento estadístico antes mencionado, el módulo M0 (Figura 4) presenta una superficie total promedio de 30 m² y en pocos casos supera la máxima de 40 m². En general, el diseño de esta tipología tiene un ancho útil del departamento de 3,00 m debido a las restricciones reglamentarias y al tamaño de los terrenos usuales disponibles del parcelario local. Esta condición de semipiso, ya que comparte con otra unidad locativa el frente urbano, determina que la envolvente de la unidad M0 tenga usualmente un muro lateral medianero y el otro sea lindero con el departamento vecino del piso.

La superficie útil del modelo M0 en consecuencia queda determinada por el ancho mínimo de locales de primera categoría, mientras que la profundidad por la condicionante de iluminación natural/ventilación pactada por normativa de 2,50 veces el ancho del local, más la adición del espacio de cocina integrada para completar el área principal del departamento. Completan el esquema locativo un baño (con menores requerimientos de iluminación-ventilación) ubicado en general en posiciones más internas compartiendo el límite de la unidad con el palier de ingreso a la unidad locativa.

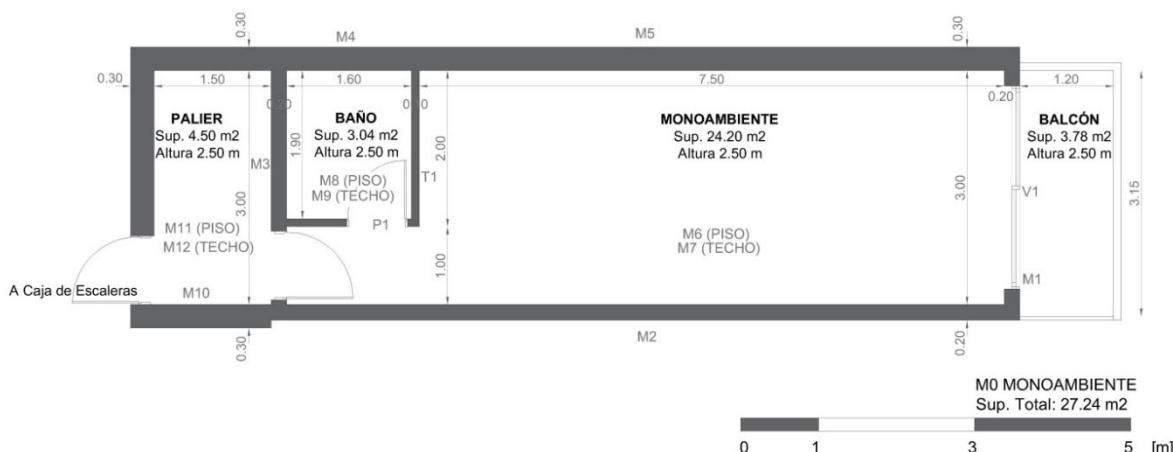


Figura 4: Esquema de planta del módulo M0. Elaboración propia.

Definición de los criterios del análisis

Las simulaciones se realizaron para tres períodos: diciembre (verano), junio (invierno) y anual. Se consideran estos intervalos para comparar y analizar los resultados para las cuatro orientaciones de la trama urbana y en los pisos primero y último.

Las corridas dinámicas del software utilizan como base los datos climáticos a partir de un archivo de clima para la localidad de Rosario en extensión EPW tomados en la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de Rosario entre los años 2007 y 2021, descargado de la página Climate. One Building.Org que define un promedio de las características climáticas del sitio desde el año 2007 al 2021. Se considera el análisis en el horario de 8 h a 18 h acorde a las horas de sol presentes en el momento más crítico: el invierno.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis de IN en corredores urbanos de tipo "B" pertenecientes al área central y primer anillo.

Si bien hay diferencias entre el ancho de calles y altura de la edificación entre el primer anillo y el área central, en las siguientes Figuras 5, 6, 7 y 8 se muestra mediante las simulaciones de IN que no se detectan variaciones significativas en condiciones semejantes de orientación en la misma altura de piso, en concordancia con la comprobación geométrica elemental de porcentaje de cielo visible en

ambas áreas urbanas indicado en Figura 3. Lo que sí aparece claramente expuesto es la diferencia comparativa entre la IN de pisos bajos y altos.

