

24
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS, METODO
PRACTICO PARA EL PROYECTO DE ILUMINACION EN
PLANTAS DE PROCESO"

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

GERMAN CASTRO SEGURA

ASESOR: ING. CASILDO RODRIGUEZ ARCINIEGA

264510

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES

Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-C, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:
"Iluminación e Instalaciones Eléctricas, Método Práctico para el Proyecto de Iluminación en Plantas de Proceso".

que presenta el pasante: Germán Castro Segura,
con número de cuenta: 9006480-3 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de México, a 29 de junio de 19 98

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u>	<u>Ing. Jaime Rodriguez Martinez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Pedro Guzmán Tinajero</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Benjamin Contreras Santacruz</u>	<u>[Firma]</u>

DEDICATORIA

**A TODAS LAS PERSONAS QUE HAN CREIDO
EN MI A TRAVEZ DE ESTOS 24 AÑOS DE
ESTUDIO.**

AGRADEZCO

**A DIOS POR DARME LA OPORTUNIDAD DE
VIVIR**

**A LOS QUE SUPIERON AGUANTAR SIN
RENCORES, MIS DESVELOS, MIS
DISPUTAS Y MIS CAPRICHOS.**

**AGRADEZCO A MI PADRE POR
ENSEÑARME A SER HONESTO Y A MI
MADRE POR TODA SU ENERGIA Y
PACIENCIA.**

DONA, TONI Y FAMILIA, MIL GRACIAS

INDICE

pag.

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1 NECESIDADES DE ILUMINACION EN UNA PLANTA DE PROCESO	1-1
1.2 ALGUNOS ANTECEDENTES DE IMPORTANCIA	1-2
1.3 DEFICINIONES Y NOMENCLATURA	1-9

CAPITULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

2.1 ESPECIFICACIONES DE LA TAREA VISUAL	2-1
2.2 USO DE NORMAS ELECTRICAS Y DE ILUMINACION	2-3
2.3 USO DE CATALOGOS Y SELECCIÓN DE LUMINARIOS	2-6

CAPITULO 3. METODO GENERAL DE DISEÑO Y CALCULO

3.1 METODO DE LUMEN	3-1
3.2 METODO DE PUNTO POR PUNTO	3-11
3.3 ANALISIS DE ALTERNATIVAS	3-14
3.4 COSTOS DE INSTALACION	3-18

CAPITULO 4. USO DEL SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA EL ANALISIS, CALCULO Y PRESENTACION DEL PROYECTO

4.1 CONOCIMIENTO DEL SOFTWARE	4-1
4.2 PASO A PASO DE CALA	4-3
4.2.1 INTRODUCCION	4-3
4.2.2 INSTALACION Y ENTRADA AL PROGRAMA	4-4
4.2.3 USO DEL PROGRAMA	4-5
4.2.3.1 MENU PRINCIPAL	4-5
4.2.3.2 PRECALA	4-9
4.2.3.3 CALA	4-19

CAPITULO 5. PROBLEMAS ESPECIFICOS EN PLANTAS DE PROCESO

5.1 ILUMINACION GENERAL	5-1
5.2 ILUMINACION CONCENTRADA EN INSTRUMENTOS	5-4
5.3 ZONAS DE PELIGROSIDAD (LUMINARIOS E INSTALACIONES ESPECIALES	5-5

CONCLUSIONES	C-1
---------------------	------------

BIBLIOGRAFIA	B-1
---------------------	------------

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 NECESIDADES DE ILUMINACION EN UNA PLANTA DE PROCESO

La evolución en los sistemas de producción ha dado como consecuencia el uso de nuevos métodos productivos, las instalaciones, la capacitación al personal, las maquinarias, los horarios y un sin fin de elementos cambian día con día en las empresas productivas. Así hace algunas décadas el uso de las plantas industriales en horarios nocturnos era mucho menos frecuente que ahora, y la misma necesidad de producir nos hace laborar en horarios que no son habituales para el ser humano, pero en los cuales se puede adaptar con ayuda de algunos elementos artificiales.

Plantas de proceso son así llamadas a aquellos espacios donde se realizan procesos o cambios físico - químicos a la materia para tener con ellos una producción previamente estudiada de algo útil para la vida humana, difieren de los espacios llamados naves industriales, los cuales pueden ser usados para proceso, almacenamiento, trabajo físico, oficinas, estacionamientos, etc. Las plantas de proceso cuentan en la mayoría de los casos con maquinaria, herramienta y equipo especializado que maneja variables de temperatura, presión, flujo, etc., que resulta difícil manejar y por lo tanto es necesario proporcionar las condiciones suficientes de espacio que tal vez una nave industrial no nos daría. Otra diferencia importante radica en que la nave industrial (a criterio del diseñador) por lo general es un espacio confinado por paredes, mientras que hay plantas de proceso en las cuales los espacios son al aire libre para facilitar el manejo de tuberías, cableado, ventilación, equipo pesado y diversas situaciones que se pudieran presentar en una planta tan complicada.

En las plantas existen dependiendo del producto y las cantidades de producción, equipos de proceso continuo en los cuales es imposible parar y que en caso de paro, el tiempo y costo de reencendido es tan importante como para afectar los objetivos de la

planta, los cuales en términos generales son la mayor producción al menor tiempo y costo, es decir lo más optimizados posibles, por lo cual el uso de horarios continuos de trabajo es imprescindible y con ello los trabajos en horarios nocturnos es esencial. El uso de jornadas que trabajen las veinticuatro horas del día durante todo el año es habitual en las empresas con una producción importante, las horas hombre se dividen entre mayor número de personal, los equipos se diseñan para un trabajo sin descanso y en casos, la instalación de un equipo similar de relevo es también importante.

Siendo así la producción y limitados por las horas de luz natural, el tema de iluminación en las plantas de proceso es de la misma relevancia que el proceso en sí, ya que es necesaria la luz para poder laborar de una manera segura, cómoda y confiable.

La iluminación, entonces, dentro de un planta de proceso debe ser óptima, tal que permita realizar las operaciones del equipo y obreros de forma tan normal como se realizaría en un horario diurno, aunamos también los procesos en que el operario debe realizar tarea dentro de la obscuridad, sin importar el horario, tales como túneles, cámaras, cuartos oscuros y un sin fin que dependen del mismo proceso y en los cuales la iluminación deberá ser continua y con las características que el proceso requiera.

1.2 ALGUNOS ANTECEDENTES DE IMPORTANCIA

A el efecto de iluminar un área por medio del reflejo de un flujo luminoso desprendido de una fuente de luz en forma de ondas se le llama iluminación.

El efecto de la iluminación se debe a la recepción que individualmente tenemos en el sentido de la vista, compuesto principalmente por el ojo y sus componentes:

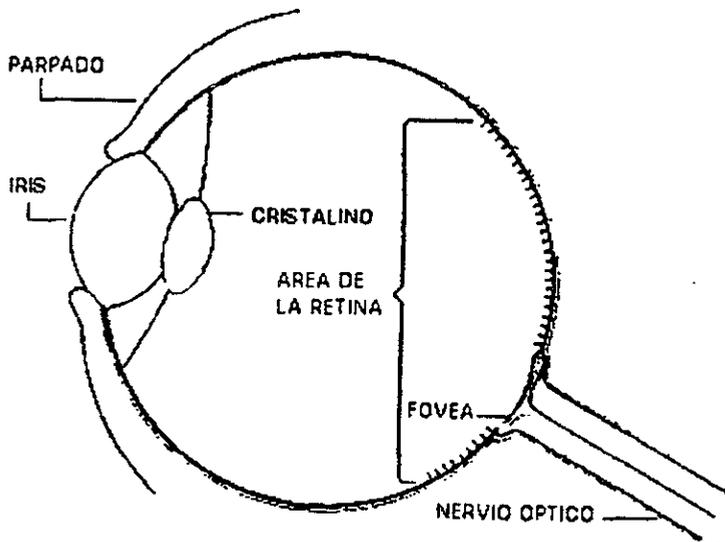
Las partes del ojo son: párpado, iris, cristalino, retina, fovea o conos, bastones, nervio óptico, etc. El funcionamiento del ojo es un mecanismo que recoge y enfoca las

imágenes (luz reflejada por los objetos), éstas entra al cristalino por medio de la pupila y se alberga en las células fotosensibles al fondo del globo ocular (retina) para posteriormente ser descodificadas por el nervio óptico e interpretadas como pensamientos en el cerebro. De las células fotosensibles existen dos tipos principales, y que son de relevancia para el diseño de un proyecto de iluminación; los bastones y los conos, cada uno de ellos tiene definida las funciones que realizan de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA 1.2.1 "FUNCIONES DE VISION DE LAS CELULAS FOTOSENSIBLES"

CONOS	BASTONES
1. Campo angosto de visión	1. Campo ancho de visión
2. Visión por esfuerzo consciente	2. Visión instintiva-reacción rápida
3. Visión de los pequeños detalles	3. Visión amplia
4. Necesidades de una iluminación sumamente elevada	4. Sensibilidad extrema (visión nocturna)
5. Sensibilidad al color	5. Poca o ninguna percepción de los colores
	6. Determina el equilibrio, la comodidad y la tranquilidad

La distinción de estas funciones dan al diseñador los parámetros a cuidar dentro del proyecto, sin descuidar el área que sería cubierta por las células fotosensibles foveales, normalmente el área de trabajo, pero tampoco descuidando a los bastones que nos proporcionan la comodidad visual dentro del área iluminada y también el sentido de sobrevivencia por medio de los reflejos visuales que alcanzan mayor velocidad que cualquier pensamiento predeterminado.



El proyecto de iluminación no debe descuidar ninguna de los dos parámetros enunciados en el párrafo anterior, por tanto se debe iluminar bien el área de trabajo, para que el usuario no tenga que forzar su vista por medio de los conos, pero también es necesario iluminar bien el contorno a esa área, ya que psicológicamente puede afectar en la productividad y comodidad de la persona que labora en tal.

Los factores que intervienen en la visibilidad son el tamaño del objeto, mientras mas grandes sean los detalles de la tarea visual, mas rápido podrán verse, al no poder aumentar estos detalles, se deberá aumentar el nivel de iluminación; el tiempo, ya que la visión no es algo instantáneo, al aumentar la iluminación, aumenta la capacidad de visión y la velocidad de percepción; la brillantez, la cual depende de la intensidad de luz que incida sobre el objeto y la proporción en la cual la luz es reflejada sobre el órgano visual, y por último el contraste que es la relación que existe entre un objeto y su inmediato alrededor. Los niveles altos de iluminación compensan en parte los bajos contrastes con brillantes y son de gran ayuda visual donde el contraste no es posible de aumentar.

Para cada uso y área específica, existe una iluminación que resulta ser la más adecuada. La siguiente tabla clasifica las principales fuentes de iluminación artificial, y da algunas características fundamentales para el diseño del proyecto.

TABLA 1.2.2 "CLASIFICACION GENERAL DE LAS FUENTES DE ILUMINACION"

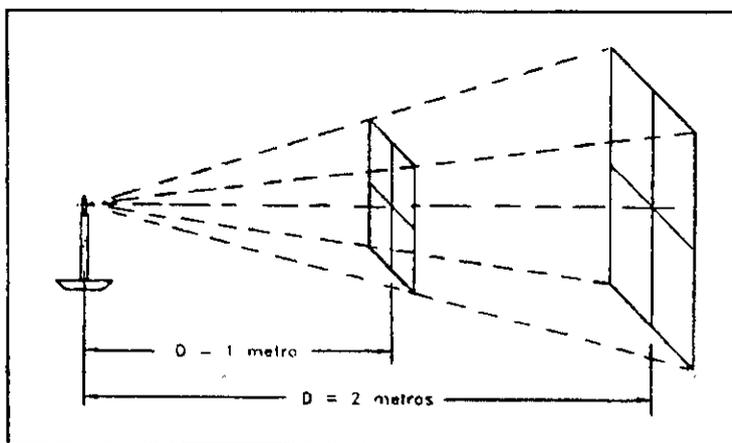
TIPO	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUM/WATT	REACCION COLOR	ENCENDIDO
INCANDESCENTE	750 A 2 500	10-20	EXCELENTE	AL INSTANTE
FLUORECENTE	10 000 A 20 000	41-102	BUENO	RAPIDO Y CON ARRANCADOR
VAPOR DE MERCURIO	24 000	44-63	BUENO	CON BALASTRO
ADITIVOS METALICOS	3 000 A 15 000	74-110	BUENO	CON BALASTRO
VAPOR DE SODIO BP	18 000	100-183	REGULAR	CON BALASTRO
VAPOR DE SODIO HP	16 000 A 24 000	64-140	POBRE	CON BALASTRO

El nivel de iluminación puede ser disminuido a través del paso del tiempo, los siguientes factores intervienen en esa disminución y pueden ser de cuidado si no se tiene un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, que permita la limpieza, reparación o reemplazo de las partes antes de que su vida útil desfallezca. :

- Temperatura, voltaje y rendimiento de la balastra
- Desgaste de los materiales y del acabado de las luminarias
- Acumulación de polvo en las superficies interiores
- Lámparas fundidas o descompuestas
- Disminución de la brillantez de las lámparas
- Depreciación de las luminarias por polvo.

Debido a que las primeras fuentes de iluminación eran reducidas (principalmente velas, lámparas de aceite y gas), los primeros términos se escogieron de acuerdo a ellas, llamándose “fuente - punto” de luz.

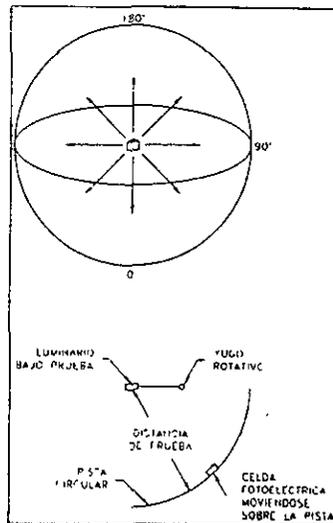
Se parametrizó una vela de determinado tamaño y encendido para determinar la unidad de intensidad luminosa que aún en la actualidad se utiliza, “la **candela**”. Esta unidad también llamada “**bujía**” es la fundamental para los cálculos de iluminación, por tanto una candela es esa cantidad de luz que proyecta la vela parametrizada en las condiciones de estudio.



