

Eficiencia luminotécnica y diseño arquitectónico. Importancia de su conurrencia en tipologías institucionales



Miriam María Agosto, Silvia Liendo, Roque Gerónimo, María del Carmen Zárate, Silvia Molina¹

Eje 3: Diseño y ahorro energético para la sustentabilidad: Eficiencia energética. Energías renovables y energías limpias Diseño bioclimático. Certificaciones. Etiquetación. Sistemas e instalaciones sustentables

Introducción

“Hacer arquitectura” significa crear espacios y ámbitos –no sólo posibles de ser habitados por sus posibilidades y cualidades técnicas– sino de ser vividos, sentidos y aprehendidos por los usuarios de esos espacios. “Hacer arquitectura” también es entender la esencia y el rol fundamental que juega la luz en los espacios que diseñamos. “La iluminación comparte con la arquitectura la cualidad de tener la capacidad de protagonizar un hecho artístico, combinando arte y ciencia. Como tal, no es posible poner límites al campo de su desarrollo ni contenerla arbitrariamente con fórmulas artificiosas” (Edgardo Massera, 2001).

Dentro del proyecto arquitectónico y como parte del mismo, la luz significa un aspecto fundamental para la definición, reconocimiento y caracterización de cada uno de los espacios diseñados. Sabemos que la apariencia visual y sensación del entorno cambia cuando desaparece la luz diurna y aparece la iluminación artificial, surgiendo entonces experiencias espaciales diversas. Las fuentes de luz artificial, a través del proyecto luminotécnico, reemplazan a la luz natural, dando satisfacción a las diferentes necesidades del individuo. Se habla en esta instancia del proyecto de iluminación que, a diferencia del eléctrico, pretende contemplar todo aquello que como diseñadores queremos valorizar y destacar del proyecto arquitectónico.

El arquitecto, como diseñador de espacios destinados a la vida del hombre, debe asegurar que el edificio ofrezca condiciones de vida confortables para sus ocupantes, permitiendo el desarrollo normal y pleno de las actividades que alberga. Por esto, necesariamente tendrá que realizar un análisis físico que incluya el estudio del espacio arquitectónico, teniendo en cuenta los aspectos funcionales referidos a la actividad o destino a desarrollarse en el mismo, según un usuario concreto. Se evaluarán aspectos morfológicos, referidos a proporciones, escalas y dimensiones del espacio. Lo técnico-constructivo es de especial interés, definido por las características de la estructura resistente, la estructura envolvente y las instalaciones. El análisis de los aspectos físico-

¹ Cátedras Instalaciones III B, Matemática I A, Matemática II y Física. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Córdoba

espaciales deben articularse con la propuesta luminotécnica o diseño de iluminación artificial. Calidad, confort y seguridad son claves en un correcto proyecto de iluminación en el cual se respeten los niveles adecuados para la actividad específica, control de brillos y reflejos, integración con la luz natural, control de contrastes y adecuada composición espacial general del conjunto.

“Para concretar un buen diseño, si bien es importante el sistema técnico a emplear (luminaria-fuente), este dependerá del correcto análisis de las condiciones ambientales del entorno donde una determinada actividad se desarrolla, de la distribución de sistema elegido, del tratamiento estético del local, de la forma en que la luz natural ha incidido durante el día y, principalmente, de la propuesta arquitectónica que define un objeto que debemos acompañar con el proyecto luminotécnico adecuado (Edgardo Massera, 2001).

El proyecto tiene como finalidad, por un lado, abordar y estudiar una problemática real; y por otro lado, realizar aportes específicos a esta área de estudio particular (el de la eficiencia luminotécnica) y hacerlo sobre los casos concretos de análisis. De esta manera, la investigación se va a centrar en tres aspectos:

- **Estudio de conceptos generales, investigación bibliográfica y normativas que permitan encuadrar el tema-problema de estudio.**
- **El análisis de casos: relevamiento e indagación de situaciones problemáticas.**
- **Sistematización de la información proveniente de dicho estudio anterior y elaboración de conclusiones.**

La decisión de trabajar con este tema específico se fundamenta en el interés por obtener elementos de análisis que puedan ser luego evaluados y transformados en insumos de estudio. A su vez, con la finalidad de que estos puedan convertirse en recomendaciones a aplicarse en etapas de proyecto de nuevas tipologías a desarrollarse.

