

DESARROLLO Y EVALUACION DE DISEÑOS CON ILUMINACIÓN NATURAL. SALA DE INTERPRETACIÓN, PROYECTO RESERVA ECOLÓGICA COSTANERA SUR, BUENOS AIRES.

María Victoria Fernández Xifra⁽¹⁾, John Martín Evans⁽²⁾.
Centro de Investigación Hábitat y Energía CIHE – SICyT.
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires.
Pabellón III, 4 to. Piso, Ciudad Universitaria. C.P: 1428, Cap. Fed., Buenos Aires.
Fax: 54 011 4789- 6274. E-mail: cfxifra@arnet.com.ar / evans@fadu.uba.ar

RESUMEN: El trabajo muestra la aplicación de una metodología de diseño que permite ampliar y verificar la integración de Iluminación Natural en el proceso proyectual. A tal fin, se estudian y analizan las condiciones de iluminación natural tomando como caso de estudio la Sala de Interpretación del Proyecto Reserva Ecológica, el cual se encuentra en etapa de proyecto.

El objetivo es asegurar adecuados niveles de confort visual; optimizar la captación de radiación solar con mínimas pérdidas y control solar en periodos estivales; con una reducida superficie de vidrio.

Las técnicas aplicadas cuentan con diferentes etapas: de evaluación, diseño, comparación, verificación y simulación. Se desarrollan y evalúan diferentes alternativas de diseño de la luz a partir de la optimización de este recurso natural con sistemas de direccionamiento. Se logra optimizar el confort visual en el espacio estudiado, elevando los niveles de iluminación promedio de 1,94 lux a 4,67 y mejorando la distribución de la luz interior.

Palabras clave: metodología, iluminación natural, modelos a escala, factor de luz diurna.

INTRODUCCION

La Luz Natural ha jugado siempre un rol dominante en la Arquitectura, tanto para revelar la arquitectura del edificio como para crear una atmósfera particular. El diseño de la iluminación natural en edificios se ha convertido en una parte integral en el concepto de edificios sustentables junto con el mejoramiento del confort y condiciones interiores.

El objetivo de esta investigación es estudiar, analizar y verificar las condiciones de iluminación natural de la Sala de Interpretación del Proyecto Reserva Ecológica, Costanera Sur, Buenos Aires (de Schiller, Evans et al., 2000) y proponer una alternativa de diseño a partir de la optimización del aprovechamiento de este recurso natural. La Sala tiene como función alojar a una exposición temática. Las técnicas de análisis y diseño comprenden:

- Mediciones con luz difusa: Ensayos con modelos a escala en el Cielo Artificial tipo espejo, utilizando adecuados procedimientos de construcción de los mismos y medición de niveles de iluminación interior. (Evans et al, 1998 Evans et al, 2000, Pattini, 2000).
- Mediciones con luz directa: Ensayos de los mismos modelos en el Heliodón (simulador del movimiento aparente del sol), con declinación correspondiente a la Latitud 34°S, con el fin de analizar los aspectos geométricos del impacto del sol en distintas épocas del año y diferentes horas del día. (Evans y de Schiller, 1994)
- Verificación de las reflectancias y transmisión de los materiales de la construcción y los utilizados en los modelos.
- Propuesta y verificación gráfica de diferentes soluciones geométricas según el método de trazado de rayos (ray-tracing)
- Armado de fichas de información y comparación, evaluación objetiva: numérica, gráfica, y fotográfica; evaluación subjetiva.

Los estudios de los niveles de iluminación, medidos como Factor de Luz Diurna (FLD) y los niveles de reflectancia interior de las superficies reproducidas en el modelo permiten obtener datos, hacer comparaciones y proponer posibles soluciones en cuanto a los niveles de iluminación requeridos, a la homogeneidad y calidad de la luz en el interior del espacio. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Estudios Ambientales LEB del Centro de Investigación Hábitat y Energía. Se describe la metodología utilizada, se presentan los resultados de las mediciones, se muestran gráficos y fotografías, se elaboran conclusiones.