De la candela surgió el lux (candela - metro) que sería esa intensidad de luz proyectada sobre el plano de 1 m^2 que da una esfera de radio 1m alrededor del punto fuente, también usado el **footcandle**, que es la unidad que sustituye al lux en el sistema inglés y significa la intensidad luminosa proyectada en un plano de 1 ft^2 sobre una esfera de 1 ft de radio. La relación entre el lux y el footcandle es:

$$10.76 \text{ luxes} = 1 \text{ footcandle}$$

Existen otras unidades usuales, el **lumen** (flujo luminoso) y éste es la cantidad de luz total emitida por el punto - fuente (vela, foco eléctrico, luminario, panel luminosos, etc.) en cualquier dirección dentro del volumen ocupado por la esfera con radio de 1 m de, por tanto existe la relación entre lux y lumen, ya que un lux es un lumen incidido en 1 m^2 .



Medición de la intensidad luminosa

Así pues la candela, el lumen y el lux, con sus sustituciones en el sistema ingles de unidades (bujía, lumen y footcandle, respectivamente), son las unidades básicas en los cálculos de iluminación. Existen al igual fórmulas dadas de la experimentación que nos relacionan las unidades básicas y de las cuales resultan los parámetros de iluminación, a continuación un análisis de las fórmulas básicas de iluminación.

$$E = \frac{I \cos \theta}{d^2}$$

de donde:

- E = nivel de iluminación (luxes)
- I = intensidad luminosa (candelas)
- θ = ángulo de inclinación entre el punto - fuente y el punto de estudio ($^{\circ}$)
- d = distancia entre el punto - fuente y el plano del área de estudio

Se puede entonces considerar que para planos perpendiculares a la dirección de incidencia de I, el ángulo θ se volvería cero, por lo cual su coseno será igual a 1 y la fórmula queda:

$$E = \frac{I}{d^2}$$

que expresa el nivel de iluminación en función de la intensidad luminosa de una fuente que incide en dirección normal al plano de trabajo.

Al tener una relación con los lúmenes, la ecuación tiene que ser afectada por nuevos parámetros de iluminación, el Coeficiente de Utilización y el área a iluminar que no requiere de mayor explicación. En tanto el coeficiente de utilización es la relación existente entre el flujo luminoso (lúmenes) emitidos por un luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lamparas solas del luminario

Depende de el tamaño del cuarto, su configuración, las reflectancias y la eficiencia del luminario. De ahí:

$$E = \frac{\text{flujo luminoso} \times Cu}{A}$$

donde:

flujo luminoso = lúmenes emitidos por todos los puntos fuentes de iluminación

Cu = coeficiente de iluminación

A = área iluminada (m²)

1.3 DEFINICIONES Y NOMENCLATURA

Además de la terminología explicada anteriormente, existen otros términos que se utilizan comúnmente en el diseño de los sistemas de iluminación.

ALCANCE: Distancia entre una línea vertical que pasa por la luminaria de un poste de alumbrado público y el borde de la acera de la calle

ALTURA DE MONTAJE EN INTERIORES: La distancia vertical medida desde el plano de trabajo al centro del luminario, o el plano del plafón si la luminaria está empotrada. **(H)**

ALTURA DE MONTAJE EN EXTERIORES (CALLES): La distancia vertical entre la superficie de la calle o el camino y el centro de el luminario. **(H)**

AREA DE PELIGRO: Area en la que la presencia de vapores, polvo o fibras inflamables a explosivos puede originar un incendio o una explosión, debido al calor generado por las fuentes de luz, por las chispas eléctricas o por la electricidad estática.

BALASTRA: Dispositivo utilizado en las lámparas de descarga eléctrica para obtener las condiciones de circuito necesarias para el arranque y la operación de éstas.

BRAZO DE LAMPARA: Accesorio que va del poste de alumbrado al luminario o lámpara y del cual está suspendida esta última.

BUJIA-PIE: Vea FOOTCANDLE

CANDELA: Unidad de intensidad luminosa. Se define como la intensidad luminosa producida por $\frac{1}{600\ 000}$ de un metro cuadrado de un cuerpo negro radiante a la temperatura de solidificación del platino. (Cd)

COEFICIENTE DE ILUMINACION: Razón de luz útil sobre a superficie iluminada y el total emitido por la lámpara: esto es, entre lúmenes efectivos y lúmenes de lámpara desnuda. (Cu)

CONJUNTO OPTICO: La parte de la luminaria consistente en los elementos que controlan la dirección, refracción y reflexión de la luz de la lámpara, tales como el globo o envoltente, el refractor y el reflector

CURVA DE DISTRIBUCION DE POTENCIA: Intensidad de la radiación luminosa expresada en candelas, medida en varios ángulos sobre la fuente de luz y representada gráficamente.

CURVA DE ISOILUMINACION: Línea trazada en coordenadas apropiadas para mostrar puntos de igual iluminación, puede ser isolux o isofootcandle dependiendo de las unidades a usar.

DISPERSIÓN DEL RAYO DE LUZ: Divergencia angular del rayo de luz, medida en grados

DISTRIBUICION ASIMETRICA: Distribución de la luz en la cual las curvas de distribución verticales no son las mismas para todos los planos.

DISTRIBUCION SIMETRICA: Distribución de la luz en la cual las curvas de distribución verticales son substancialmente las mismas para todos los planos.

EFICIENCIA: El total de flujo de luz emitido por una lámpara en relación con la cantidad total de electricidad que se le suministra. Tratándose de una lámpara eléctrica la eficiencia se mide en lúmenes por Watt.

ESPACIAMIENTO: La distancia en metros o ft. Entre las fuentes de luz, medida desde la línea central de colocación. **(S)**

FACTOR DE DEPRECIACION POR SUCIEDAD ACUMULADA EN EL LUMINARIO: El multiplicador que se utiliza en los cálculos de iluminación para relacionar la iluminación inicial de la lámpara limpia y nueva con la iluminación disminuida por el polvo y grasa que se acumulará en ella antes de que se realice la limpieza periódica. **(LDD)**

FACTOR DE DEPRECIACION DE LUMENES EN LA LAMPARA: El multiplicador que se utiliza en los cálculos de iluminación para relacionar la potencia luminosa inicial de las fuentes de luz con el flujo de luz final, con base en el programa de reposición de lámparas que se tiene planeado.

FACTORES DE PERDIDA DE LUZ: Factores que contribuyen a disminuir el nivel de iluminación.

FLUJO LUMINOSO: La cantidad de luz que fluye a través de una superficie en la unidad de tiempo.

FULGOR: Sensación producida por la brillantez dentro del campo visual, cuyo nivel de intensidad es mayor que el de la luminosidad a la que está adaptado el ojo, lo que produce molestias o pérdida de la capacidad visual.

FULGOR DIRECTO: Fulgor que proviene de la brillantez o de una fuente de luz que no está adecuadamente velada dentro del campo visual.

ILUMINACION: La densidad de flujo de luz que incide sobre una superficie.

I.E.S.: Sociedad de Ingenieros en Iluminación

LAMBERT-PIE: Unidad de brillantez fotométrica, equivalente a la luminosidad promedio o uniforme de cualquier superficie con una difusión perfecta que emita o refleje un lumen por pie².

LAMPARA DE DESCARGA ELECTRICA: Lámpara en la cual se produce luz por el paso de una corriente eléctrica a través del vapor de un metal o de algún gas (mercurio, sodio, neón, argón, etc.) y otros aditivos contenidos en un tubo o bulbo. También se le denomina lámpara de vapor.

LAMPARA DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA: Lámpara de mercurio, aditivos metálicos o de sodio de alta presión. **(HDI)**

LAMPARA DE FILAMENTO: Fuente de luz que consiste en un bulbo en cuyo interior hay un filamento que se mantiene incandescente por el paso de una corriente eléctrica. A este tipo de lámpara también se le denomina lámpara incandescente.

LINEA DE ISOCANDELAS: Línea trazada en coordenadas apropiadas para mostrar las direcciones en el espacio referentes a una fuente de luz en la cual la potencia en candelas es la misma.

LONGITUD DEL CENTRO DE LUZ: La distancia desde algún punto de referencia de la base (generalmente el fondo del contacto de las lámparas incandescentes) el centro del filamento. En las lámparas de vapor de sodio o mercurio, la longitud del centro de luz es la distancia desde la base del contacto al centro del arco producido.

LUMEN: La unidad de flujo de luz equivale al flujo emitido por un radian sólido de una fuente de luz focal de una candela. Esta es la unidad más utilizada para expresar el flujo de luz proveniente de una fuente luminosa.

LUMINARIA: Una unidad luminosa completa, consiste en una fuente de luz (lámpara) y otras partes, tales como una envolvente, un reflector, un refractor, una caja gabinete, soportes, etc. El poste, las ménsulas no se consideran parte de la luminaria.

LUX: La unidad de iluminación del sistema internacional. Un lux equivale a la intensidad luminosa de un lumen por m^2 . 1 lux es igual a 0.0929 footcandles.

LUZ DISPERSA: Rayos de luz que quedan fuera del haz luminoso deseado. Esta luz es desperdiciada por el sistema de iluminación y frecuentemente es un factor adverso.

PLANO DE TRABAJO: En iluminación, es el plano donde se efectúa la tarea visual, el piso en carreteras, el escritorio en oficinas, etc.

POTENCIA EN CANDELAS: Es la intensidad luminosa expresada en candelas. Esta unidad se define como la cantidad de luz que ilumina una superficie situada a un metro de distancia de una fuente de luz con una intensidad de un lux.

(1)

REFLECTANCIA: La razón entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidida entre ella.

REFLECTOR: Dispositivo que se utiliza para proyectar la luz de una lámpara en la dirección deseada, por medio del proceso de la reflexión.

REFRACTOR: Una media esfera, placa o banda de plástico o cristal diseñada para controlar la luz de una lámpara.

SILUETA: El efecto que se produce cuando se ve un objeto contra un fondo brillante. Este efecto es muy obvio en el alumbrado de calles o carreteras, cuando la fuente de luz dominante se encuentra muy allá del objeto que se está observando.

S.M.I.I.: Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación

CAPITULO 2

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

2.1 ESPECIFICACIONES DE LA TAREA VISUAL

Para poder proyectar un sistema de iluminación, y debido a que el sistema depende de la forma y las propiedades del área a iluminar es necesario tener las especificaciones exactas de dicha área.

En este trabajo tomaremos un ejemplo práctico hasta el capítulo cinco, pero para el subtema actual empezaremos con especificar la tarea visual que se realiza.

Dentro de la planta de proceso existe una gran diversidad de actividades en las que las tareas visuales son diferentes, la gente administrativa de la planta realiza tareas en oficinas en las cuales se puede proyectar un sistema de iluminación adecuado para operar computadoras, escribir, leer, proyectar exposiciones, usar aparatos de fax, etc. mientras que en las líneas de producción será diferente el sistema de iluminación, se deberá poner una iluminación general para el tránsito de personas, que probablemente realicen operaciones de cierto riesgo, como el transporte de materiales o sustancias peligrosas, aparte habrá zonas donde la distinción de colores sea determinante para el proceso, como pruebas químicas por ejemplo, en ocasiones deberemos tener una luz concentrada en puntos donde existan instrumentos de precisión o en los ovillos de las máquinas donde se controlan las variables del proceso.

La identificación de la tarea visual es algo muy objetivo, que depende únicamente de la tarea que se realice, por lo que la iluminación debe ser específicamente utilizada para esa tarea y debe seleccionarse teniendo en principio las especificaciones de la tarea. A continuación describiremos algunos de los niveles de iluminación que la IES (Sociedad de Ingenieros en Iluminación) y la SMII (Sociedad Mexicana de Ingenieros de Iluminación), nos sugieren como mínimos para diversas

tareas visuales y que dentro de la planta de proceso a ejemplificar usaremos más adelante:

NIVELES DE ILUMINACION EN MEXICO

LUGAR ESPECIFICO A ILUMINAR (tarea visual)	LUXES I.E.S.	LUXES S.M.I.I.
1. EDIFICIOS INDUSTRIALES		
Garages para estacionamiento		
Entrada	500	300
Espacio para circulación	100	100
Espacio para estacionamiento	50	50
Llenado de productos		
Inspección	1 000	600
Manómetros y tableros de medidores (carátulas)	500	300
Laboratorios	1 000	600
Pasteurizadores	300	200
Separadores y cuartos refrigerados	300	200
Tanques y cubas	500	300
Limpiado, cargadores, andenes, tolvas	300	200
Plantas		
Alumbrado de emergencia en cualquier área	30	20
Plano horizontal (nivel de la mesa)	500	300
Superficie vertical del tablero (1.25 m sobre el piso viendo hacia el operador)	500	300
Cabezales de vapor y válvulas	100	60
Cuarto de interruptores de potencia	200	100
Cuarto para equipo telefónico	200	100
Soldadura		
Iluminación general	500	300
Soldadura manual de precisión con arco	10 000	6 000
Ferrocarriles		
Recepción	2	2
2. OFICINAS Y EDIFICIOS PUBLICOS		
Auditorios		
Para exhibiciones	300	200
Oficinas		
Proyectos y diseños	2 000	1 100
Contabilidad, auditoria, máquinas de contabilidad	1 500	900
Trabajos ordinarios de oficina, selección de correspondencia, archivado activo o continuo	1 000	600
Sala de entrevistas, de receso, archivo de poco uso o donde no se requiera fijación de la vista	300	200
Exterior de la planta		
Entrada de servicio	100	**
Entrada de personal	100	**
Cerca o alambrada	2	**
Patio descubierto	2	**
Entre o a lo largo de los edificios	10	**
Caminos que no estén bordeados por edificios	5	**
Subestación iluminación general	20	**

** La SMII aprobó recomendar los mismos niveles de iluminación, dado que en el curso de 10 años prácticamente no han variado y han dado buenos resultados.