Análisis bibliográfico

De la lectura y búsqueda de bibliografía en relación a la temática, se analizaron algunas investigaciones fuertemente interesadas en estudiar la eficiencia y el confort de manera integral. Algunas investigaciones aseguran que para definir la eficiencia de un sistema de alumbrado es necesario saber claramente qué es lo que se espera de una iluminación (Assaf, 2003). Consideraciones insuficientes o simplificadas sobre esto conducirían a conclusiones erróneas e inaplicables, tal como ha ocurrido algunas veces, subordinando la eficiencia al mero ahorro energético. Por otro lado, las especificaciones y objetivos de una iluminación son motivo de investigación y aún de controversias (Mills y Borg, 1998), y sus alcances ofrecen hasta hoy ilimitadas ramificaciones.

Otros estudios abordan el análisis de los aspectos referidos a la calidad y características de la iluminación artificial o propuesta luminotécnica vinculadas al relevamiento de algún caso como tema-problema. Así; González, Franco, Sol y Guevara (s.f); afirman que el estudio desde el concepto de eficiencia luminotécnica en espacios para el estudio y el trabajo, permiten no solo hablar de ahorro sino además mejorar e incrementar la calidad de la iluminación.

Al momento de la presentación de este proyecto del trabajo, el grupo se encuentra trabajando fuertemente en la búsqueda de información bibliográfica específica que permita profundizar y ahondar en la relación proyecto de arquitectura/proyecto luminotécnico” y su necesaria articulación para definir parámetros de eficiencia luminotécnica.

Metodología de trabajo

La metodología planteada a los fines de la realización de este trabajo seguirá las siguientes etapas:

1- Antecedentes

a) Estado del arte de la problemática

- Búsqueda, revisión y análisis bibliográfico actualizado.
- Estudio de requerimientos de diseño arquitectónico y de diseño luminotécnico en edificios institucionales según tipos.
- Estudio de ejemplos con verificación de diseño concurrente: arquitectónico y luminotécnico.

b) Aspectos normativos

- Revisión de la norma IRAM: Análisis y evaluación de normas IRAM AADL referidas a requerimientos o exigencias de iluminación para tipologías institucionales.

2- Estudio de casos

a) Selección y caracterización de casos de estudio (muestra)

- Identificación de los criterios de selección de casos de estudio. Definición y justificación.
- Elección del/de los edificios a estudiar: acceso y búsqueda de documentación gráfica y técnica.

b) Relevamiento luminotécnico

- Definición de la metodología y variables a relevar. Contrastar y adecuar según exigencias de las normativas.
- Mediciones *in situ* de niveles de intensidad luminosa con instrumental apropiado (luxómetro). Medición de luminancias. Verificación de deslumbramiento.
- Simulación digital: aplicabilidad de *software* de cálculo "DIALUX" para la verificación de condiciones de iluminación interior de los locales estudiados, según las tipologías seleccionadas.
- Dimensión subjetiva de la iluminación: encuesta a los usuarios.

c) Relevamiento arquitectónico-proyectual (tipológico)

- Estudio de las condicionantes o requerimientos definidos para el proyecto, en etapa de estudio y propuesta (proceso proyectual-anteproyecto).
- Análisis de las condiciones exigidas por los pliegos de especificaciones técnicas en etapas de ejecución de la obra.
- Verificación de los requerimientos de proyecto y de los pliegos con los resultados de la obra construida. Conclusiones.

3- Aplicación de la metodología de análisis

a) Sistematización de los datos y análisis de los mismos.