La metodología empleada parte de la elaboración de un modelo a escala del la Sala de Interpretación, la cual cuenta con una superficie aproximada de 165 m². El espacio esta cubierto por un gran techo curvo y tiene una altura entre 6,60 m y 3,60m. Uno de sus muros laterales tiene un aventanamiento de 27 m² lindero a otro espacio interior bien iluminado, sin embargo la fuente principal de iluminación es un aventanamiento de 25 m² ubicado en el muro de cara norte. El espacio contiene un muro curvo interior de 3,20m de altura que divide a la sala de otro sector interno del edificio.

¹ Becaria, Proyecto UBACyT de la programación científica 2001-2002

² Director del Proyecto. Código: A025.

CONSTRUCCIÓN DEL MODELO A ESCALA: MEDICIONES DE ILUMINACIÓN NATURAL

El cielo artificial reproduce la distribución lumínica del cielo nublado, sin variaciones temporales del cielo real. Los ensayos de maquetas permiten medir y visualizar la cantidad y calidad de luz en interiores. (Evans, 2001).

Maqueta: Se realizó un modelo a escala 1:25 con una muy buena representación de la reflectancia de las superficies interiores y exteriores. (Ver Tabla 1)

Se evitaron filtraciones de luz exterior al interior del modelo utilizando cinta eléctrica negra (Pattini, 2000)

Reflexión: Para medir los coeficientes de reflexión se utilizó un equipo de medición especialmente desarrollado (Martín Etkin y Evans, 2000), se compararon las mediciones obtenidas con dos luxómetros utilizados simultáneamente, uno para la tarjeta blanca Kodak "Gray Card" de coeficiente conocido y otro para el material a comparar.

Transmisión: Para medir la transmisión de los acrílicos utilizados se hicieron mediciones de los valores representados como porcentaje, siendo del 91% en una posición vertical y 89,5% con una inclinación a 45°.

Mediciones: Se realizaron en el interior del modelo con una grilla de 2m x 2,3m en el piso y un sensor del fotómetro cuidadosamente nivelado a una altura equivalente al plano de trabajo. A fin de establecer el Factor de Luz Diurna (FLD), las mediciones se llevaron a cabo simultáneamente en el interior y exterior del modelo y se realizó una última medición sobre el plano de medición sin el modelo con el fin de establecer un factor de corrección de las mediciones en el exterior del mismo. (Evans, 2001). Se tomaron mediciones en 42 puntos. Se utilizaron en el interior un luxómetro LI-COR PH. S.N 6290 y un TES DIGITAL 1330 en el exterior.

Evaluación Fotográfica: Esta técnica provee un método de evaluación por observación de la calidad de la luz y una comparación entre diferentes opciones. Para el ingreso del objetivo de la cámara fotográfica en el modelo se previó una abertura, tomando los recaudos para evitar filtraciones de luz al tomar las fotos. (Pattini, 2000). Se utilizó una cámara digital. (Ver Figura 2 y 9)

ELEMENTO	MATERIAL	DIMENSION	COLOR	FACTOR
Piso	Alisado cemento.	17.62 x 6.95m	Rojizo	0.15/ 0.40
Muro1	Bloque Hormigón revocado y pintado	17.62 x 3.20m	Blanco	0.65/ 0.80
Muro2	Látex interior sobre bloque de hormigón	6.95 x 3.20m	Blanco	0.65/ 0.80
Muro3	Bloque Hormigón revocado y pintado Látex interior	6.95 x 6.60m	Blanco	0.65/ 0.80
Muro4	Bloque Hormigón revocado y pintado Látex interior	16.04 x 3.20m	Blanco	0.65/ 0.80
Viga	Madera Laminada	6.95 x 0.30m	Madera	0.40/ 0.50
Cielorraso	Entablonado de Madera pintado	17.62 x 6.95m	Blanco	0.65/ 0.75
Columnas	Aluminio	d:0.60m x 5.40m	Metálico	0.60/ 0.75
Ventana 1 (interior)	Chapa doblada pintada con esmalte Sintético. Vidrio Doble 4 + 4	3.40 x 8.60m	Carpintería blanca	0.08/ 0.100
Ventana 2 (exterior)	Chapa doblada pintada con esmalte Sintético. Vidrio Doble 6+6	.2 x 3.12m (2) 1.20 x 3.85m (3)	Carpintería Blanca	0.08/ 0.10
Ventana3 (interior)	Chapa doblada pintada con esmalte Sintético. Vidrio doble 6 + 6	0.90 x 1.60m	Carpintería Blanca	0.08/ 0.10
Cubierta ext.	Chapa trapezoidal galvanizada		metal	0.60/ 0.75