En la tabla anterior la primera columna de la IES, se dio en condiciones de 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo, refiriéndose esto al promedio de percepciones visuales de un objeto que puede hacer una persona por segundo, la segunda columna de la SMII, se hizo con el estudio de 95% de rendimiento visual y también 5 asimilaciones por segundo, realizada con el método de un divisor de conversión hacia la teoría del Dr. H. R. Blackwell dada a conocer en el Lighting Handbook edición de 1959.

Los valores propuestos como mínimos se hacen en alusión a que las tareas visuales sean realizadas por adultos jóvenes, por lo que si los empleados son de mayor edad o tienen una agudeza visual menor al 20/30, se puede requerir de mayor nivel de iluminación

2.2 USO DE NORMAS ELECTRICAS Y DE ILUMINACIÓN

En México, a través de cada una de las Secretarías Gubernamentales y en relación con la Dirección General de Normas, contamos con el uso de Normas, Leyes y Reglamentos para cada uno de los asuntos que así lo requieren, en el ámbito doméstico, educativo, industrial, legislativo, etc.. Las normas mexicanas están establecidas en veces de acuerdo al uso de otras normas en diferentes países de primer orden y han sido adaptadas para su uso en México. Industrialmente asociaciones internacionales de Ingenieros, Arquitectos, Médicos, etc. han influido en la elaboración de las Normas en México. Para identificar a cada una de ellas, se simbolizan con las siglas NOM (Norma Oficial Mexicana) aunando el número de identificación, la Secretaría que las expide y el año de publicación además de algunas características especiales si es que se requiere de ellas. Se publican por medio del DOF (Diario Oficial de la Federación), que es el instrumento del gobierno para dar a conocer al público en general las reglamentaciones, normas y leyes que cada una de sus Secretarías dispone a partir de ese momento.

Por tanto le corresponde a la Secretaria de Energía, Minas e Industria Paraestatal edificar la Norma relativa a las instalaciones, suministro y uso de la energía eléctrica, después de realizar una norma emergente en el año de 1993, como preparativo para la actual **NOM-001-SEMP-1994** dada a conocer en el DOF de octubre 10 de 1994, la cual trata lo relativo a **INSTALACIONES DESTINADAS AL SUMINISTRO Y USO DE LA ENERGÍA ELECTRICA**, con la cual se abarcan como referencia otras normas de la Secretaria de Comercio y Fomento Industrial (SCFI), que tratan de productos eléctricos, requisitos de seguridad, sistemas de unidades, información general en instructivos y garantías y normas internas como las que tratan de la tubería de acero para protección de conductores en tipo pesado, semipesado, ligero y extraligero, de conductores, aislamiento, tensiones normalizadas y métodos de prueba que anteriormente habían sido publicados.

Dentro de esta norma se hizo por primera vez mención a lo que nuestro interés convence, el uso de alumbrado, tal como lo señala el artículo 90 de la misma, que dice "Se hace mención especial al capítulo 9 referente al tema de alumbrado público, el cual es un aspecto que por primera ocasión se logra incluir en una Norma Oficial. Debido a lo especializado del tema se elaboró complementándolo con información básica necesaria para su mayor comprensión; tratando de fijar los parámetros que se considera deben cumplirse en este campo para proporcionar la seguridad requerida". Lo anterior nos muestra la poca normalización en este terreno, pero nos precisa tal como dice los parámetros mínimos que se deben cumplir al realizar un proyecto de iluminación. La NOM-001-SEMP-1994 en el capítulo referente a alumbrado indica en resumen:

ARTICULO	TITULO	DISPOSICIONES GENERALES
901	DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos del alumbrado público • Antecedentes para los criterios de diseño • Criterios de calidad en el alumbrado público
902	DEFINICIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Definiciones generales de iluminación
903	NIVELES DE LUMINANCIA E ILUMINACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Destumbramiento (brillo) • Uniformidad • Contraste
904	SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de vialidades • Clasificación de materiales • Materiales luminicos (tipos de lamparas) • Materiales eléctricos • Materiales mecánicos y constructivos • Consideraciones para el diseño de alumbrado público
905	PASOS VEHICULARES	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción • Definiciones • Clasificación de túneles • Optimización de visibilidad en túneles y características de acercamiento • Reducción de la luminancia externa de adaptación • Factores de diseño del área de aproximación y entrada de un túnel • Optimización de la visibilidad en el interior del túnel • Consideraciones para el diseño de iluminación • Recomendaciones de uniformidad de iluminancia y luminancia indirecta para túneles
906	SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA ÁREAS GENERALES	<ul style="list-style-type: none"> • Estacionamientos • Áreas residenciales y peatonales

Es necesario seguir esta normalización, debido a que cualquier proyecto que sea digno de así llamarse se basa en las normas correspondientes que avalan la calidad del mismo.

2.3 USO DE CATALOGOS Y SELECCIÓN DE LUMINARIOS

El proyecto de iluminación debe estar complementado con la norma que corresponde al mismo, pero existen otros documentos que ayudan a la parte práctica del proyecto. Los catálogos que muestran el equipo del cual podemos hechar mano son facilitados por los fabricantes de dichos luminarios, y se distribuyen a las casas especiales de iluminación o grandes proyectistas. Estos catálogos forman parte de la base publicitaria de las casas fabricantes, ya que cada una de ellas promueve así sus productos (lo cual es muy usual en el medio industrial).

Para nosotros el uso de los catálogos, nos brinda muchas facilidades en general:

- Conocer la variedad de productos que se encuentran en el mercado, así nos adaptamos a los existente y no diseñamos sobre productos que sería muy difícil de encontrar e incluso que deberían ser de fabricación especial.
- Saber de tales productos las características esenciales, las cuales nos ayudarán para el buen diseño, potencias, cargas, dimensiones, etc. son puestas en las catálogos para tal fin.
- Utilizar los números de catálogos de tal o cual producto, lo que hace más ágil la selección, cotización y compra de los mismos.
- Mostrar al cliente nuestro, de una manera gráfica los productos, respaldándonos en las fotografías, gráficas y tablas que el fabricante nos proporciona.

En forma particular, para los cálculos de iluminación, los fabricantes de los productos utilizados nos dan los parámetros de cada uno de ellos, la fotometría, potencia y niveles de iluminación de las lámparas, las dimensiones del luminario, así como el tipo de material con el que están contruidos y también el reflector en su caso, por último el peso aproximado de todo el conjunto y el tipo de montaje (en techo, colgante, en poste, etc.), además de las aplicaciones más comunes.

Existen varias marcas en el mercado, de las cuales la mayoría de ellas son empresas transnacionales que incursionaron en el mercado nacional, hace ya algunas décadas, entre las más importantes HOLOPHANE, COOPER; CROUSE HINDS, OSRAM, PHILLIPS y otras que se han propiciado de la iniciativa mexicana para crear empresas nacionales que compitan con las grandes empresas extranjeras. En este trabajo de investigación se ha conseguido como objetivo la información completa de los luminarios de las marcas Holophane y Crouse Hinds, además de las información de las lámparas de la marca Osram.

Holophane presenta catálogos de cada uno de los tipos de luminarios que maneja, pero presenta para los grandes consumidores un catálogo condensado con la mayor parte de sus líneas, en las cuales presenta sus divisiones comercial incandescente, decorativa, comercial fluorescente, comercial H.ID, Iluminación Industrial, Iluminación Industrial (Clase 1 división 2), Iluminación Industrial a prueba de polvo y humedad, Iluminación exterior y proyectores; en las cuales detalla lo siguiente:

HOLOPHANE COMERCIAL INCANDESCENTE Y DECORATIVA

Aplicaciones generales, No. de catálogo, dimensiones aproximadas, descripción, espaciamento de los luminarios y peso aproximado, además de fotografías, esquemas de los luminarios y tipo de lámpara a utilizar.

HOLOPHANE COMERCIAL FLUORESCENTE

Aplicaciones generales, No. de catálogo, dimensiones aproximadas, descripción, espaciamento de los luminarios y peso aproximado, además de fotografías, esquemas de los luminarios y tipo de lámpara a utilizar. Una cosa importante en el apartado es el tipo de balastro a utilizar, con bajas pérdidas, bajas pérdidas de encendido rápido, bajas pérdidas de encendido instantáneo, y electrónicas, también si se necesita empotrar o sobreponer los luminarios. Existe una sub división de luminarios comerciales fluorescentes con lámparas ahorradoras de energía.

HOLOPHANE COMERCIAL H.D.I.

Aplicaciones generales, No. de catálogo, dimensiones aproximadas, descripción, espaciamento de los luminarios y peso aproximado, además de fotografías y esquemas de los luminarios y tipo de lampara a utilizar. Importante notar el tipo de lampara a utilizar, aditivos metálicos, vapor de sodio, vapor de mercurio y hasta luminarios para lámparas H.Q.I. de sobreponer, empotrar o colgar.

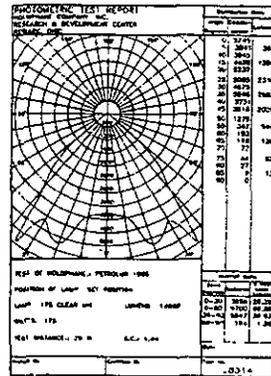
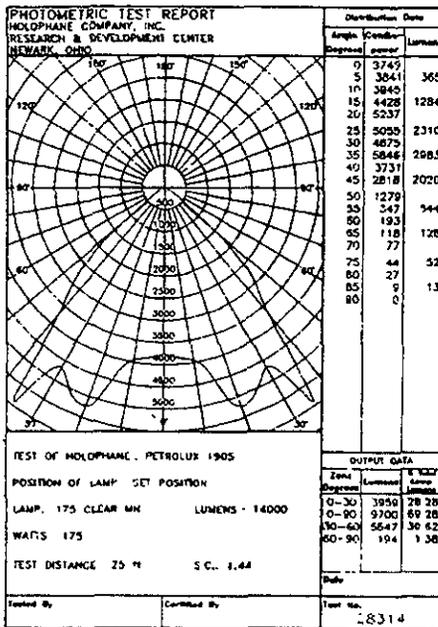
HOLOPHANE ILUMINACION INDUSTRIAL

Aplicaciones generales, No. de catálogo, dimensiones aproximadas, descripción, espaciamento de los luminarios y peso aproximado, además de fotografías y esquemas de los luminarios y tipo de lampara a utilizar. Se puede pedir también con el sistema de emergencia, que se coloca dentro del mismo luminario y sirve para evitar la penumbra en caso de falla en la alimentación. Existen en esta división luminarios para aplicaciones especiales como las contra vibraciones destructivas, las de máxima eficiencia, las de cubierta decorativa, las de guarda protectora, las industriales con lampara fluorescente, de reflector prismático para la serie de clase 1 división 2, en donde se incrementa la información del tipo de curva y el montaje del luminario, y las a prueba de polvo, humedad y vapor con cierres herméticos y luminarios incandescentes, fluorescentes y H.D.I.

HOLOPHANE ILUMINACION EXTERIOR

Aplicaciones generales, No. de catálogo, dimensiones aproximadas, descripción, espaciamento de los luminarios y peso aproximado, además de fotografías y esquemas de los luminarios y tipo de lampara a utilizar, tipo de guarda si se requiere, tipos de montaje en poste con diferentes arreglos, además que existen subdivisiones de paso a desnivel, luminarios para subestaciones, alumbrado arquitectónico de parques o pasillos y la amplia variedad de luminarios para calles y avenidas con

Para encontrar la información fotométrica de cada lámpara con el luminario correspondiente es necesario consultar los catálogos específicos de cada luminario, en ellos se encuentra además de lo anterior las curvas fotométricas para el luminario con cada una de las lámparas con las que se puede equipar. Estas curvas son de la siguiente forma e informan el No. de la prueba según Holophane, y de los datos de distribución de la prueba como la posición, el tipo, los lúmenes y el bulbo de la lámpara, además de la distancia de la prueba y el S.C. (criterio de espaciamiento). En una tabla extra muestran también los coeficientes de utilización de la lámpara basados en el método de cavidad zonal (detallado posteriormente) y el R.C.R.



HOLOPHANE No. 1905
METODO DE CAVIDAD ZONAL

R.C.R.	COEFICIENTES DE UTILIZACION							
	6%	7%	8%	10%	12%	15%	18%	20%
1	0.62	0.62	0.62	0.75	0.75	0.75	0.84	0.84
2	0.73	0.73	0.71	0.89	0.89	0.87	0.97	0.97
3	0.86	0.85	0.82	0.94	0.94	0.92	1.00	1.00
4	0.92	0.91	0.88	0.98	0.98	0.96	1.00	1.00
5	0.97	0.96	0.93	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00
6	0.97	0.96	0.93	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00
7	0.97	0.96	0.93	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00
8	0.97	0.96	0.93	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00
9	0.97	0.96	0.93	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00
10	0.97	0.96	0.93	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00

Existe en Holophane otra manera de ver las curvas fotométricas de una manera más sencilla y precisa, con el uso de la computadora y el software especial de Holophane, la cual trataremos en los capítulos siguientes.

Para nuestro otro proveedor de luminarios ha estudiar, la marca Crouse Hinds, tiene al igual un catálogo que resume sus productos de iluminación, de igual facilidad de consulta que el anterior, Crouse Hinds nos informa de sus productos de la siguiente manera.

Dentro del catálogo "Iluminación" de Crouse Hinds, se informa en principio de la interpretación del No. de catálogo, ya que todos los pedidos, cotizaciones y compras requieren de tal número para realizarse. Después se encuentran los catálogos de Alumbrado Suburbano, de Alumbrado Público, de Alumbrado Público, de Alumbrado Interior, de Alumbrado de Areas en diferentes potencias, de Alumbrado Exterior, de Alumbrado Arquitectónico, Balastos y una guía práctica para cálculos de iluminación.