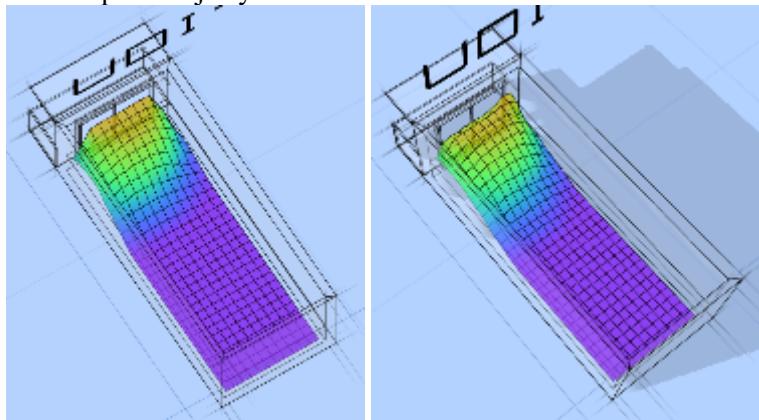


Figura 5 y 6: UDI junio para 1er piso en Área central y en Primer anillo.

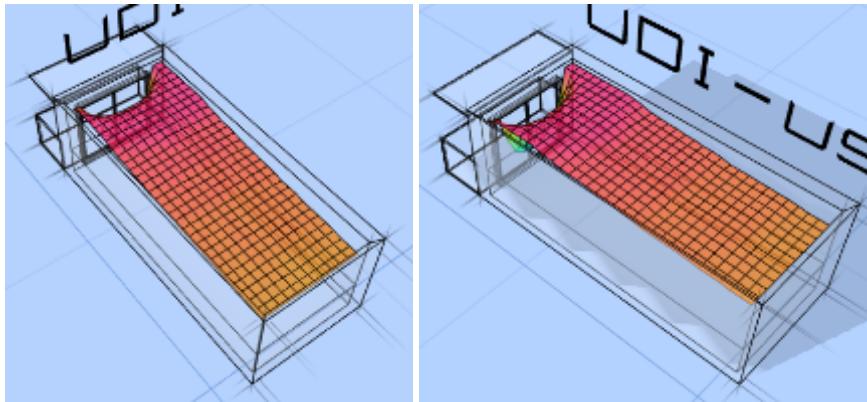


Figura 7 y 8: UDI diciembre para último piso en Área Central (Piso 8) y en Primer anillo (Piso 6).

Análisis de IN para la tipología monoambiente situada en un edificio sobre un corredor vial del Área Central tipo "B".

Se simulan para primer y último piso con las diferentes orientaciones según la trama urbana del área central de Rosario para los meses de junio, diciembre y anual, obteniendo una matriz de datos e imágenes tridimensionales de iluminancia que permiten ver la distribución espacial. En las figuras 9 y 10 mediante una vista lateral se puede ver la forma de caída de iluminancia en profundidad del local. Algunos valores numéricos extraídos de las matrices de datos de salida con una grilla con definición de 30x30 cm son resumidos en las tablas siguientes para facilitar y cuantificar la comparación entre las distintas condiciones.

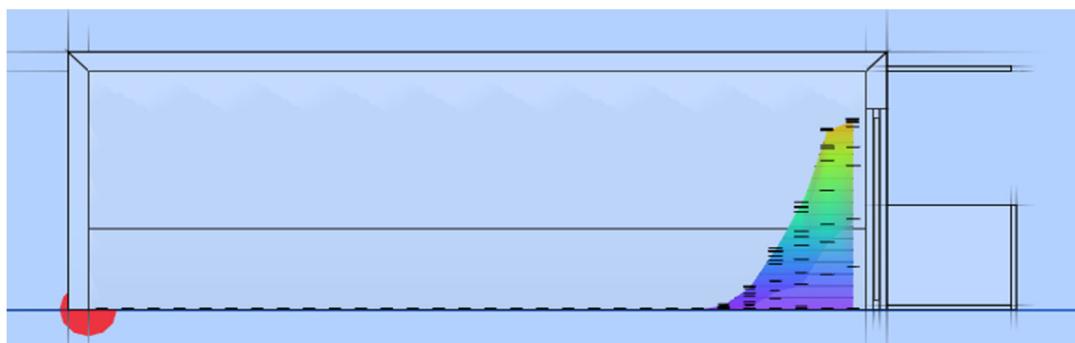


Figura 9: Salida gráfica con vista lateral de UDI Junio Oeste Área central primer piso