Tabla 1 : Tabla de Reflexión de los materiales de la construcción. (*) Tablas consultadas: Luminotecnia, Museos y exposiciones, Carlos Jiménez, pag165/167. Luminotecnia, luz lámparas y luminarias, Carlos Jiménez, Pág. 319/321. Iluminación Natural, Carlos Savioli

RESULTADOS OBTENIDOS. REPRESENTACIÓN NUMÉRICA, GRAFICA, FOTOGRAFICA.

Como elemento base de comparación se utilizaron los Factores de Luz Diurna (%) : Iluminación interior (lux) dividido por la Iluminación exterior (lux). Se presentan planillas de FLD, plantas de la distribución de la iluminación, cortes con la curva de FLD y fotografías interiores del modelo.

OPCION 1	0,93	1,06	0,97	1,12	0,97	0,95	1,02	1,10	1,35
	2,19	2,19	2,22	2,24	2,20	2,19	2,19	2,16	2,16
PROYECTO	2,06	2,07	2,07	2,09	2,09	2,09	2,14	2,18	2,17
ORIGINAL	2,19	2,19	2,21	2,13	2,24	2,22	2,32	2,28	2,28
	2,14	2,14	2,35	2,02	2,39	2,10	2,47	2,19	2,19

Tabla 2: Valores de FLD según puntos de medición inicial.

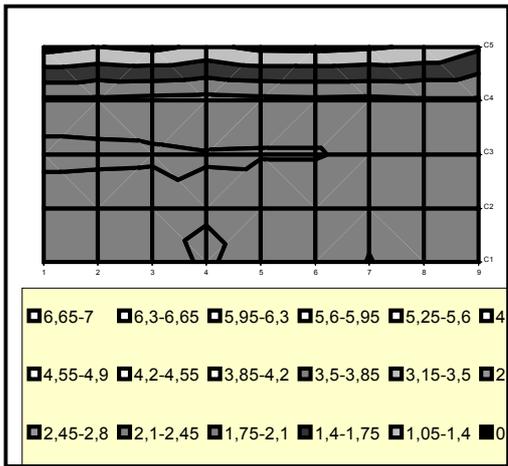


Figura 1: Distribución de la luz.. FLD



Figura 2: Fotografía interior del modelo. Iluminación Inicial.

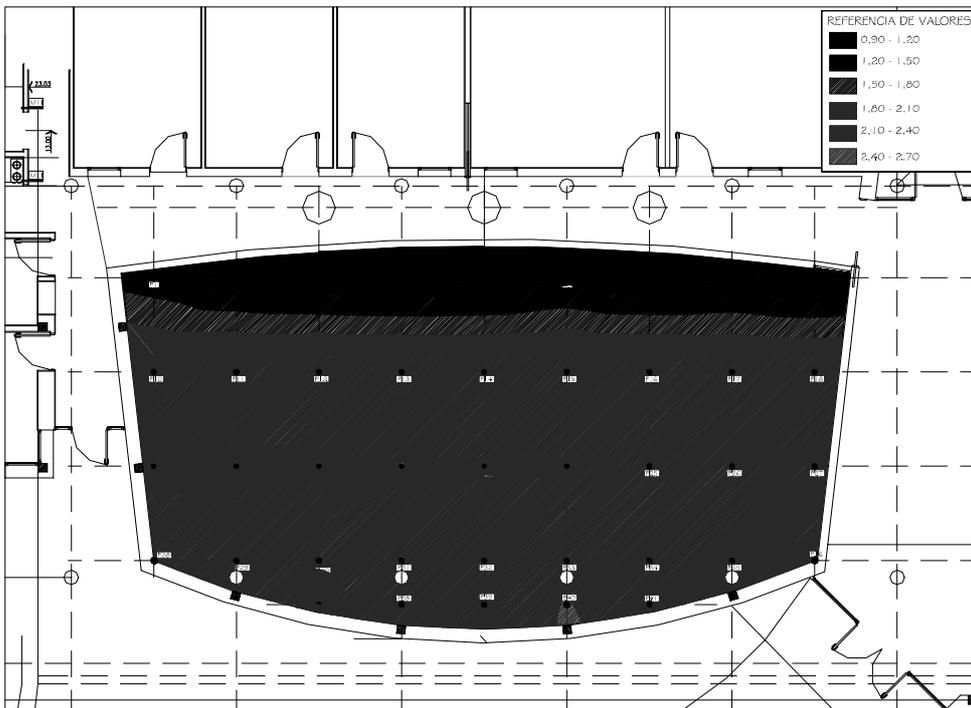


Figura 3: Planta de la Sala. Distribución de la luz según mediciones iniciales. FLD