Crouse Hinds a introducido al mercado un sistema de catálogo por dígitos que clasifica cada una de las especificaciones de los luminarios, La familia correspondiente de los luminarios, ya sea suburbana, pública, de interiores, exteriores, etc., la potencia de la lampara, el tipo de lampara, vapor de sodio, incandescente, aditivos metálicos, etc., el tipo de balastro, la tensión de alimentación, la distribución luminosa (simétrica, no simétrica, de haz abierto, medio o concentrado, cutoff, non-cutoff, el tipo de haz NEMA, etc. según le corresponda a el luminario en particular.

CROUSE HINDS ALUMBRADOS

El catálogo de cada uno de ellos nos muestra las características de diseño en cuanto a los materiales de fabricación, los reflectores, refractores, técnicas de instalación, versatilidad de aplicaciones, costos de operación, etcétera. Además trae la información con la cual uno puede ordenar el producto basado en el número especial de catálogo según Crouse Hinds, en el cual se desprenden los parámetros de cotización y pedido. Las dimensiones aparecen en un cuadro aparte, así como las opciones especiales y accesorios del luminario, tales como; soquets especiales, refractores fuera de línea, lamparas, tipos de montaje, etcétera. Al final nos muestra la información y gráfica

fotométrica del luminario para una cierta altura de montaje, y la información general en que se realizó tal prueba.

CROUSE HINDS BALASTROS

La información relativa a las balastras que Crouse Hinds maneja, informa como introducción del funcionamiento teórico de cada una de los tipos de lampara a balastrar, y de las características de cada uno de los balastros producidos, con lo cual uno tiene los recursos para seleccionar el equipo, lampara y balastro que satisfaga las necesidades de nuestro luminario e iluminación en particular.

Para terminar con el uso de los catálogos, se logró la información por parte de la Compañía OSRAM, la cual es fabricante de lamparas solamente, y nos mostró la inmensa diversidad de lamparas (focos) que fabrica. Dentro de su catálogo nos muestra como datos generales, el wattaje de la lampara, el flujo luminoso en lúmenes, las dimensiones de la lampara, el tipo de bulbo, el casquillo, las horas de vida y como dato comercial, la forma de presentación para grandes consumidores con el número de piezas por caja. Aunado de un esquema de la lampara dimensionado.

Osram es de los grandes productores de lamparas en el mundo, por tanto fabrican de casi todas, tan comunes o especiales como el siguiente listado lo muestra:

**OSRAM LAMPARAS
INCANDESCENTES**

- Alumbrado general 125 V
- Uso generalizado
- De bajo voltaje
- Luz de día
- repelentes para insectos
- Decorativos en colores
- Decorativos vela
- Para anuncio
- Decorativos esfera
- Para horno-refrigerador
- Decorativos tipo globo
- Decorativos Navidad
- Para semáforo
- Reflector uso interior y en colores
- Reflector uso exterior y en colores

**OSRAM LAMPARAS HALOGENAS
PARA BAJO VOLTAJE**

- Halógenas 111
- Halógenas 70
- Halógenas 48
- Halógenas 51
- Halógenas con protector de vidrio
- Halógenas 35
- Halógenas sin reflector

Nota: El No. es el diámetro del reflector en mm.

OSRAM LAMPARAS HALOGENAS

- De halógeno
- Halógenas para voltaje de red
- Con reflector dicróico

**OSRAM LAMPARAS
FLUORESCENTES**

- De encendido normal con arrancador
- De arranque rápido o normal
- De arranque instantáneo Slimline
- HO Alta luminosidad arranque rápido
- VHO Muy alta luminosidad arranque. Rápido
- En forma de "U"
- En forma circular
- Ahorradoras de energía
- Circular con adaptador

OSRAM LAMPARAS

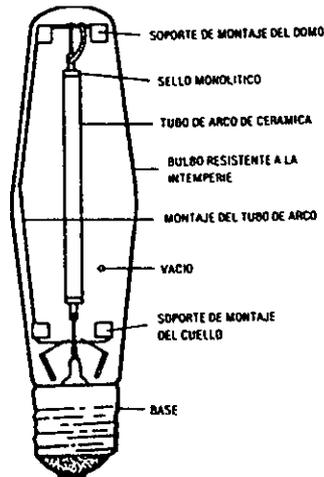
FLUORESCENTES COMPACTAS

- Fluorescentes compactas
- Double
- EL
- EL - Reflector
- EL Globo
- L

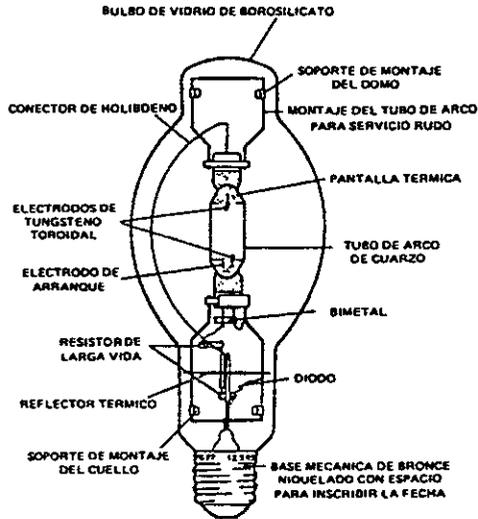
OSRAM LAMPARAS DE DESCARGA

- Halogenuros metálicos (H.Q.I.)
- Vapor de mercurio (H.Q.L.)
- Aditivos metálicos (H.Q.M.)
- Luz mixta (H.W.L.)
- Vapor de sodio alta presión (N.AV.)
- Vapor de sodio baja presión (N.A.)

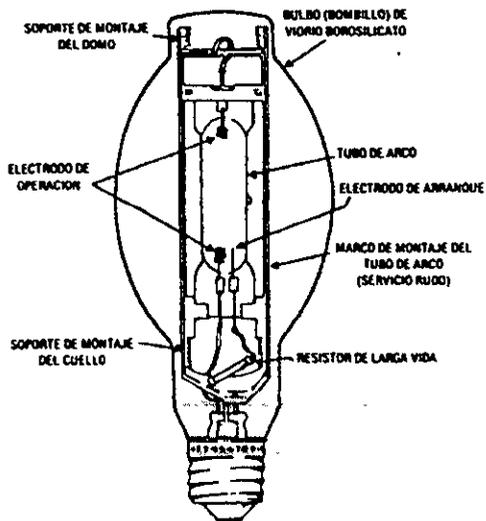
A continuación se ejemplifican los tipos más comunes de lámparas, así como sus elementos constitutivos.



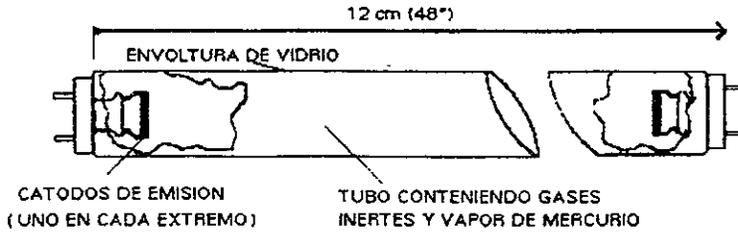
LAMPARA TIPICA DE SODIO ALTA PRESION



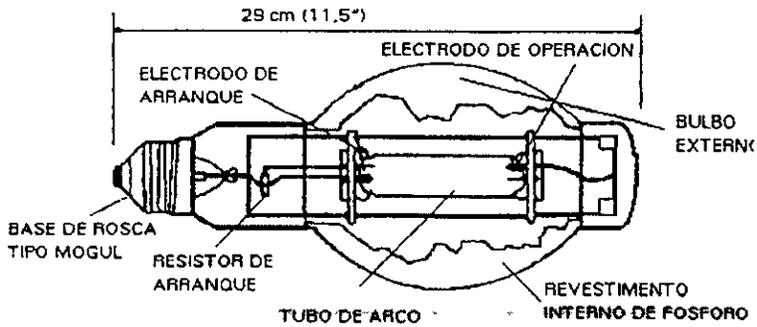
LAMPARA TIPICA DE ADITIVOS METALICOS



LAMPARA TIPICA DE VAPOR DE MERCURIO



Lámpara Fluorescente de 40 Watts



Lámpara de Vapor de Mercurio de 400 Watts

CAPITULO 3

METODO GENERAL DE DISEÑO Y CALCULO

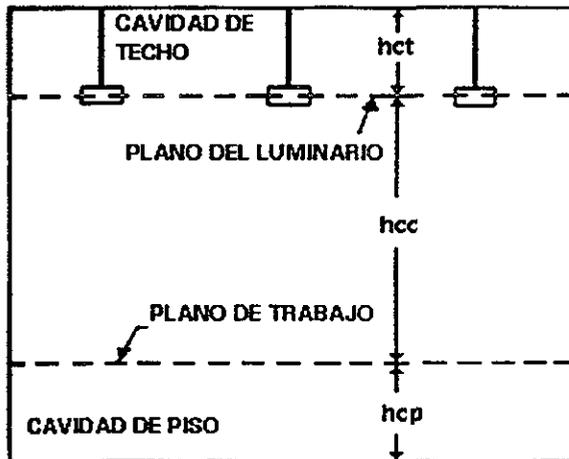
3.1 METODO DE LUMEN

El siguiente método se da en forma general, es indispensable tener algunos valores prácticos que en su momento se ejemplificaran, sin embargo es necesario poner atención a cada una de las nomenclaturas usadas para no tener errores al interpretar para un caso en particular la siguiente guía.

PASO 1.

Determinar los parámetros de Iluminación

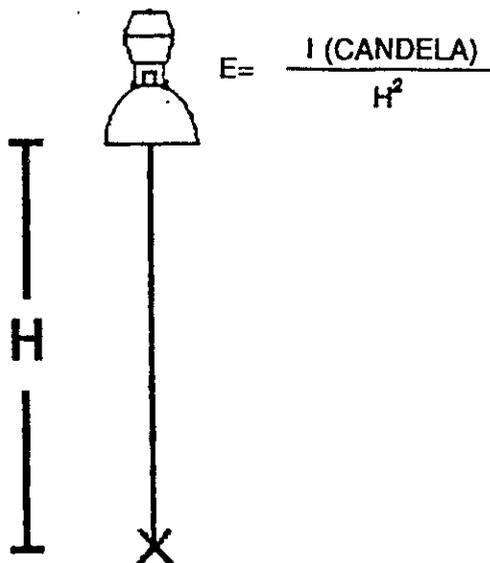
- Area a iluminar
- Tarea visual a realizar
- *Distinción de colores*
- Clasificación de zona
- Reflexiones de piso
- Reflexiones de techo
- Reflexiones de paredes
- Altura del cuarto
- Altura del plano de trabajo
- Definición de las alturas de cavidad de cuarto, de cavidad de piso y cavidad de techo



Hct = Altura cavidad de techo
Hcc = Altura cavidad de cuarto
Hcp = Altura cavidad de piso

PASO 2.

Es necesario calcular la intensidad luminosa a cero grados vertical para seleccionar adecuadamente el luminario propuesto.



$$I_{0v} = E \times D^2$$

$$I_{0v} = E \times hcc^2$$

PASO 3.

Con los parámetros anteriores es posible determinar el tipo de luminario, si es incandescente, fluorescente, mixta, H.Q.I. o H.D.I con vapor de sodio a alta o baja presión, vapor de mercurio o aditivos metálicos. También se seleccionara la potencia de la lámpara y por tanto los lúmenes iniciales de la misma.

PASO 4.

Ahora tenemos la posibilidad de determinar el número de luminarios con la siguiente fórmula:

PARA CALCULO DE INTERIORES

$$E = \frac{(lm / Lum)(No. Lum)(C.U.)(F.M.)}{AREA}$$

Se destaca que esta fórmula es usada para el cálculo en lugar a iluminar que estén cerrados, pero para el cálculo de exteriores, calles, estadios, etc. se tendrá que hacer uso de la siguiente fórmula, igual en el caso de proyectores.

PARA CALCULO DE EXTERIORES

$$E = \frac{(lm / Lum)(No. Lum)(C.U.)(F.M.)}{(Esp. entre lum)(Ancho de la calle)}$$

PARA CALCULO CON PROYECTORES

$$E = \frac{(\text{Im del haz})(\text{No. Lum})(\text{C.U.})(\text{F.M.})}{\text{AREA}}$$

PASO 5.

Determinación del C.U. que significa coeficiente de utilización, el cual depende de la altura del plano de trabajo, de la luz absorbida por el luminario y la absorción de techo, piso y paredes del cuarto, por tanto depende de la altura, ancho acabado y color del cuarto.

Para determinar el C.U. existen dos métodos; el método de índice de cuarto y el método de cavidad zonal, el primero hace uso de la siguiente fórmula:

$$Ic = \frac{\text{AREA}}{\text{Hcc (LARGO + ANCHO)}}$$

con la cual y en caso de tener las tablas se puede leer directamente el C.U.