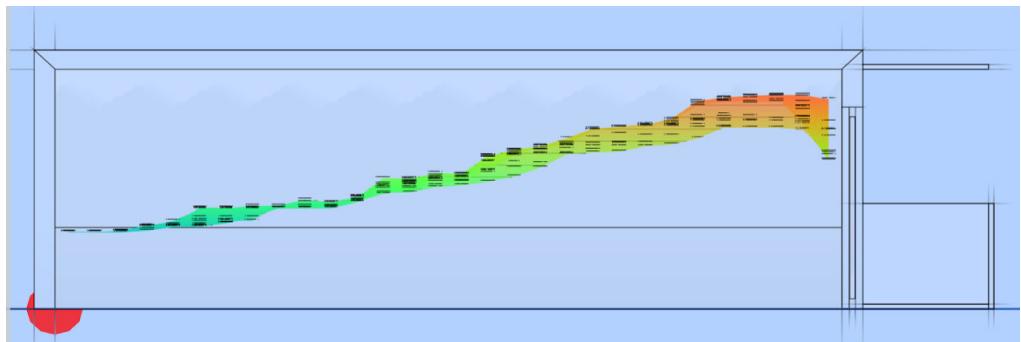


Figura 10: Salida gráfica con vista lateral de UDI Junio Oeste Área central último piso

Los resultados de las simulaciones detalladas de UDI indicados en la tabla siguiente (Tabla 1) corresponden al primer y último piso para las cuatro orientaciones posibles de la trama urbana en distintos periodos temporales de análisis. La primera y segunda columna indican los valores máximos y mínimos de la matriz de cálculo cercanos a la ventana. La tercera columna indica la profundidad en planta donde los valores máximos y mínimos se aproximan y por tanto la IN es más uniforme. La cuarta columna indica los mínimos sobre la pared de fondo del local.

Tabla 1: UDI [%] del Primer y último piso en el Área Central

		PRIMER PISO				ÚLTIMO PISO			
		Máx. en primera línea [%]	Mín. en primera línea [%]	Prof. de converg.	Mín. en última línea [%]	Máx. en primera línea [%]	Mín. en primera línea [%]	Prof. de converg.	Mín. en última línea [%]
NORTE	JUNIO	78,2	0	4/10	0	88,9	23,3	3/10	33,3
	DIC.	100	34,4	3/10	0	100	27,7	1/10	81,3
	ANUAL	91,5	21,4	3/10	0	94,4	20,8	2/10	63,2
ESTE	JUNIO	78,7	0	3/10	0	78,1	41	2/10	30,3
	DIC.	93,8	16,1	5/10	0	99	37,7	2/10	93,6
	ANUAL	89,3	6	5/10	0	90,3	37,4	2/10	77,4
SUR	JUNIO	78,9	0	2/10	0	81,3	50	2/10	32,7
	DIC.	100	35,8	3/10	0	100	12,6	2/10	96,1
	ANUAL	90	14,7	2/10	0	94,4	47,4	2/10	71,6
OESTE	JUNIO	80	0	2/10	0	89,6	48,8	2/10	31,9
	DIC.	100	17,4	2/10	0	100	60	2/10	100
	ANUAL	92,7	7	2/10	0	98,3	50,1	2/10	97,5

De los datos indicados en la Tabla 1 se puede realizar las siguientes observaciones:

Los valores máximos de iluminancia útil sobre la primera línea, en el caso del monoambiente situado en el primer piso, independientemente de la orientación, tanto en junio y anual, en un rango de 200 a 2000 lx, están entre un 2 y 10 % inferior que en el último piso.

En cambio, en diciembre no se presentan variaciones sustantivas entre primer y último piso de los valores máximos, considerando que el rango adoptado establece un piso relativamente bajo (200 lx) y relativamente alto (2000 lx) en términos de iluminancia adoptada.