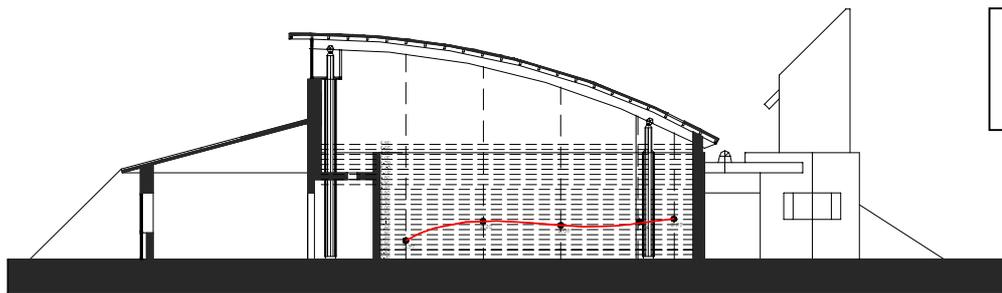


Figura 4: Corte Transversal. Representación del FLD

EVALUACIÓN INICIAL

Se pudo observar y verificar que la luz entrante desde la abertura norte se distribuye en forma pareja bañando el cielorraso que cubre el espacio que al ser claro difunde la luz, la curvatura del techo permite una iluminación suave hacia el muro trasero del espacio. El problema detectado se produce en el sector del muro interior opuesto al anterior donde se observa un sector de sombra provocado por el mismo muro, donde los nivel de iluminación disminuyen considerablemente. A partir de este análisis se pudieron obtener algunos conceptos de diseño para mejorar la calidad de iluminación natural en el espacio y su distribución: Aumentar el tamaño de las aberturas tiende a aumentar la iluminación, pero puede también causar mayor deslumbramiento y contrastes en la visión. Además no se solucionaría el problema de la distribución pareja en todo el espacio. Bajo ciertos niveles de penetración luminosa el aumento del tamaño de la ventana puede generar muchos mas problemas que el beneficio de permitir otras aberturas para lograr una mejor distribución y calidad de iluminación. El reto, entonces fue brindar mayor iluminación al área donde los FLD son bajos y los requerimientos son altos.

PROPUESTA

Diseñar una abertura secundaria para optimizar la iluminación natural del espacio analizado con el objetivo de lograr adecuados niveles de luz con buena distribución, controlar la iluminación natural para realzar y complementar las características simbólicas, estéticas y espaciales del proyecto arquitectónico, conseguir confort visual evitando molestias producidas por sol directo, encandilamiento o contrastes excesivos.

TÉCNICA DE DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN NATURAL DIRECCIONADA

Se optó por una iluminación cenital diseccionada, que consiste en una serie de sucesivas inclinaciones que re-direccionan la luz entrante desde el norte hacia el sector a optimizar, se buscaba obtener protección contra la radiación directa y el mayor aprovechamiento de la luz entrante en invierno y durante el equinoccio. Según el análisis gráfico del ángulo de incidencia del sol con el programa ISOL se comprobaron gráficamente el comportamiento de diferentes tipologías geométricas.

Se propusieron tres opciones, en todas se tuvo especial cuidado en la obtención del mayor aprovechamiento de la luz natural con la menor superficie de abertura. La forma curva de los elementos reflectores busca la integración en la estética del edificio. Serían materializados con aluminio de alta reflectancia y permitirían una variación de la iluminación en el sector de exhibición. También se busca direccionar la luz hacia el lado norte de la sala compensando el hecho de que la iluminación viene principalmente del norte. Se busca obtener un factor de iluminación que ofrezca un buen compromiso entre la protección de las exhibiciones y el confort visual y calidad lumínica para los visitantes.