El método más común y preciso es el de cavidad zonal, en él es necesario utilizar la siguiente fórmula además del uso de las tablas correspondientes; las cuales se encuentran en la información fotométrica de cada luminario:

$$\text{R.C.R.} = \frac{5 \times \text{Hcc (LARGO + ANCHO)}}{\text{AREA}}$$

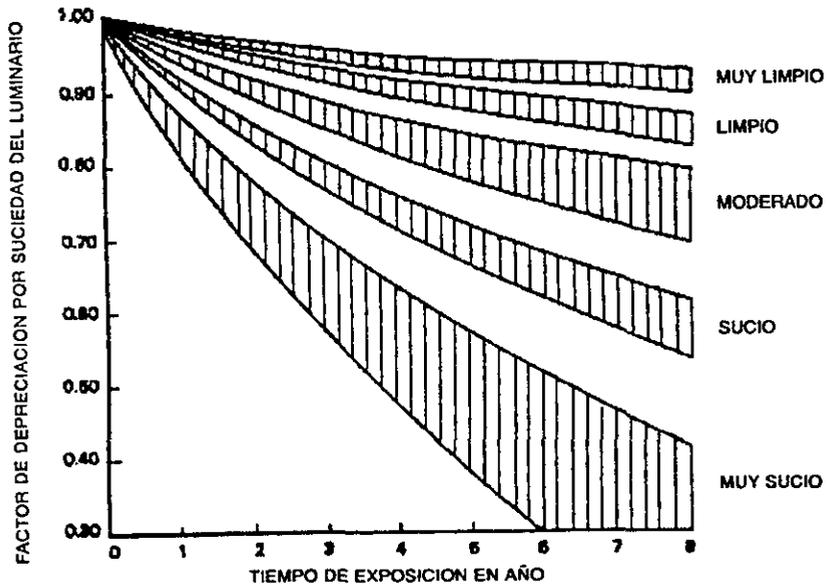
obteniendo el valor de R.C.R. (Relación de Cavidad de Cuarto) y con las reflectancias de piso, techo y pared que se estimaron llegamos al valor del C.U. Si se requiere de hacer una interpolación de los valores, debe hacerse, ya que es significativo para posteriores resultados.

PASO 6.

Determinar el F.M. (Factor de mantenimiento) con el uso de la siguiente fórmula:

$$F.M. = L.L.D. \times L.D.D.$$

donde debe considerarse el L.L.D. (Factor de Depreciación de Lúmenes en la Lámpara) como el valor porcentual resultante del flujo luminoso de la lámpara al 70% de vida entre el flujo luminoso inicial, datos que son proporcionados por el fabricante de lámparas.

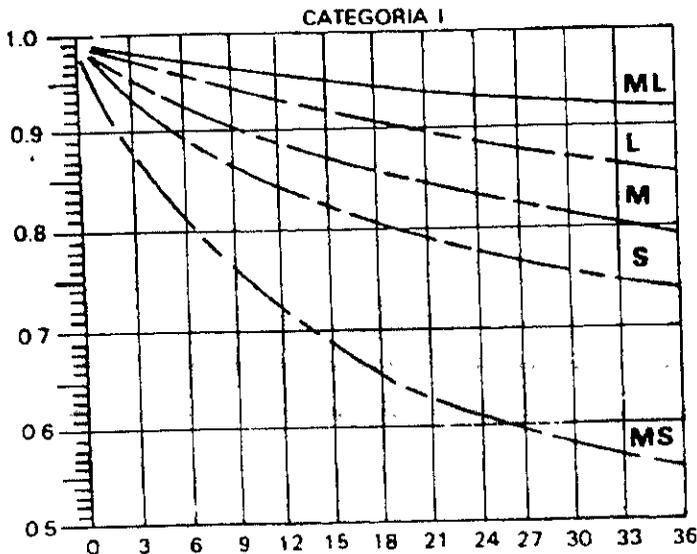


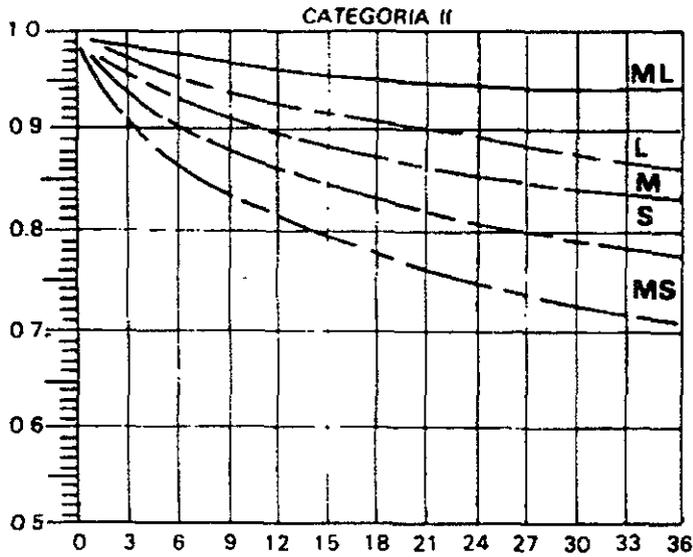
Para el cálculo del L.D.D. (Factor de Depreciación por Suciedad en el Luminario) se requiere observar las condiciones de suciedad en los luminarios y las categorías de mantenimiento que se origina de las envolventes superior e inferior de cada uno de ellos, estos datos son proporcionados por los fabricantes de cada luminario. En forma general las siguientes tablas muestra los de condiciones de suciedad y categorías de mantenimiento.

DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE SUCIEDAD EN LOS LUMINARIOS

	MUY LIMPIO	LIMPIO	MEDIO	SUCIO	MUY SUCIO
SUCIEDAD GENERADA	NINGUNA	MUY POCO	NOTORIA PERO NO PESADA	SE ACUMULA CON RAPIDEZ	ACUMULACION CONSTANTE
SUCIEDAD AMBIENTE	NINGUNA O EN SE LE PERMITE ENTRAR	ALGUNA (CASI NO ENTRA NADA)	ALGO ALCANZA A ENTRAR EN EL AREA	GRANDES CANTIDADES	EXISTE DE TODO
REMOCION O FILTRACION	EXCELENTE	MEJOR QUE EL PROMEDIO	MAS BAJO QUE EL PROMEDIO	SOLO VENTILADORES SI ES QUE HAY	NINGUNA
ADHESION	NINGUNA	NINGUNA	SUFICIENTE PARA QUE SEA VISIBLE DESPUES DE ALGUNOS MESES	ALTA, PROBABLEMENT E CAUSADA POR ACEITES, HUMEDAD O ESTATICA	ALTA

CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO	ENVOLVENTE SUPERIOR	ENVOLVENTE INFERIOR
I	NINGUNA	NINGUNA
II	NINGUNA TRANSPARENTE CON 15 % O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVEZ DE ABERTURAS TRANSLUCIDO CON 15 % O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVEZ DE ABERTURAS OPACO CON 15 % O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVEZ DE ABERTURAS	NINGUNA LOUVERS O BAFLES
III	TRANSPARENTE CON MENOS DE 15 % DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVEZ DE ABERTURAS TRANSLUCIDO CON MENOS DE 15 % DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVEZ DE ABERTURAS OPACO CON MENOS DE 15 % DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVEZ DE ABERTURAS	NINGUNA LOUVERS O BAFLES
IV	TRANSPARENTE SIN ABERTURAS TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS OPACO SIN ABERTURAS	NINGUNA LOUVERS
V	TRANSPARENTE SIN ABERTURAS TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS OPACO SIN ABERTURAS	TRANSPARENTE SIN ABERTURAS TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS
VI	NINGUNA TRANSPARENTE SIN ABERTURAS TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS OPACO SIN ABERTURAS	TRANSPARENTE SIN ABERTURAS TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS OPACO SIN ABERTURAS





Las categorías de mantenimiento y condiciones de suciedad son relacionadas en gráficas como las anteriores, en las que partimos en el eje de las X, con el número de meses en que se realiza un mantenimiento (limpieza) de los luminarios, es posible suponer 18 meses, en caso de desconocer la cifra; trazando una línea vertical e interceptando la curva correspondiente de suciedad, nos da en el eje de las Y el resultado del L.D.D.

Con los resultados anteriores C.U. y F.M. tenemos todos los datos requeridos en la fórmula del número de luminarios, por lo cual es posible resolverla y deberá elevarse el resultado al entero siguiente que convenga a la distribución de los luminarios.

<p>LAMPARA B-40 CON REFLECTOR BIFURCADO ANCLAJADO: CUTOFF A 45°</p>	<p>IV 0.7 90° 1 0° 1</p>	<p>GABINETE CUADRADO CON GABINETE OBLIQUO</p>	<p>V 1.2 150° 1 90° 1</p>	<p>UNIDAD DE EMPOTRAR CON REFLECTOR PRISMÁTICO VENTILADO</p>	<p>IV 1.7 90° 1 0° 1</p>
<p>PIRÓMULO DE 22° DE ANG. TURA</p>	<p>IV 0.7 90° 1 0° 1</p>	<p>BIENCLAVADO UNIDAD CON LAMPARA DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA CON REFRACTOR INTERNO DE CRISTAL PRISMÁTICO Y CON TUBO DE ACRILICO PRISMÁTICO EXTERIOR</p>	<p>V 1.2 90° 1 0° 1</p>	<p>UNIDAD FLUORESCENTE TIPO INDUSTRIAL</p>	<p>IV 1.2 225° 1 90° 1</p>

PASO 7

La distribución de los luminarios se hace en base al área a iluminar y el número de luminarios antes calculado. Si la distribución puede ser regular, es decir, que no requiere de áreas de iluminación concentrada con los mismos luminarios, la situación se facilita ya que un arreglo uniforme siempre es la mejor solución, ya sea de forma cuadrada, rectangular, tresbolillo, parrilla o cualquier otra. Es preciso el cálculo del espaciamiento teórico, el espaciamiento máximo y el criterio de espaciamiento usando los siguientes datos:

$$St = \sqrt{\frac{\text{LARGO} \times \text{ANCHO}}{\text{No. DE LUM.}}}$$

$$S_{real} \leq S_{max}$$

$$S_{max} = S.C. \times h_{cc}$$

donde

St = Espaciamiento teórico

Sreal = Espaciamiento real instalado o a instalar

Smax = Espaciamiento máximo permitido

S.C. = Criterio de espaciamiento, proporcionado por el fabricante en las curvas fotométricas, depende de la apertura de la curva de iluminación, cerrada, abierta o extensiva.

Hcc = Altura de cavidad de techo

Si es un arreglo rectangular, lo cual es común, el número de columnas y renglones se determina de la siguiente forma:

$$\text{No. de columnas} = \frac{\text{ANCHO}}{St}$$

$$\text{No. de renglones} = \frac{\text{No. de lum.}}{\text{No. de columnas}}$$

en casos diferentes se puede realizar un arreglo preliminar en forma de rectángulo que sirva como base para el conocimiento teórico de los espaciamientos.

Como podemos observar en la siguiente gráfica los luminarios que colindan con las paredes del cuarto serán espaciados de las mismas con la mitad de la distancia teórica, debido a que la reflectancia de la pared induce una luz indirecta sobre la zona iluminada, para grandes reflectancias en paredes nuevas o con acabados claros y brillantes podemos reducir la distancia del luminario que colinda en la pared hasta 1/3 de la distancia teórica. Cabe hacer notar que dicha distribución teórica es susceptible a cambios obligados por la construcción del cuarto (columnas, travesaños, etc.) que interfieran en el espaciamiento teórico de los luminarios o bien por el diseño de la iluminación, por lo cual cada uno de los proyectos de iluminación debe ser estudiado de forma particular.

La comprobación del espaciamiento se realiza comparando el espaciamiento real con el espaciamiento máximo calculado, debiendo ser el primero igual o menor que el segundo. En caso de un mal resultado, se deberá tomar una segunda alternativa en la distribución de los luminarios hasta que la comparación de los espaciamientos de una respuesta satisfactoria.

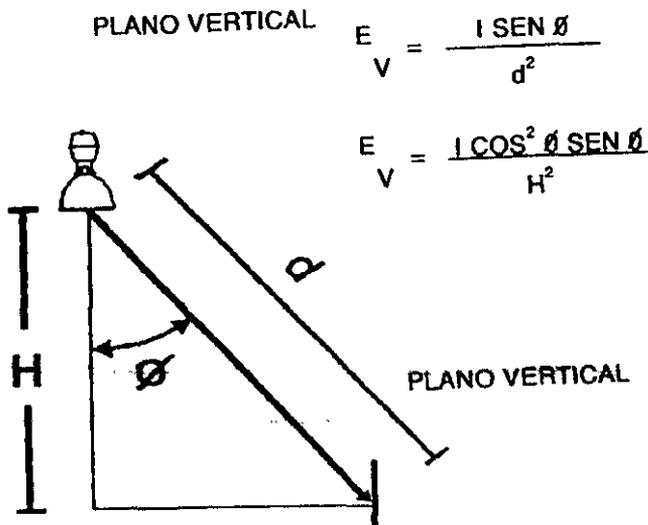
Cuando es necesario el uso de iluminación concentrada también se deberá tomar en cuenta como luz indirecta en la iluminación general, ya que afecta en la uniformidad de la iluminación y podría causar deslumbramientos innecesarios.

El método de Lumen sigue los mismos pasos para el cálculo de alumbrado en calles y el uso de proyectores.

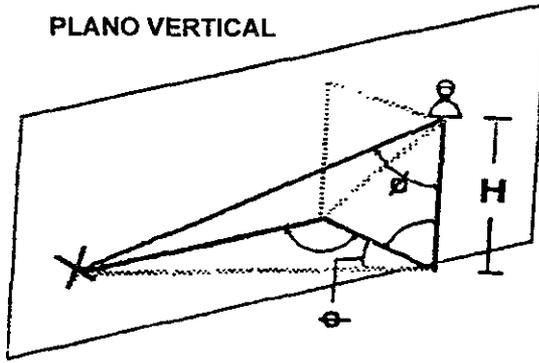
3.2 METODO PUNTO POR PUNTO

Para un mayor control en los niveles de iluminación el método punto por punto debe emplearse, y aunque resulte laborioso proporciona resultados más precisos que su antecesor. Para áreas irregulares significa la mejor alternativa ya que relaciona la iluminación dada por cada luminario a cada uno de los puntos particulares que se estudian.

Para entender de mejor manera lo anterior, la gráfica siguiente presenta la forma de calcular el nivel de iluminación para un punto arbitrario dado.