- Integración de las variables surgidas del relevamiento luminotécnico y del relevamiento arquitectónico-proyectual: identificación de las circunstancias de diseño que aportan o no a la eficiencia luminotécnica según grados de incidencia.
- Evaluación de las tipologías seleccionadas según su eficiencia luminotécnica. Comparación de los casos.

4- Conclusiones y aportes

a) Contrastación de resultados

- Comparación con las condiciones fijadas por normativos o criterios de aceptabilidad definidos en el marco del proyecto.

b) Elaboración de recomendaciones

- Formulación de recomendaciones como aportes para la consideración de criterios de diseños luminotécnicos eficientes.
- Sugerencias y aportes a ser transferibles a la formulación de criterios normativos que puedan ser utilizados en las ordenanzas específicas.

Importancia del proyecto

Con este trabajo se pretende dar inicio a una línea de investigación, como es la iluminación artificial (Luminotecnia), en el ámbito del CIAL (Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas) de la FAUD-UNC. Según lo investigado en la bibliografía referida al tema, se considera importante profundizar en el mismo evaluando condiciones de eficiencia luminotécnica. Por otro lado, se pretende:

- Apelar a trabajar sobre nuevos paradigmas que deben instalarse en el diseño actual, y fundamentalmente en el diseño luminotécnico. Estos paradigmas son la **eficiencia y las nuevas tecnologías**.
- Proponer, plantear o exponer la importancia de desarrollar criterios de diseño concurrentes e integrales.
- Concientizar respecto de la importancia del diseño de iluminación, como también del ahorro energético, el confort y la calidad de los espacios iluminados.

Desarrollo

En esta parte del trabajo resulta fundamental presentar los casos de estudio que se seleccionaron. En principio se decidió la elección de dos ejemplos para poder acotar la búsqueda de información, relevamiento, análisis y posterior sistematización.

Los dos ejemplos elegidos son: la **Facultad Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD)** de la **Universidad Nacional de Córdoba**, sede Ciudad Universitaria, Córdoba Capital; y la **Escuela ISEAM 36 Domingo Zípoli (Escuela de Niños Cantores)**, ubicada en la calle Maestro López S/N, Ciudad Universitaria, ciudad de Córdoba.



Imágenes 1 y 2. ISEAM 36 – Escuela Domingo Zípoli – Ciudad de Córdoba.



Imágenes 3 y 4. FAUD-UNC – ciudad de Córdoba

Los criterios de selección de estas dos tipologías obedecen a algunos aspectos que se enumeran a continuación:

a- El primero de ellos tiene que ver con el **diferente destino del edificio educativo.**

Esto quiere decir que por un lado se eligió un edificio destinado a la enseñanza superior, específicamente al diseño y la arquitectura. El segundo edificio es una escuela que alberga estudiantes de preescolar, primaria y secundaria, pero que además cuenta desde hace algunos años con una tecnicatura que funciona en horario nocturno, lo cual resulta de sumo interés para este trabajo.

b- El segundo aspecto que definió la elección de estos ejemplos tiene que ver con las **características arquitectónico-constructivas** de los edificios.

En el caso del edificio de la FAUD, fue construido en diferentes etapas con sistemas constructivos diferentes en cada una. Entre los años 1985 y 1987 se construyeron los módulos conocidos en la actualidad como Azul, Rojo y Amarillo. La misma se realizó con fondos de la Nación, empleando como tecnología el uso de prefabricados de hormigón. Hacia el año 2000 se decide la construcción del auditorio resuelto con sistema constructivo de hormigón *in situ* y las aulas en el sector denominado Verde. Estas aulas están resueltas con estructura de tipo independiente (cerramiento de mampostería de bloque de cemento, estructura resistente independiente de hormigón armado y cubierta de chapa). Entre los años 2012 y 2014 se decide la construcción del edificio Oeste. El sistema constructivo también es hormigón *in situ* y a la vista. Finalmente, en el año 2017 se inicia la construcción del edificio Norte a cargo de una UTE (Ingeniería SRL y Carlos y Roberto Trujillo). Todo el edificio Norte se resolvió con un sistema constructivo de hormigón a la vista *in situ*. Esta empresa se encargó además de la provisión de la iluminación.