ANÁLISIS GRAFICO DE LAS PROPUESTAS: Se analizaron tres opciones alternativas. (Ver Figuras 5-7)

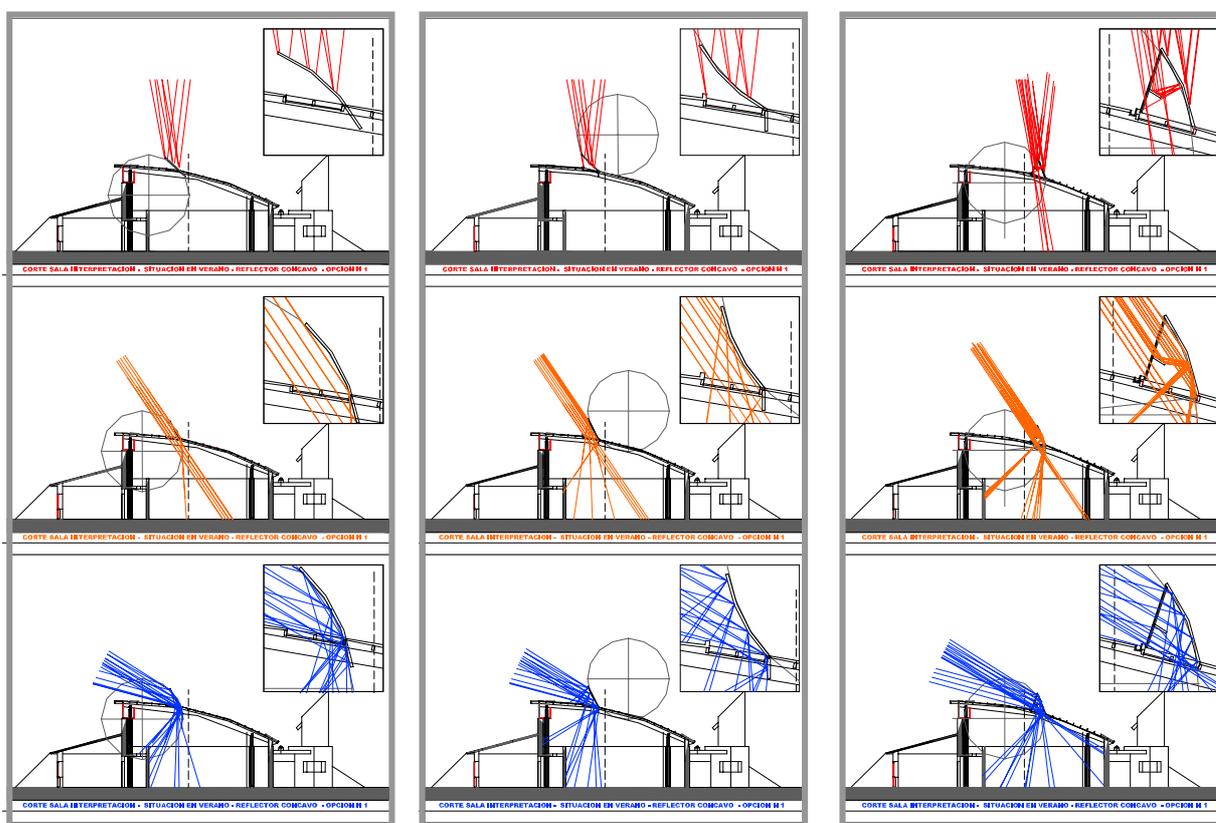


Figura 5: Opción 1: elemento cóncavo
Con dos posiciones 1)verano 2)inv-equi.