PLANO VERTICAL



$$E_V = \frac{I \cos^2 \theta \operatorname{sen} \theta \cos \theta}{H^2}$$

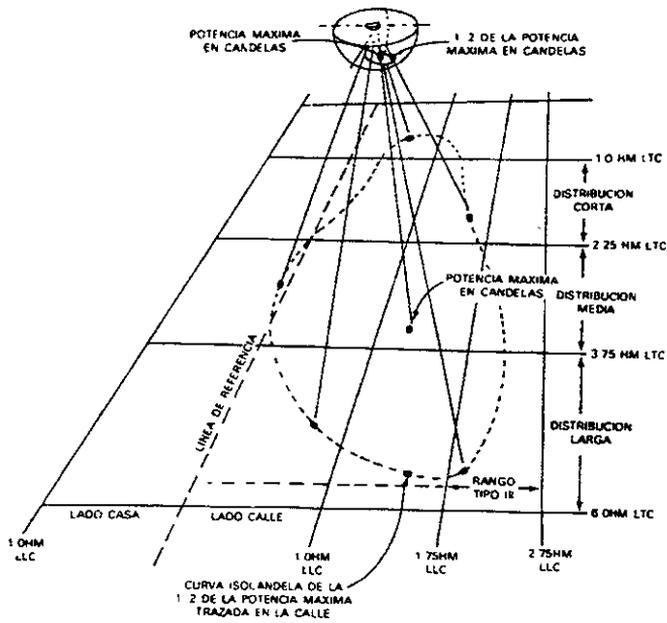
para resultados satisfactorios se ha comprobado que el simple cálculo de los luminarios circundantes al punto es suficiente. Para dicho cálculo se utilizan las siguientes fórmulas:

$$E = \frac{I \alpha}{H c c^2}$$

$$E = \frac{I \alpha \times \cos^3 \alpha}{H c c^2}$$

siendo la primera para el luminario que se encuentra en la posición vertical al punto estudiado ya que el $\operatorname{Cos} 0^\circ$ es igual a cero. La segunda fórmula (general) nos relaciona el ángulo α que se da entre la vertical del luminario y la línea que une a éste con el punto en estudio.

Para los cálculos de calles se utilizan los mismos métodos, sin embargo desde las curvas fotométricas se crean de manera diferente, por lo que las próximas ilustraciones nos muestran algunos parámetros de importancia, los cuales con el uso de las fórmulas anteriores nos llevan a los resultados correctos como veremos más adelante.

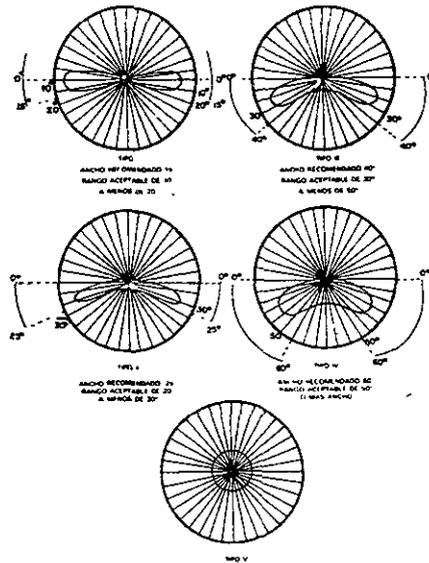


PRUEBA EFECTUADA CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA I.E.S Y NEMA

CURVA DE SONORIDAD PROMEDIO DE LOS LADOS DERECHO E IZQUIERDO

NUMEROS PROMEDIO DE LOS LADOS DERECHOS E IZQUIERDO

Altura (m)	48"	42"	36"	30"	18"	9"	0"	9"	18"	24"	32"	40"	48"	54"	Suma
48"	238 C.F.	60	52	20	4										138
42"	508 C.F.	87	62	34	67	11									321
36"	900 C.F.	136	124	106	89	72	9								536
30"		224	185	149	112	91	68	1							822
18"		357	283	205	136	99	82	6							1172
9"		542	383	255	157	100	65	5							1512
0"		642	408	283	154	103	81	6							1557
9"		400	217	218	133	83	68	2							1225
18"		250	208	148	98	75	75								805
24"	1000 C.F.	225	116	87	88	52	3								481
32"		67	61	54	47	5									273
40"	21000 C.F.	30	18	9	7										67
48"															
54"															
SUMA DE LAS ZONAS VERTICALES															
	2784	2763	1530	1064	796	601	16								8624



3.3 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Cuando los resultados nos dan varias alternativas de luminarios y lámparas, se puede decir que tenemos carta abierta para el diseño, por lo cual los factores que nos podrán alterar la decisión final son entre otros:

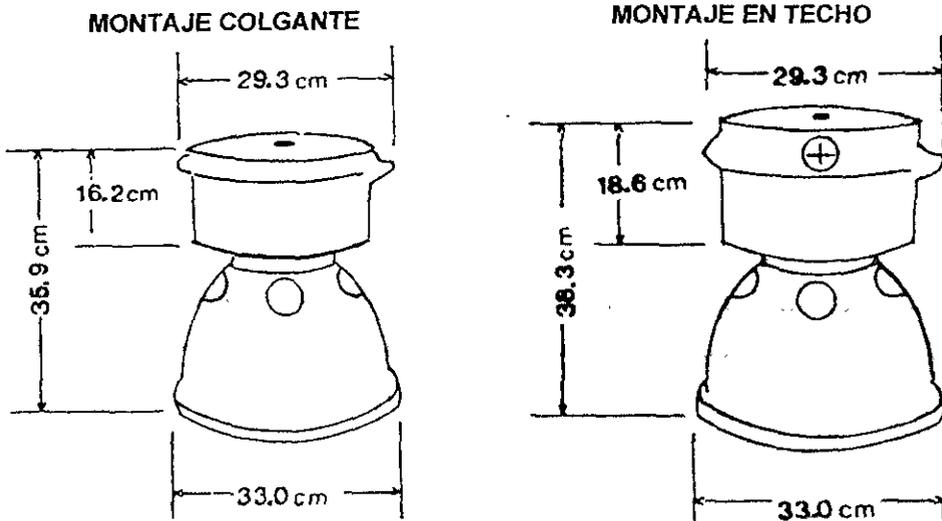
- Deseos específicos del cliente
- Tamaño y peso de los luminarios
- Valor de compra de los diferentes luminarios
- Valor de depreciación del luminario
- Costo de mantenimiento del luminario en un lapso de 5 años mínimo
- Calidad de los materiales con los que se fabrica el luminario

DESEOS ESPECIFICOS DEL CLIENTE

Entre los que se pueden encontrar algunas ideas que el cliente por conocimiento propio tenga en mente y este dispuesto a realizar. En un caso así se debe analizar objetivamente la propuesta, que en determinado momento podría llegar a ser aceptable, en caso contrario se deberá como obligación ética intentar hacer entender al cliente que tal idea no es adecuada, pero deberá hacerse con el razonamiento lógico que convenza.

TAMAÑO Y PESO DE LOS LUMINARIOS

Cuando tenemos la opción como diseñadores de poder colocar varios tipos o marcas de luminarios que mantengan las características de iluminación, pero varíen en forma tamaño o peso de los mismos, se deberá analizar esto como punto aparte. Aunque la decisión normalmente es fácil, se deberá de recurrir a todas las personas implicadas, el cliente, el usuario, el personal de mantenimiento, y por supuesto uno mismo, el diseñador. La importancia de este punto radica en que se pueden ahorrar gastos de instalación, mantenimiento, montaje y que podemos ayudar a la arquitectura del inmueble o área a iluminar. Cabe mencionar que con un luminario menos pesado, la estructura que lo soporta podrá ser más ligera y menos costosa, por ejemplo.



VALOR DE COMPRA DE LOS DIFERENTES LUMINARIOS

También existe la posibilidad que nos brinda el libre mercadeo, la experiencia indica que existen dos o más productos de la misma calidad a diferentes precios, aunque no suena lógico, la competencia entre marcas hace que la ley de la oferta y la demanda afecte a sus productos y a los consumidores, aunque de vez en cuando resulta engañoso, por lo cual hay que verificar que la calidad del luminario en cualquiera de las marcas sea adecuada para nuestros propósitos, ya que es preferible una mayor inversión a los problemas y gastos de una compra de mala calidad.

VALOR DE DEPRECIACION DEL LUMINARIO

Cuando tenemos la oportunidad de escoger entre diversos luminarios, todas sus características son de importancia en la comparación de ellos, una de las más importantes resulta ser la depreciación, ya que la inversión puede ser riesgosa por un mal funcionamiento a corto tiempo o una baja en el nivel de iluminación, lo cual no garantiza todo el trabajo que hemos calculado. Podrá resultar que nuestros cálculos indiquen ciertos niveles y que una vez montada la instalación estos sean significativamente más bajos, la culpa seguramente será de la calidad de los luminarios que se hayan escogido, los cuales tal vez tengan ciertas características escritas por el fabricante, pero en la práctica no alcancen el 100% de eficacia, por lo que debemos hacer uso de las garantías de fabricación una vez revisados nuestros cálculos, los cuales pueden haber fallado.

COSTO DE MANTENIMIENTO DEL LUMINARIO

En el caso de los luminarios su tiempo de vida útil es largo, comparado con otros aparatos eléctricos, por lo que el mantenimiento suele no ser mayor de la limpieza periódica y el cuidado de las partes.

Sin embargo podrán existir luminarios que tengan imperfecciones con cierto periodo de tiempo corto, lo cual depende de la calidad de fabricación, de la instalación eléctrica o del montaje y las circunstancias, por lo cual estos factores deben verificarse para encontrar el problema y darle una solución definitiva, hasta llegar a tener un tiempo de mantenimiento normal.

CALIDAD DE LOS MATERIALES

Si los luminarios o la instalación eléctrica se hacen con materiales de baja calidad, es mayor el riesgo de hacer gastos posteriores de mantenimiento correctivo, los cuales siempre se traducen en pérdidas para el usuario, el cliente y el diseñador, lo más recomendable es comprar e instalar partes, luminarios, balastras, cable, tubería, estructura, etc. de la mejor calidad posible, aunque a veces resulte difícil por cuestiones de costo.

Lo anterior nos da una idea de un buen análisis de alternativas, las limitantes que tenemos y los problemas más usuales que pueden llegar a surgir, en general debemos llegar a un balance entre los costos de adquisición, montaje y mantenimiento y los gustos del cliente y los nuestros propios, todos basados en un análisis científico cierto y concreto.

3.4 COSTOS DE INSTALACION

Los costos de instalación incluyen:

- Estructura de montaje de luminarios (soportería)
- Instalación eléctrica
 - Tubería
 - Cableado
 - Conexiones
- Medios de protección y control de luminarios
- Medios de sujeción que faciliten el mantenimiento de los luminarios

Los factores anteriores se pueden cotizar en el mercado de una manera sencilla, resultaría obsoleto el dar números en este momento, ya que dentro de algunos días no servirían de nada, debido a las variaciones de los precios, de la paridad peso-dólar, la devaluación etc., por lo que solo ejemplificaremos de manera resumida

ESTRUCTURA DE MONTAJE DE LUMINARIOS (SOPORTERÍA)

Es común que la estructura para el soporte de los luminarios sea ligera, dependiendo del diseño arquitectónico se recomiendan perfiles de acero, los cuales son de fácil adquisición en el mercado y bajo costo, además de gran resistencia. Los arreglos comunes son rectangulares o en forma de pirámide con la colocación de cuatro o seis perfiles concéntricos.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TUBERÍA

El uso de tubería para la instalación eléctrica es lo más usual en todos los niveles, ya que representan buena seguridad para evitar un corto circuito o algún desperfecto en la instalación, dentro de las losas y muros o colocada en el exterior es el factor que define el tipo de tuberías además de las conexiones, tees, codos, Y's, etc. Actualmente se ha incrementado el uso de canaletas de plástico en el uso doméstico, lo que nos evita ranurar muros y losas y evitan el gasto de las reparaciones en la obra civil. Para el ámbito industrial una buena opción son las charolas para cableado eléctrico, que permiten llevar de manera más cómoda el cableado y hacer las disyunciones necesarias, además de cambios posteriores sin tanta dificultad, normalmente se colocan desde el principio del proyecto, ya que requieren de soportería y espacio destinados especialmente para la charola. La charola para cableado se recomienda para evitar el calentamiento del cable, en los lugares que así se requiera.

CABLEADO

El cable para la instalación de los luminarios surge de saber las características del ambiente en que estos se instalarán, la carga requerida por el arreglo de luminarios nos indica el calibre del cable que debemos usar, la peligrosidad de explosión que hay en el ambiente nos dará el parámetro del tipo de aislamiento del cable y las condiciones necesarias de instalación, como número de cables entubados y otros factores que requieren de un estudio más especializado.

CONEXIONES

A nivel de industria, los materiales con los que se trabaja se recomienda y esta normalizado sean de alta resistencia, para evitar el peligro de un accidente o deficiencia en el servicio, por lo que las conexiones, apagadores y demás son creados para tal propósito. A nivel domestico o comercial existe mayor variedad en modelos y materiales, al igual que precios, por lo que es necesario hacer un análisis de la calidad y costo de ellos, además de cotizar el producto escogido con más de un proveedor.

MEDIOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE LUMINARIOS

Pastillas electromagnéticas y fusibles son lo más usado en este aspecto, su costo es bajo y funcionan de manera adecuada para este tipo de instalaciones en las cuales la carga no es demasiada, el cálculo para su selección es básico en el área y es fácil si se saben los conceptos. En caso de iluminaciones de gran consumo de carga se colocarán sistemas de protección especial como interruptores generales u otros según se requiera.

MEDIOS DE SUJECIÓN QUE FACILITEN EL MANTENIMIENTO DE LOS LUMINARIOS

En el caso de que los luminarios tengan una altura de montaje lo suficientemente alta para no poder dar mantenimiento de una manera práctica y segura, se deberán colocar sistemas de montaje los cuales sistemáticamente bajen los luminarios para su limpieza, mantenimiento reparación o reemplazo, otra forma es que dentro de la estructura de montaje se diseñe la forma de alcanzar los luminarios por el personal de mantenimiento, lo cual resulta en costo ser más bajo.