El valor mínimo de iluminancia útil sobre la línea más próxima a la fachada en el primer piso es cero en invierno, independientemente de las orientaciones, ubicada sobre los laterales del local y en el último piso mejoran en un rango variable por orientación de 24 al 50 %.

Para este último piso los valores de junio y diciembre son homogéneos en la orientación norte debido a la presencia de la obstrucción balcón del piso siguiente. Por su parte el este y el sur presentan valores mínimos superiores en junio respecto a diciembre debido a la ausencia de obstrucción de asoleamiento que genera el balcón sobre la ventana para recorridos solares más bajos.

Para el caso del oeste los valores mínimos resultan mayores en diciembre que en junio, adjudicable a la diferencia entre el norte magnético/geográfico en la cuadrícula urbana que reduce la cantidad de horas de radiación directa para dicha orientación.

El **valor mínimo de iluminancia útil sobre la línea más lejana a la fachada** en el primer piso para todas las orientaciones es cero y en el último piso aumentan un 31 % para junio, entre 80 % y 100 % en diciembre y anualmente de 63 % al 98 %. Esto demuestra que los niveles de iluminación útil resultan sustancialmente distintos de primer al último piso y reducen notablemente el área útil de confort visual por IN para los pisos más bajos.

La **profundidad de convergencia** permite identificar la homogeneidad en el ancho del local. Para el último piso se mantiene homogénea (dentro del primer cuarto de profundidad de planta) para todas las orientaciones debido a la ausencia de obstáculos externos y con una pendiente que decrece lentamente hacia el fondo con lo que se obtienen iluminancias útiles aceptables en profundidad del local.

Para los pisos bajos la convergencia se produce con niveles bajos muy próximos a la ventana.

El caso sur, especialmente en invierno, para los pisos superiores e inferiores no presenta un comportamiento desigual, con una pendiente de caída más marcada próxima a la ventana, debido a la disponibilidad potencial de cielo menos dependiente de los obstáculos exteriores.

Los resultados de sDA se pueden observar en la tabla 2 correspondiente al primer y último piso.

Tabla 2: SDa [200lx] del Primer y último piso en el Área Central.

		PRIMER PISO				ULTIMO PISO			
		Máx. en primera línea [%]	Mín. en primera línea [%]	Prof. de converg.	Mín. en última línea [%]	Máx. en primera línea [%]	Min en primera línea [%]	Prof. de converg.	Mín. en última línea [%]
NORTE	JUNIO	80	0,4	4/10	0	86,8	65,5	2/10	44,2
	DICIEM	100	34,5	3/10	0	100	99,7	5/10	91
	ANUAL	95,4	18	4/10	0	97,9	89,8	4/10	74,5
ESTE	JUNIO	78,7	0	3/10	0	90	63,3	3/10	30,3
	DICIEM	100	16,1	5/10	0	100	100	6/10	93,6
	ANUAL	94	5,6	4/10	0	98,3	87	5/10	68,5
SUR	JUNIO	79,7	0	2/10	0	89,3	50	5/10	32,7
	DICIEM	100	35,8	4/10	0	100	98,7	6/10	96,1
	ANUAL	96,1	14,7	3/10	0	98,2	81,7	5/10	71,6
OESTE	JUNIO	79,3	0	2/10	0	89,3	64,1	1/10	31,9
	DICIEM.	100	17,4	3/10	0	93,6	100	5/10	81,6
	ANUAL	92,7	7	3/10	0	95,9	81,1	4/10	62,2

De la tabla 2 se puede indicar:

El **valor máximo de porcentaje de sDA sobre la primera línea** cercana a la ventana, tanto en primer piso como último piso, resultan similares para todas las orientaciones, en junio como diciembre. Siendo los valores de diciembre un 20 % mayores respecto de junio.

Si se compara piso a piso, en junio se registra un 10 % más de área útil en los pisos superiores, mientras que en diciembre no se registran diferencias notables. En el análisis anual para el último piso se verifica un aumento del área útil entre un 3 % y 6 % según las distintas orientaciones próximo a la ventana.