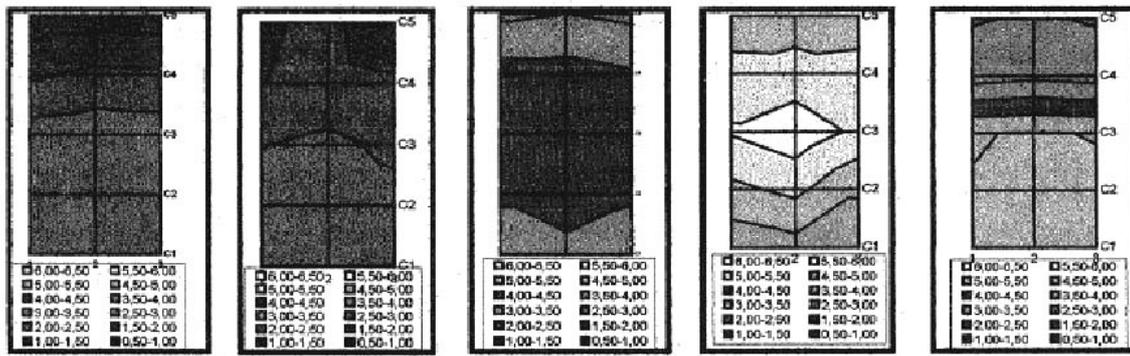
Figura 6: Opción 2: Elemento convexo
Con dos posiciones 1)verano 2)inv-equi.

Figura 7: Opción 3: Elemento fijo cóncavo
Con estante de luz y vidrio doble.

EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LAS PROPUESTAS EN MODELOS ESTUDIO A ESCALA:

Para evaluar el sistema de iluminación según sus geometrías en términos de su habilidad para satisfacer los criterios visuales de control solar en verano y la correcta distribución de la luz en el espacio y comprobar el comportamiento de los rayos re-direccionados, se realizó un modelo estudio ESC 1:20 de un sector del espacio, determinado por el ancho del elemento reflector que equivalía a la distancia entre las vigas del proyecto.

- Se utilizaron diferentes franjas de espejo de espesor 2 cm, los cuales permitieron el armado y visualización de las diferentes tipologías geométricas.
- Se comprobó la reflectancia espectral del espejo (%) medida en un procedimiento que consiste en obtener un porcentaje comparado con la luz directa, se utilizó un luxómetro LI-COR PH 6290, obtenido como dato que la Reflectancia Espectral del espejo utilizado es del 84%.
- Se verificó el comportamiento de la luz en todas las opciones tanto con luz directa en el Heliodón, como con luz difusa en el Cielo Artificial. (Ver Figura 8)



Opción 1 en verano Opción 1 inv-equin. Opción 2 en verano Opción 2 inv-equin. Opción 3 en verano, inv-equin.
 Figura 8: Comparación de la distribución de la luz en el sector estudiado de cada uno de los casos propuestos

ELECCION DE ALTERNATIVA

Las superficies reflejan parte de la luz entrante. El efecto de estas en el diseño de la luz depende de las proporciones de la abertura, y de la geometría y la reflectancia de las superficies de reflexión. Algunos rayos solares evitan ser reflejados y entran directamente al interior del espacio, los que caen sobre estas superficies son reflejados, sufren una reducción de intensidad y cambian de dirección. (Ver Figuras 5-7 y 8)

Considerando las tres opciones se llega a la conclusión que la propuesta de un elemento reflector fijo de forma cóncava y con el estante de luz, es la más favorable tanto por su comportamiento como por su integración en la estética del edificio proyectado. Es necesario tener en cuenta cuando se consideran los aspectos del diseño de la iluminación natural según la funcionalidad interior, que los edificios se observan tanto por dentro como por fuera, ya que según como se diseñe la iluminación interior tendrá influencia en la apariencia exterior del edificio.

Esta opción permite obtener una mayor uniformidad en la iluminación del espacio porque se logra redireccionar mayor cantidad de rayos en la situaciones de invierno y equinoccio hacia el sector a optimizar. Sin embargo, la acción del sol es solo uno de los aspectos a considerar en el aprovechamiento de la iluminación natural en la sala, la iluminancia excesiva que provee la luz solar directa así como su aporte de calor en verano, son motivos de discomfort, por eso, estos aspectos fueron controlados y regulados desde el diseño por medio de los estantes de luz utilizados para obtener una gran superficie con protección solar, logrando el paso solo de rayos en horas tempranas del día lo cual optimiza también el aumento de los niveles de iluminación inclusive en verano. (Ver Figura 7)