En relación al edificio de la Escuela Domingo Zipoli, se comenzó a construir en 1978 y se inauguró sin estar completamente finalizada la obra el 8 de julio de 1981. La construcción estuvo a cargo de la Dirección de Arquitectura del Gobierno de la Provincia de Córdoba. Tiene una superficie cubierta de 6000 m² y está edificado en dos niveles: escuela primaria en planta baja y escuela secundaria en planta alta. Por tratarse de una escuela orientada hacia la formación de docentes preparadores de coros, posee salas de ensayo y práctica musical, así como un auditorio con tratamiento acústico especial y capacidad para 450 personas. La capacidad total de la escuela es de 800 alumnos.

Las características constructivas del edificio responden a la resolución de un sistema estructural independiente, muros de mampostería de ladrillos y carpinterías de madera. Este lenguaje constructivo le aporta al edificio una escala distinta como representación de la institución educativa y del destinatario del mismo.

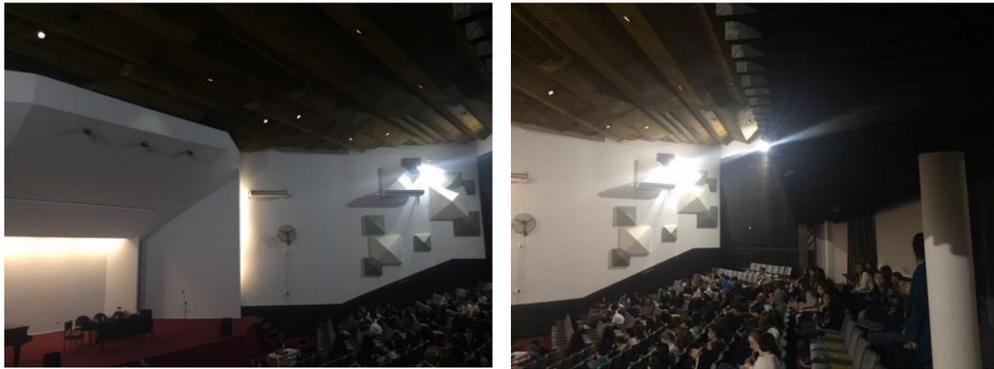


Imagen 5 y 6. auditorio de la Escuela Domingo Zipoli

c- El tercer aspecto por el cual se eligieron estos dos edificios tiene que ver con la **posibilidad y facilidad de acceso** a los mismos, de modo de poder realizar estos relevamientos.

En ambos casos se da la particularidad de que los edificios tiene además uso nocturno debido al dictado de clases hasta las 22:30 hs. en el caso del edificio de la FAUD. En el caso la Escuela Domingo Zipoli, debido al dictado de la Tecnicatura, el mismo funciona hasta las 21 hs. Esto indica la importancia que tiene la iluminación artificial en el desarrollo de las actividades nocturnas en ambas instituciones y la resolución de la misma, con criterios de eficiencia, resulta fundamental.

Al momento de la presentación de este trabajo, se ha realizado el relevamiento específicamente en el edificio de la FAUD, quedando pendiente aún el relevamiento del edificio escolar.

Para el relevamiento de las aulas-taller de la FAUD, se seleccionaron espacios que corresponden a las distintas etapas de construcción de la obra, las diferentes orientaciones de las aulas y ubicaciones de las mismas, tanto en planta baja como en planta alta. Esta disposición de las aulas hacia los cuatro puntos cardinales, genera una diversidad de escenarios lumínicos durante el día, ya sea de buena iluminación y/o de iluminación inadecuada por mala orientación. Muchos de esos casos son determinantes ya que la iluminación artificial debe estar presente durante muchas horas, inclusive en horario diurno.