CAPITULO 4

USO DE SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA EL ANALISIS, CALCULO Y PRESENTACION DEL PROYECTO.

4.1 CONOCIMIENTO DEL SOFTWARE

El alto desarrollo que ha tenido el uso de las computadoras en las últimas dos décadas, es manifestado en todo el software (programas de aplicación) que se encuentran en el mercado y que día con día aparecen para más y más aplicaciones. Por tanto, dentro de una computadora es posible y común encontrar programas que nos sirvan para escribir documentos, hacer operaciones matemáticas básicas y de gran complejidad, realizar dibujos, bocetos, diseños, páginas especiales de manera profesional con amplia variedad de colores, texturas, marcas, etc. Pero el software especializado lo encontramos por áreas, es decir, existe software para carreras de derecho, el cual puede administrar, clasificar y seleccionar información de cada caso según el usuario lo pida, software para carreras contables y administrativas, que se encarga de procesar la información de tal manera que se entreguen las cuentas de ingresos y gastos por separado en un balance general o la relación del pago de nóminas de un sin número de trabajadores con tan sólo la necesidad de algunas cuantas instrucciones. A medida que la tecnología ha avanzado en el ámbito de computadoras, se encuentran títulos con base en multimedia que permiten cosas extraordinarias, como la intervención quirúrgica simulada de algún órgano importante dentro de la medicina, lo cual permite a los doctores ensayar de manera segura la intervención sin poner en riesgo a algún ser viviente. Simulaciones de las fuerzas de la tierra sobre proyectos de construcción, o el comportamiento de fluidos en tuberías o ductos especiales, son algunos casos dentro de la ingeniería que también se hacen con el uso de computadoras y el software indicado, así pues existe la oportunidad de utilizar un programa que procese, calcule y de como resultado los datos y la simulación para niveles de iluminación.

Los fabricantes de este tipo de software normalmente son marcas especializadas en ese trabajo, aunque la tendencia es que las empresas relacionadas con el fondo del programa, creen sus programas propios con la contratación de profesionales capaces de programas software que se adecue a sus necesidades, tal es nuestro caso, en donde las marcas de iluminación estudiadas han resuelto formar un paquete de programas que ayudan no sólo al área de ingeniería de sus plantas, sino también a los grandes consumidores y distribuidores de sus productos.

Osram, marca líder en el mercado de las lámparas creó en 1998, su software-catálogo que muestra de manera interactiva todos sus productos clasificados de la misma manera que el catálogo escrito, además de algunos detalles de multimedia que enseñan o aclaran a los usuarios los conceptos básicos de la iluminación. Desde el nombre del producto hasta el número de unidades embaladas por caja, son datos que Osram muestra en este su actual catálogo, con versión en disco compacto que permite almacenar el gran número de información necesaria para dar un resultado tan bueno como el dado. La forma de poder observar el catálogo es ponerse en contacto directo con la marca o alguno de sus grandes proveedores, ya que no existe un gran tiraje de este CD.

Otra marca líder de gran importancia para los diseñadores e ingenieros en iluminación es Holophane, la cual produce luminarios y lámparas con óptima calidad. Esta marca en especial creó hace algunos años el software que nos interesa en realidad, tal programa tiene la capacidad de calcular de manera precisa la iluminación dentro o fuera de un inmueble, en calles, avenidas, con reflectores y cualquier diseño especial que nosotros tengamos en mente, con sólo introducir los valores y datos que se piden en un proceso sistemático bien planeado que facilita su ejecución y uso para todos los niveles de la ingeniería de iluminación.

Entraremos con mayor detalle en el siguiente apartado, el cual nos muestra paso a paso el uso del software creado por Holophane.

4.2 EL PASO A PASO DE CALA

4.2.1 INTRODUCCION

El cálculo complejo de la iluminación que se estudió en los capítulos anteriores, se puede sintetizar para el usuario en el uso de la computadora, la cual con el software indicado ahorra tiempo y esfuerzo, además de disminuir el riesgo de errores, aunque no es necesario tener todos los conocimientos del cálculo como antecedente, se recomienda estudiar los conceptos de iluminación antes de hacer uso del programa ya que son necesarios para la introducción de datos y el análisis de alternativas y distribución dentro del mismo.

El programa se encuentra en el entorno de DOS (Sistema Operativo básico en computadoras de la línea IBM y compatibles), la ejecución del programa requiere de poca inversión, un procesador compatible a IBM, serie 286 y posteriores, 5 Mbytes en disco duro y 4 Mbytes en RAM, en general son suficientes para su uso, aunque a mayores capacidades y velocidades de procesamiento el programa se ejecuta de manera más dinámica y se reduce el tiempo de entrega de los resultados.

CALA, como se ha denominado el software por la marca creadora, significa un programa de análisis de iluminación asistido por computadora, según sus siglas en inglés (Computer Aided Lighting Analysis), el cual está diseñado por medio de menús y sub menús *que llevan de la mano al usuario para la realización de los cálculos de iluminación.*

CALA nos presenta dos cálculos principales preCALA, el primero, con el cual podemos dar una aproximación de los cálculos y CALA, en el cual se detalla el cálculo y por medio de interacciones finitas se muestran los resultados en forma estadística, gráfica y específica de tal o cual cálculo.

El uso de preCALA está basado en el método de Lumen para el cálculo de la iluminación, mientras que de manera más extensa y precisa se utiliza CALA, el cual por medio del método Punto Por Punto es calculado.

Sea cualquiera de estas opciones el programa permite hacer los cálculos más útiles en la práctica; la siguiente clasificación es el entorno a iluminar; interiores, exteriores, calles y avenidas, iluminación con reflectores, en preCALA; mientras en CALA, se debe crear de forma arbitraria el área que queremos iluminar, lo cual depende de la creatividad y visión del diseñador.

4.2.2 INSTALACION Y ENTRADA AL PROGRAMA

PASO 1

El programa debe de ser instalado en la computadora de manera correcta, teniendo todos los archivos en los directorios adecuados, según la tabla siguiente:

DIRECTORIOS BASICOS INSTALADOS PARA EL USO DE CALA

DIRECTORIO	SUBDIRECTORIO	OBSERVACIONES
C:\CALA		Los archivos mínimos del programa para su buena ejecución deben ser aproximadamente 70, los cuales pueden variar de acuerdo a los archivos CJ y OJ que significan los archivos de trabajo de uso y los de almacenamiento, por tanto pueden ser más menos 20 archivos
C:\PHOTO	C:\PHOTO\PFZ • • • C:\PHOTO\PFZ	Este tipo de directorios encierran las fotometrias de los luminarios y sus lamparas, se encuentran clasificados por tipo de luminario y sene segun Holophane, en estos se pueden crear o añadir fotometrias por lo que el número de archivos en cada subdirectorio vana de acuerdo a eso

PASO 2

Una vez instalado el programa, desde el "prompt" del sistema operativo

C:

y con instrucciones de DOS, se debe introducir el directorio de CALA, de la siguiente forma:

C:\cd CALA ↵

PASO 3

La siguiente instrucción nos permite abrir el programa, ya que es la instrucción de inicio:

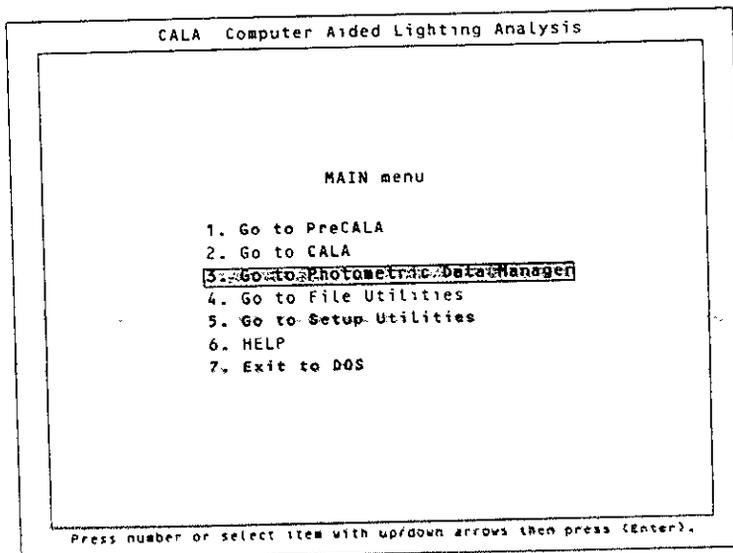
C:\CALA>Cala ↵

ahora sí, nos encontramos en el ambiente de CALA, donde se encuentra el menú principal.

4.2.3 USO DEL PROGRAMA

4.2.3.1 MENU PRINCIPAL

Ya dentro del ambiente de CALA, aparece la pantalla de la forma siguiente:



nos enseña el MENU PRINCIPAL, con las opciones vistas en la figura. A continuación explicaremos cada una de ellas, en las cuales entraremos posteriormente:

1. **Go to PreCALA.** Nos permite entrar al programa de Precala, donde por medio del Método de Lumen nos podemos aproximar a resultados de niveles de iluminación de una manera rápida y sencilla, sin tener que detallar sobre los datos que se requieran.
2. **Go to CALA.** La entrada a CALA, desde la cual posteriormente se analizará y calcularán los niveles luminosos a mayor detalle y con total precisión.
3. **Go to Photometric Data Manager.** El ordenador de datos fotométricos permite revisar los archivos de las fotometrías de los luminarios y lámparas, así como las opciones:
 - Crear otro archivo fotométrico desde el teclado
 - Revisar y editar algún archivo fotométrico
 - Actualizar los índices PF de fotometría
 - Imprimir tales índices
 - Imprimir un reporte fotométrico
 - Copiar archivos fotométricos entre directorios
 - Borrar archivos fotométricos
 - Otras utilidades
 - Importación de datos
 - Conversión de archivos.
- 4 **Go to File Utilities Menu.** El Menú de Utilidades de Archivo, permite entre todas sus opciones:

- Copiar un trabajo actual (archivos CJ Current Job) a otro trabajo actual
- Copiar un trabajo actual a un folder de trabajos viejos, lo cual es importante saber, ya que cada folder de trabajos viejos tiene una capacidad de 20 trabajos actuales, con lo que es posible almacenar hasta 420 trabajos dentro del mismo programa, sin necesidad de otro tipo de almacenamiento como disquetes flexibles.
- Borrar un trabajo actual
- Copiar un trabajo viejo (archivos OJ Old Job) a otro trabajo viejo
- Imprimir el índice de los folders de trabajos viejos
- Borrar un trabajo viejo
- Editar el índice de los folder de trabajos viejos (OJ)
- Editar el índice de las directorios de fometrias
- Formatear un disquete

5. **Go to Setup Utilities.** Este Menú de Utilidades del Organizador, nos permite las siguientes operaciones generales:

- Organizar los datos de la Compañía o usuario, tales como Nombre de la Compañía, Departamento, Dirección, Número Telefónico, Personal encargado del programa, y rutas de acceso al programa, tanto de los archivos de fometría como de los archivos de imágenes con formato DXF. Todos estos datos son importantes ya que Holophane debe cuidar la distribución del programa, para evitar que competencias desleales hagan uso del mismo sin pagar los derechos correspondientes de uso.
- Modificar los colores de la pantalla (Cuando se tiene un monitor a color), esta opción nos permite modificar todos los colores para de esta manera trabajar en un ambiente cómodo de color.
- Designar la configuración del equipo con el cual se está trabajando, desde el monitor, a color, blanco y negra, resolución; también la impresora, los punteros, la sensibilidad de los mismos y los puertos de conexión con sistemas periféricos

- Configurar las opciones de impresión, para que posteriormente al momento de imprimir un reporte de iluminación y los resultados podamos imprimir un título, una gráfica un arreglo, los resultados estadísticos u otras opciones que se encuentran en este menú.
- La versión de CALA está diseñada para su uso en diversos países en donde el uso de algunas unidades métricas son diferentes, por tanto este programa tiene la opción de cambiar la versión a los siguientes países:
 - Estados Unidos, Australia, Canadá y Europa

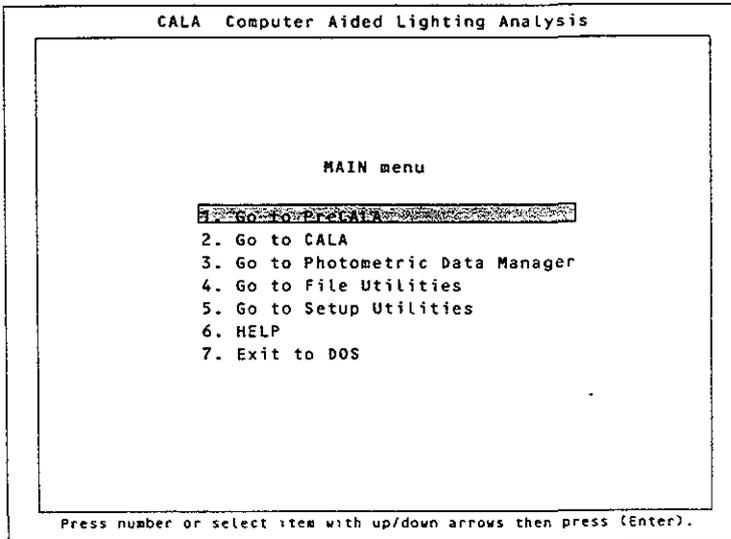
6. **HELP.** El menú de ayuda puede ser visto desde cualquier momento por medio del comando F1, y la ayuda aparecerá referente a la pantalla en donde estemos ubicados, pero de manera general la Ayuda se presenta de la siguiente manera:

- Una presentación de la ayuda así como sus instrucciones generales, debajo de ello se encuentran dos comandos que pueden ser elegidos mediante el teclado de movimiento (← ↑ → ↓), los cuales nos permiten salir de la Ayuda o entrar al Menú de Ayuda.
- *Menú de Ayuda.* En el existen más de 50 tópicos o temas en los cuales el uso de la ayuda puede ser frecuente, se muestra como un índice y basta seleccionar con las teclas de movimiento el tema requerido y dar Enter al teclado (↵).
- Dentro de cada uno de los temas, pueden aparecer comandos en la parte inferior a la izquierda que nos indiquen la existencia de otro tema relacionado o de más información, además de un glosario que se indica cuando los términos usados en la explicación del tema son difíciles de entender, al igual que siempre el comando de salida de la Ayuda

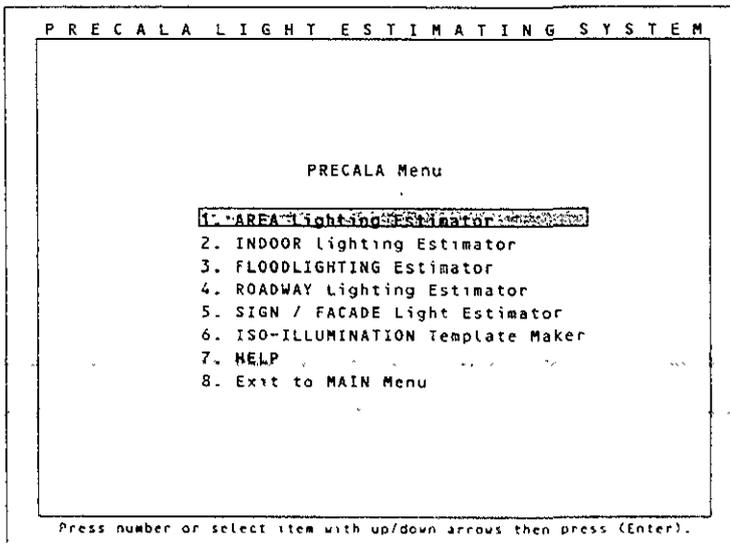
7. **Exit to DOS.** Esta opción sirve para finalizar la sesión con el programa CALA, ya que nos regresa al ambiente de sistema operativo, se recomienda revisar que los trabajos hayan sido salvados si así se requiere antes de utilizar esta opción.