VERIFICACIÓN DE LA OPCION ELEGIDA. MODELO A ESCALA: Se elaboraron modelos a escala 1:25 de los elementos diseñados y se colocaron en el modelo del espacio total con el fin de verificar su comportamiento y realizar mediciones en el Cielo Artificial, con el objetivo de poder comparar los resultados con los primeros obtenidos en la primer medición realizada. El procedimiento llevado a cabo fue el mismo y con la misma grilla de medición. (Ver Figuras 9 y 10). Esta vez se utilizó papel metalizado para representar la superficie reflectora. Se analizó la reflectancia Espectral del papel en porcentaje comparado con la iluminación directa con el mismo procedimiento utilizado para el espejo. Se obtuvo como resultado que la Reflectancia del papel aluminizado es del 48%. (Nota: por su terminación el papel aluminizado tiene no solo un efecto reflectivo sino también difusor)

RESULTADOS OBTENIDOS. COMPARACIÓN CON LAS PRIMERAS MEDICIONES.

OPCION 3	2,46	3,10	3,58	3,99	4,09	3,94	3,61	3,02	3,56
	3,99	5,09	6,12	6,67	6,54	6,36	5,56	4,94	3,49
PROYECTO	4,25	5,18	6,18	6,41	6,64	6,48	5,35	4,93	4,05
DISEÑADO	4,00	4,38	4,75	4,90	5,09	5,00	4,83	4,33	2,28
	4,17	2,14	4,45	3,86	4,50	3,87	4,53	2,19	4,05

Tabla 3: Valores del FLD en puntos de medición. Propuesta.

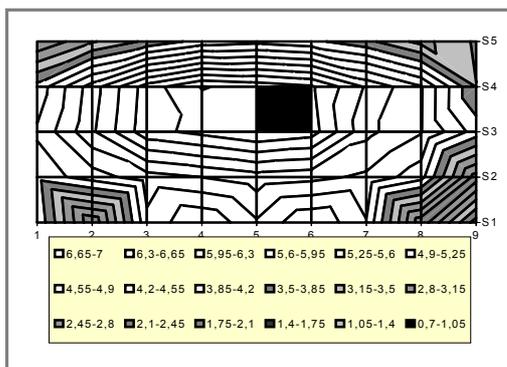


Figura 9: Fotografía interior del modelo. Iluminación según propuesta de diseño.
 Figura 10: Representación de la distribución de la luz FLD. Propuesta.

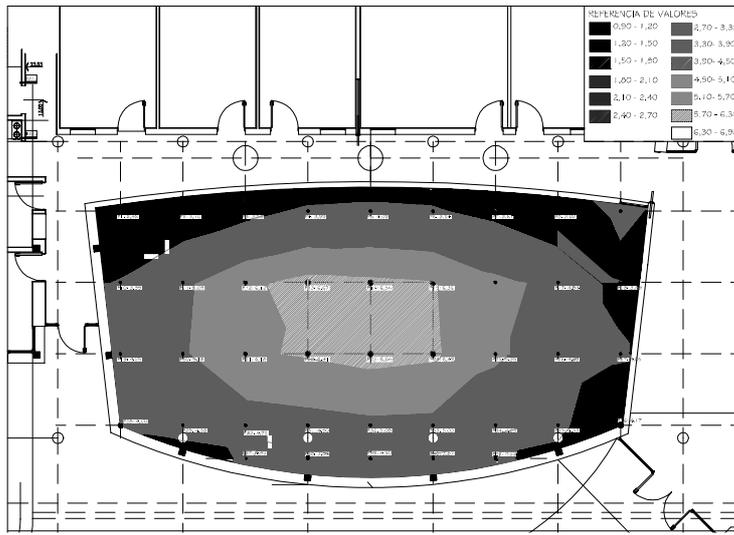


Figura 11: Planta. Distribución de la luz. Propuesta

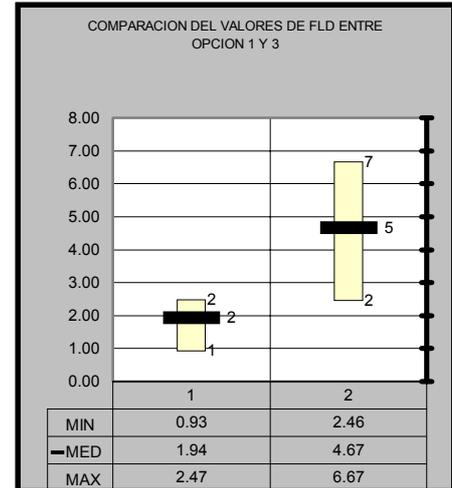
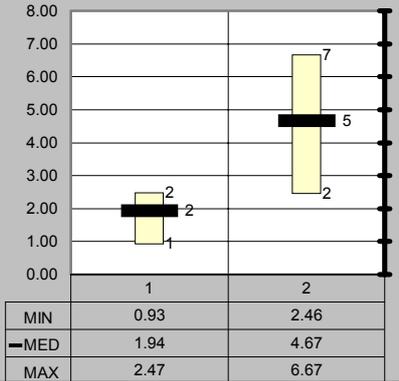


Figura 12: Corte. Representación del FLD.