Los valores mínimos sobre la primera línea muestran una marcada diferencia entre los pisos bajos y altos. En diciembre los mínimos indicados, para el target de tiempo simulado, es del orden de 30 % en los pisos bajos para las orientaciones norte y sur. En cuanto al este y oeste se encuentran cercanos al 15%. En cambio, en los pisos altos en todas las orientaciones se ubican próximos al 100 %.

Durante junio, en todas las orientaciones en los pisos bajos se registran 0 % de superficie útil en la primera línea y en los pisos altos los valores rondan el 60 %.

Se verifica para la línea próxima a la ventana en los pisos altos tanto en diciembre, junio y anual los valores mínimos son independientes de la orientación del módulo, en cambio, en los pisos bajos el comportamiento se asemeja entre el norte-sur y se diferencian del este-oeste.

Los valores mínimos sobre la última línea más alejada de la ventana, en el primer piso para las distintas orientaciones e independientemente de la época del año es 0 %, indicando que en ningún momento se logra llegar al mínimo de 200 lx requerido.

La situación se revierte para el caso del último piso en donde para junio se alcanza un 31 % de superficie útil en las orientaciones E, O y S y 44 % en el N por efecto de la mayor disponibilidad de luz directa en dicha orientación. Para diciembre estos registros se duplican o triplican.

Los valores mínimos en la primera y última línea son sustancialmente más altos en el último piso respecto a los valores del primer piso.

La **profundidad de convergencia** en el caso del primer piso se da en todas las situaciones entre el primer tercio más cercano a la ventana y la mitad de la planta con valores tendientes a 0 %, mientras que, en el caso del último piso, si bien la profundidad de convergencia no presenta un mayor alejamiento desde la ventana, los valores obtenidos en esta línea presentan mayor variación de acuerdo a la época del año manteniéndose por encima del 44 % y alcanzando el 96 % en algunos casos. Esta lectura da cuenta que en los pisos bajos la caída del porcentaje de superficie útil es más abrupta que en los pisos altos, donde se mantiene estable logrando mayores porcentajes hacia el fondo del local.

Como resultados generales de los parámetros analizados, los valores resultan insuficientes en primer piso, tanto verano como invierno, mientras que para los pisos superiores presentan altas variaciones que van del 30 al 100 % en las distintas épocas del año. Claramente la diferencia de los mínimos se debe al efecto de las obstrucciones exteriores determinantes de la iluminación natural en el fondo del local.

En la condición de invierno se hace más evidente la deficitaria condición de los pisos inferiores. Los valores mínimos expresados en la grilla de simulación indican una variación significativa en las distintas épocas del año, con diferencias en la zona próxima a la ventana de hasta un 30 % más bajas en invierno que en verano.

Los valores máximos próximo de la ventana, causales de potencial deslumbramiento, se mantienen constantes y nunca inferiores al 80 % sin modificaciones destacables para las condiciones analizadas: en las distintas orientaciones, en invierno-verano y en la situación de primer-último piso.

CONCLUSIONES

Las disposiciones reglamentarias, en el caso de Rosario, en la búsqueda de condiciones de habitabilidad lumínica natural residencial define las mismas restricciones independientemente de las

geometrías de cielo visible exterior. En entramados urbanos con alta densidad de edificaciones en altura, debiera segmentarse las condiciones reglamentarias requeridas por ubicación relativa de pisos bajos o altos.

Las simulaciones demuestran que la variable “obstáculos externos” resulta más influyente que la “orientación”, muy especialmente en los corredores urbanos estrechos y de alta densidad edilicia propios del tejido clásico como el de Rosario, que provoca fuertes diferencias de iluminancia en pisos bajos y altos, especialmente en la definición del área interior útil de departamentos con iluminancia aceptable.

Las geometrías dispuestas en departamentos de edificios que surge reglamentariamente entre la relación de área vidriada (fuente extensa de IN) y superficie habitable (relación, ancho del local y profundidad máxima reglamentada) indica que el porcentaje de superficie con nivel de IN aceptable sobre el plano de trabajo es deficitario en los pisos bajos, pero más que aceptable en los altos. Esta situación, que analiza solo la variable IN del proyecto arquitectónico, habilita la posibilidad de considerar la modificación reglamentaria y modificar la profundidad máxima de los locales de primera a medida que se asciende piso a piso.