Se elaboró una ficha de relevamiento que tuvo en cuenta diversas **dimensiones de análisis**:

- **Dimensión física:**

Esta dimensión tiene en cuenta aspectos referidos a las características del espacio relevado: Dimensiones, proporciones, existencia y ubicación de aventanamientos e ingresos, orientaciones, aspectos constructivo-estructurales (condicionantes arquitectónicos en relación al diseño y organización espacial), etc.

- **Dimensión funcional:**

Esta dimensión pretende analizar las características que definen el tipo de usuario, la actividad específica realizada en el espacio, la organización funcional y la distribución del equipamiento en relación al tipo de tarea o actividad desarrollada.

- **Dimensión tecnológica:**

Dimensión referida a los aspectos técnicos- constructivos y de materialidad.

- **Dimensión perceptual:**

Esta dimensión es de carácter subjetivo y para su evaluación requiere la verificación con más de un usuario o actor. La encuesta al usuario o consulta sobre los parámetros anteriores, permitirá tener una certeza acerca de las características de esta dimensión de análisis. Para evaluar la dimensión perceptual se elaboró una **ficha-matriz de valoración (instrumento encuesta)**, para valorar la **eficiencia subjetiva de la iluminación en las aulas**. Esta encuesta indaga al usuario sobre los siguientes aspectos:

- 1) Calificar, a criterio personal, el nivel de iluminación (cantidad de luz) existente en el local, para la actividad que se desarrolla en el mismo.
- 2) Calificar, a criterio personal, el grado de control de deslumbramientos o brillos (ausencia de encandilamientos) existente en el local.
- 3) Calificar, a criterio personal, la temperatura de color (color de luz ambiental) existente en el local.
- 4) Calificar el grado de confort o agrado en relación a la iluminación (por ejemplo: sensación de bienestar y comodidad) que experimenta en el local.
- 5) Calificar, en términos generales, la calidad de iluminación del local.

El criterio planteado para la valoración subjetiva de estos aspectos trabaja sobre una escala que va desde “MALO” a “MUY BUENO” para cada uno de los espacios elegidos para la evaluación. Las fotos que se adjuntan, muestran las características luminotécnicas de los espacios de aulas-taller seleccionados para el estudio. Se seleccionaron las aulas Norte 2, Oeste 2, Rojo 109 (planta alta), Rojo 7, Verde 3, Verde 5, Azul 5, Azul 3 y Amarillo 11; lo que da un total de 9 aulas con diferentes orientaciones. Se realizaron mediciones de los niveles de iluminación (mediante instrumento luxómetro) a las 10, 16 y 21 hs., horarios centrales de los tres turnos de utilización de las aulas.



Aula Amarillo 11



Aula Azul 5



Aula Rojo 7



Aula Verde 3

Conclusiones

El objetivo fundamental de este trabajo es exponer una metodología de trabajo que aborde la investigación a partir del estudio de casos seleccionados según los criterios establecidos en el desarrollo de esta presentación.

El equipo se encuentra en etapa de procesamiento de los datos relevados, detectando *a priori*, según las mediciones realizadas y la respuesta de los usuarios, las siguientes repuestas:

- Las luminarias existentes no están distribuidas con criterios de uniformidad y homogeneidad en el espacio.
- Los niveles de iluminación medidos (según trama o grilla de puntos para la medición) son muy dispares, los que genera zonas con niveles de iluminación excesiva y sectores con escasa iluminación.
- Muchas luminarias no funcionan, lo cual incrementa el problema de la iluminación deficitaria de muchos espacios.
- Por último, la resolución de la instalación luminosa con lámpara de antigua tecnología, atenta contra la eficiencia general del sistema y la calidad de iluminación pretendida en estos espacios para la educación.