Tabla 4: Comparación FLD entre propuesta inicial y final

Por las limitaciones de materiales utilizados en la construcción del modelo se pueden esperar las siguientes diferencias con el proyecto final: 1) El papel aluminizado tiene una reflexión de 48% en el espectro visible, mientras el aluminio de alta reflectancia tiene un 90%. 2) El acrílico utilizado para representar las ventanas tiene una transmisión de 91%, mientras que los vidrios proyectados con DVH 6+6 incoloros tienen un 78 % de transmisión. Como resultado, se puede esperar niveles de iluminación natural levemente superiores en el proyecto real



CONCLUSIONES

El potencial de las técnicas de diseño con Iluminación Natural tiene gran importancia en la optimización del confort visual y el desempeño energético del edificio en cuanto a su habitabilidad y reducción del impacto ambiental. A pesar de la forma compacta del espacio estudiado se logró optimizar la captación de iluminación a través de un sistema vidriado vertical y cenital con una propuesta de direccionamiento de la luz. Se logró mediante el diseño proporcionar soluciones respecto a la correcta distribución y calidad de iluminación con un porcentaje total de aberturas de solamente un 18% con respecto a la superficie a iluminar. El trabajo demuestra que con las herramientas correctas se puede obtener un edificio donde los estudios y análisis de la Iluminación Natural son realizados en la etapa de diseño logrando optimizar la calidad espacial interior durante el proceso proyectual.

BIBLIOGRAFÍA

- Pattini et al (2000) Evaluación de la Iluminación Natural en edificios. AERMA. Vol.4, N°1, 2000, 05.19-05.24.
 Evans . J. M. et al (1999) Uso de Modelo a escala en el Cielo Artificial. AERMA. Vol3, N°2, 8.169-8.172.
 Evans . J. M et al (1998) Iluminación en Maquetas y espacios con Iluminación Natural. AERMA. Vol.2,1998, N°2, 5.37-5.40.
 De Schiller et al (2000) Proyecto Demostrativo: Centro de Interpretación, AERMA. Vol4, N°1, 2000, 01.29-01.34.
 Evans. J. M (2001) Capítulo 6, Iluminación, Tomo 1, Asociación Argentina de Luminotecnia, Buenos Aires.
 Kralj, G.Matterson et al (2000) Evaluación de Condiciones de Iluminación Natural con Luz Cenital. Mediciones en Edificios de la Ciudad de Buenos Aires. AERMA. Vol4,2000, N°1, 05.47-05.52.
 Marc Fontoynt (1999) Daylight Performance of Buildings. James & James for European Commission Directorate. London.
 Peter Tregenza & David Loe (1998). The Design of Daylighting. E & FN SPON, London & New York.
 N. Baker et al (1993) . Daylighting in Architecture. James & James. London
 PJ Littlefair et al (1996). Designing with innovative Daylighting. BRE. London

ABSTRACT

This paper presents the application of a method to verify, improve and integrate daylight during the design process. The Interpretation Centre of the Buenos Aires Nature Reserve, at present in the design stage, was chosen for this case study. The objective is to achieve high quantity of illumination, better distribution and ensure high levels of visual confort, optimise winter solar radiation gains, and provide solar control with minimum possible heat losses, minimising the glazed surfaces. The techniques were applied in different stages: evaluation, design, comparison, verification and simulation. Different lighting design alternatives were developed and evaluated in order to optimise this natural resource, using directional systems. The visual confort in the study space was improved, raising the levels of natural lighting from 1,94 lux to 4,67 lux and improving the distribution of light in the space.

KEYWORDS: Design method, natural daylight, scale models, daylight factor