AGRADECIMIENTO

Los autores de este trabajo queremos dejar expresa constancia del agradecimiento por la precisa y exhaustiva asistencia del Equipo del INAHÉ, Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (CONICET, Mendoza) con dirección de la Dra. Andrea Pattini. En especial a la Dra Ayelen Villalba y el Dr. Juan Manuel Monteoliva que estuvieron a cargo del curso “Introducción a la simulación de la luz natural” entre junio y julio de 2023.

Esta capacitación en simulación predictiva dinámica de IN en espacios interiores, caracterización de datos de entrada (cielos, materiales y modelos tridimensionales), manejo de interfaz gráfica, características e interpretación de datos de salida (point-in-time, iluminancias, métricas dinámicas, entre otras) permitió el desarrollo del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Balance Energético Nacional (2021). Dirección URL: <https://datos.gob.ar/fr/dataset/energia-balances-energeticos/archivo/energia_643964db-0c58-4b6d-9a8b-edc2bdb6e51c>. [consulta 10 de agosto de 2023].
- Carandell, J. M. (1993). La Pedrera, Cosmos de Gaudí, p. 14, Fundació Caixa Catalunya, Barcelona.
- Chiarito, G. et al (2022). Análisis de demanda térmica invierno/verano comparado en módulos habitacionales sometidos a condiciones variables en Rosario. AVERMA Avances en Energía Renovable y Ambiente. Vol.26. pp 169-180. Argentina.
- Climate. One Building.Org (2023). Dirección URL: <https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/ARG_Argentina/index.html> [consulta 10 de marzo de 2023].
- ENRE, Energía, Ministerio de Economía (2023). Iluminación eficiente. Claves para reducir el consumo eléctrico. Dirección URL: <<https://www.argentina.gob.ar/noticias/iluminacion-eficiente-clave-para-reducir-el-consumo-electrico>> [consulta 10 de mayo de 2023].
- Levin, M. (2011). Plan Urbano Rosario 2007-2017. pp 104. Dirección URL: https://www.rosario.gob.ar/ArchivosWeb/pur/pur_i_ii.pdf. [consulta Agosto 2023]
- Nabil, A y Mardaljevic, J. (2004). Useful daylight illuminance: A new paradigm for assessing daylight in buildings, pp. 47, Institute of Energy and Sustainable Development (IESD), Montfort University, Leicester. UK.
- Norma IRAM AADL J 20-06 (1972) (1996). Niveles mínimos de servicio de iluminancia. Argentina
- Marsh, A. y Stravoravdis, S. (2017). Towards Dynamic Real-Time Daylight Simulation. PLEA 2017, Proceedings Design to Thrive, Volumen II.
- Marsh, A. (2019). Dynamic Daylighting (versión 2.0.0) [software]. Dynamic Real-Time Daylight Simulation. Department of Built Environment, University of Greenwich.UK. Dirección URL: <<https://andrewmarsh.com/software/daylight-box-web/>> [consulta 10 de mayo de 2023].

Reinhart, C., Mardaljevic y J., Rogers, Z. (2006). Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. pp. 13, 3:1. LEUKOS: The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America.

ANALYSIS OF DAYLIGHT IN FLATS WITH STANDARD TIPOLOGY IN URBAN ENVIRONMENTS AND VARIABLE ORIENTATIONS IN ROSARIO.

ABSTRACT This paper focuses on the study of daylighting in standard typology flats in the urban environments using dynamic simulation software. Daylighting plays an important role on buildings sustainable design, energy efficiency and especially in the psychophysical quality of life of its occupants. The simulation of daylighting level and distribution in interior spaces is evaluated on a matrix of points, analyzing its dynamic evolution in extended periods of time for different orientations and exterior obstructions. Exterior obstructions determine the available visible sky based on the geometries of the urban canyon for low or high floors. Nevertheless, this variable is not contemplated in Rosario's building construction regulations. The preliminary conclusions of simulations indicate the convenience of its normative inclusion, considering despite the glazed façade orientation, the relative floor position plays a key role on guaranteeing appropriate interior daylighting.

Keywords: Daylighting, visual comfort, usable area, dynamic metrics.