El grupo está en etapa de profundización de los aspectos investigados hasta este momento, debiendo abordar de manera inmediata el relevamiento de datos del edificio escolar, con los mismos criterios utilizados para el caso del edificio de la FAUD-UNC.

Bibliografía

- Asociación Argentina de Luminotecnia. (2001). *Iluminación: Luz-Visión-Comunicación*. Tomos 1 y 2.
- Assaf, L. O. (2004). *Metrología de la Eficiencia en sistemas de iluminación, incluyendo el aprovechamiento energético del alumbrado natural* (Tesis Doctoral). Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión; Universidad Nacional de Tucumán.
- Assaf L. y Estevez M. A., et al. (2012). Dimensionando el potencial de ahorro Energético nacional por la aplicación de regulaciones de eficiencia Energética en los sistemas de iluminación. XI Congreso Iberoamericano de Iluminación. Congreso llevado a cabo en Cartagena, Colombia.
- Assaf L. O. y Ruttkay Pereira F. (2003). *Perspectivas de la Eficiencia Energética en la Iluminación: Desafíos para el desarrollo*. Instituto de Luminotecnia, Luz y Visión "Ing. Herberth Bühler" Universidad Nacional de Tucumán.
- Carlos F. González H., Miguel A. Franco N., Manuel J. Sol H., Oscar J. Guevara P. (2016). *Análisis comparativo en la medición de iluminación en espacios de estudio y su eficiencia energética*.
- Caminos, Jorge A. (2011). *Criterios de diseño en iluminación y color*. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.
- Colombo E. M., O' Donell B. M. y Kirschbaum C. F. (2002). *Iluminación eficaz, calidad y factores humanos*. in Iluminación eficiente, Ed. Proyecto efficient lighting innovative: Buenos Aires. pp 60-84.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (1995). *Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales*. México. Recuperado de: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ener/ener007.pdf>
- Comité Español de Iluminación. Lucas CEI. (1993). Recuperado de <https://www.lucescei.com/estudios-y-eficiencia/eficiencia-energetica>
- Ganslandt, R. y Hofmann, H. (s.f). *Manual – Cómo planificar con luz*. Editorial Vieweg – ERCO.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI. (1999-2000). *Registro INTI de Materiales para la Construcción*. Buenos Aires: NETEC.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y Comité Español de Iluminación (CEI). (2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Oficinas*.
- Norma IRAM-AADL J20-05. (s.f). Iluminación artificial de interiores. Características.
- Norma IRAM-AADL J20-06. (s.f). Iluminación artificial de interiores. Niveles de Iluminación Dialux. Recuperado de: <https://www.dial.de/en/dialux/>
- Philips Iluminación. (1997). *Manual de Luminotecnia*. Buenos Aires: Editorial Emede.
- Raitelli, M. (2015). *Manual ELI. Diseño de la iluminación de Interiores. Guía sobre tecnología LED en el alumbrado* (cap.8). Recuperado de: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guiasobre-tecnologia-LEDen-el-alumbrado-fenercom-2015.pdf>

- Sánchez Rodríguez, J.M. y Cárcel Carrasco, F.J. (2015). *Investigación de los factores incidentes en la eficiencia energética y mantenibilidad de los sistemas de iluminación interior de edificios*. Alicante: Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
- Tanizaki, Junichiro. (2009). *Elogio de la sombra*. Ediciones Siruela, S.A.
- Tonello G. (1997). *El diferencial semántico como método de evaluación subjetiva del espacio iluminado* (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. Recuperado de : <http://magisterenluminotecnia.blogspot.com.ar/p/egresados-y-tesis.html>
- Tonello G. y Valladares N. (2014). *La Iluminación como predictor de la Accesibilidad visual y Seguridad percibida*. XII Conferencia Ibero-Americana de Iluminação - LUXAMÉRICA. Conferencia llevada a cabo en Juiz de Fora, MG, Brasil.

ISBN 978-987-4415-64-6



9 789874 415646