4.2.3.2 PRECALA

1. Seleccionar Go to Precala en el Menú Principal



2. Seleccionar el área a iluminar en el Menú de PrecALA



AREA Lighting Estimator. Estima la iluminación en un área abierta. En donde aparecerá la siguiente pantalla. Cabe mencionar que en PreCALA, lo datos que requiere el programa para el cálculo se encuentran con fondo oscuro, mientras que los demás van cambiando de acuerdo a los datos que nosotros le proporcionemos.

AREA LUMINAIRE ESTIMATOR

File name: *****BLANK***** Lumen's/Luminaire: **1000** LLF: **1.00**
 Catalog No: Please select a Luminaire from a directory.
 Comment:

Calculation based on Luminaires spaced uniformly over entire area.

Mounting height..... **35.00**
 Length..... **100.00**
 Width..... **100.00**
 Average..... **1.0000**
 No. of Luminaires... **1.00**
 CU: 0.500 Area/Lum.: 10000
 Theoretical Spacing: 20.00
 Maximum Spacing: 20.00

Press (F1) for a HELP Screen

- **File Name.** Debemos proporcionar en este espacio el nombre del archivo de fotometría del luminario y lampara seleccionada, con la tecla → podemos entrar al menú de archivos de fotometría:

INDEX OF PHOTOMETRIC FOLDERS (PFs)

<p>A PPF: APPOINTMENT (in Drive A) D PFD: DIAMOND (CUBIC, ROUND, PALL) E PFE: EMERGENCY (5000, 6151, 6800, 6600, HLC, REALITE, 6200) F PFF: COMMERCIAL (ALS, A.N.S., W253A.P., MERCURINE, ROUND PALS) G PFG: BANTAN (SHALL, LOBAY, CRANLITE, PRISM GLO, ENDURALUM) H PFH: INDUSTRIAL (KINSACK, PRISMALUMES, WAREHOUSE) I PFI: INDUSTRIAL (SUBSTATION, RETRO, HX, OPEL) J PFIJ: EXTERIOR (WALLPACK, WALLPACKETTE, MODULE, SPARKPACK) K PFK: EXPRESSION (LISA, PRISMASPHERE, NSI, VENUS, PARKLANE) L PFL: SARASIS (WAVEAIR, REFRACTOPACK, COBRAHEAD, SUBURBAN) M PFM: VECTOR (AGUILA, HALCON, PRISMALOOD, VECTOR, FLOOD, SMALL) N PFN: INDUSTRIAL (SUBSTATION) O PFO: EXTERIOR (PARKPAK) P PFP: EXTERIOR (PARKLANE) Q PPFQ: EXTERIOR (PARKLANE) R PFR: EXTERIOR (PARKLANE) S PFS: EXTERIOR (PARKLANE) T PFT: EXTERIOR (PARKLANE) U PFU: EXTERIOR (PARKLANE) V Pfv: EXTERIOR (PARKLANE) W PFW: EXTERIOR (PARKLANE) X PFX: EXTERIOR (PARKLANE) Y PFY: EXTERIOR (PARKLANE) Z PFZ: EXTERIOR (PARKLANE)</p>	<p>Press A or D-2 to select a Photometric folder (PF_).</p> <p>Press B if you wish to BLANK out a previous selection in LAYOUT.</p> <p>You may also select a Photometric Folder with the Mouse or arrow keys, then press (Enter).</p> <p>Press (F1) for HELP.</p> <p>Press (Esc) to exit this display.</p>
---	--

en el cual se encuentran las instrucciones para seleccionar el archivo, después de seleccionado dar Enter (↵).

```

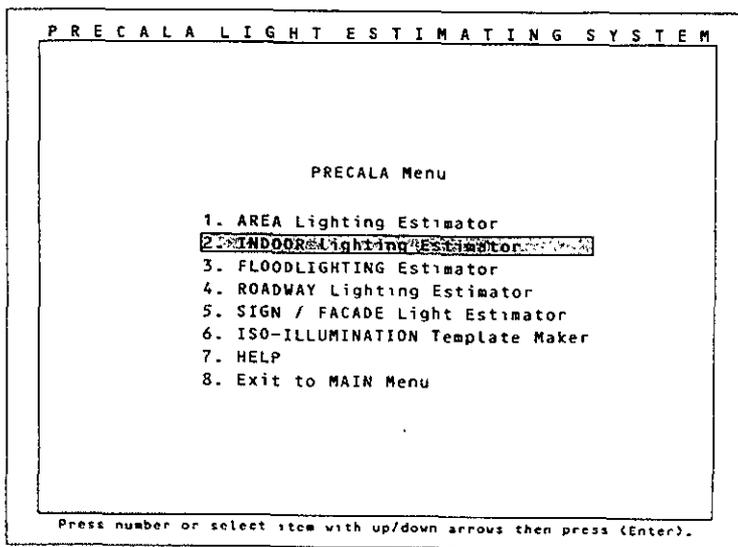
=====
PHOTOMETRIC FILES IN DIRECTORY PFE
=====
RETURN
E:18708-P 6000-438 HOLOPHANE 2'x 4' TROFFER F48T12/CW 38 W. COOL WHITE
E:18708 6000-440 HOLOPHANE 2'x 4' TROFFER F48T12/CW 40 W. COOL WHITE
E:23127-A 6151-238 HOLOPHANE 1'x 4' TROFFER F48T12/CW 38 W. COOL WHITE
E:19166-A 6151-240 HOLOPHANE 1'x 4' TROFFER F48T12/CW 40 W. COOL WHITE
E:24917-BH 6151-275 HOLOPHANE 1'x 8' TROFFER F96T12/CW 75 W. COOL WHITE
E:20926 6163-240 HOLOPHANE 1'x 4' TROFFER F48T12/CW 40 W. COOL WHITE
E:35891 6200-140 HOLOPHANE PERCEPTA 1 x 40 W. FLUOR. F48T12-40 MEXICO
E:21053 6250-640 HOLOPHANE 2'x 4' TROFFER F48T12/CW 40 W. COOL WHITE
E:24918-M 6251-240U HOLOPHANE 2'x 2' TROFFER F48T12/CW/U 40 W. COOL WHIT
E:24917-A 6251-420 HOLOPHANE 2'x 2' TROFFER F24T12/CW 20 W. COOL WHITE
E:23127-B 6251-438 HOLOPHANE 2'x 4' TROFFER F48T12/CW 38 W. COOL WHITE
E:23127 6251-440 HOLOPHANE 2'x 4' TROFFER F48T12/CW 40 W. COOL WHITE
E:24917-HB 6251-475 HOLOPHANE 2'x 8' TROFFER F96T12/CW 75 W. COOL WHITE
E:19254-B 6600-420 HOLOPHANE ,SERIE 6600 4-F20CW 20 WATTS FLUORESCENT H
E:19254-A 6600-440 HOLOPHANE ,SERIE 6600 4-F40CW 40 WATTS FLUORESCENT H
E:19915-C 6800-234 HOLOPHANE REALITE II HOLOPHANE MEXICO 19915-C -----
E:41133-M 6800-238 HOLOPHANE REALITE II F48T12/CW HOLOPHANE MEXICO 4113
E:19915-A 6800-240 HOLOPHANE REALITE II F48T12/CW HOLOPHANE MEXICO 1991
E:19915-B 6800-274 HOLOPHANE REALITE II 1'x 8' TROFFER F96T12/CW 74 W. C
E:24918-W 81-234 HOLOPHANE 1'x 4' TROFFER 34W/T12/SS/AR/BL 34 W. LITE WH
E:24918-2 81-240 HOLOPHANE 1'x 4' TROFFER F48T12/CW 40 W. COOL WHITE ME

```

De nuevo en la pantalla de AREA LUMINAIRE ESTIMATOR de PreCALA , podemos comprobar los resultados del archivo de fotometría de Lumens/Luminaire (Lúmenes por luminario) y L.L.F. (Factor de Depreciación del Luminario), los cuales incluso se pueden corregir en caso de que algún adelanto técnico en la fabricación del luminario así lo indique, dato que e fabricante debe proporcionar.

- **Comment.** El comentario sobre el tipo de luminario y correcciones que se hayan realizado en los datos anteriores, se puede insertar en esta línea
- **Mounting height.** Especifica la altura de montaje de los luminarios
- **Length.** Es la profundidad del área que se quiere iluminar, en la gráfica de la izquierda se puede observar la orientación del área
- **Width.** El ancho del área, las unidades de anchura y profundidad no requieren de unidades (métricas o inglesas), pero se debe respetar su uso, es decir que si el ancho está en metros, la profundidad deberá estarlo también.

- **Average.** El promedio del nivel de iluminación en el área lo debemos proporcionar en luxes.
- **No. de Luminaires.** Es la cantidad de luminarios con la que el nivel de iluminación en luxes anterior se cumple. Estos dos factores se convierten en variables y al cambio de uno cambia el otro, por lo que depende del parámetro que se requiera para saber el resultado del otro factor.
- **C.U., Area/lum, Theoretical Spacing y Maximum Spacing.** Son resultados alternos que con las asignaciones anteriores se estiman. El Coeficiente de Utilización, el área iluminada por cada luminario, el espaciamiento teórico y el espaciamiento máximo que debe existir entre cada uno de los luminarios.



INDOOR Lighting Estimator. Estima la iluminación en un área cerrada con los parámetros de reflexión de piso, techo y paredes

En donde aparecerá la siguiente pantalla.

INDOOR LUMINAIRE ESTIMATOR

File name: *******BLANK****** Lumens/Luminaire: **1000** LLF: **3.00**
 Catalog No: Please select a Luminaire from a directory.
 Comment: *********

^ Rc: 80 X	Rcc: 74.98 X	hcc: 1500
< Rv: 80 X		v
-----Mounting height-----		No. of Luminaires: 10.00
	Length: 30.00	Average Illumination: 60.00
< Rv: 80 X		CU: 1.0000
	Width: 30.00	Area / Luminaire: 90
-----Work plane-----		Theoretical Spacing: 9.50
< Rv: 80 X	Rfc: 19.31 X	Maximum Spacing: 10.00
v Rf: 20 X		

hrc: **2350**
 hfc: **2350**

Press (F1) for a HELP Screen

- **File Name.** Debemos proporcionar en este espacio el nombre del archivo de fotometría del luminario y lampara seleccionada, con la tecla → podemos entrar al *menú de archivos de fotometría*, en el cual se encuentran las instrucciones para seleccionar el archivo, después de seleccionado dar Enter (J).

INDEX OF PHOTOMETRIC FOLDERS (PFs)

A PFA: PHOTOGRAPHIC	
D PFD: STANDARD CUBIC ROOM	
E PFE: STANDARD CUBIC ROOM	
F PFF: STANDARD CUBIC ROOM	
G PFG: STANDARD CUBIC ROOM	
H PFH: STANDARD CUBIC ROOM	
I PFI: STANDARD CUBIC ROOM	
J PFJ: STANDARD CUBIC ROOM	
K PFK: STANDARD CUBIC ROOM	
L PFL: STANDARD CUBIC ROOM	
M PFM: STANDARD CUBIC ROOM	
N PFN: STANDARD CUBIC ROOM	
O PFO: STANDARD CUBIC ROOM	
P PFP: STANDARD CUBIC ROOM	
Q PFQ: STANDARD CUBIC ROOM	
R PFR: STANDARD CUBIC ROOM	
S PFS: STANDARD CUBIC ROOM	
T PFT: STANDARD CUBIC ROOM	
U PFU: STANDARD CUBIC ROOM	
V PFV: STANDARD CUBIC ROOM	
W PFW: STANDARD CUBIC ROOM	
X PFX: STANDARD CUBIC ROOM	
Y PFY: STANDARD CUBIC ROOM	
Z PFZ: STANDARD CUBIC ROOM	

Press A or 0-Z to select a Photometric Folder (Pf_).

Press B if you wish to BLANK out a previous selection in LAYOUT.

You may also select a Photometric folder with the Mouse or arrow keys, then press (Enter).

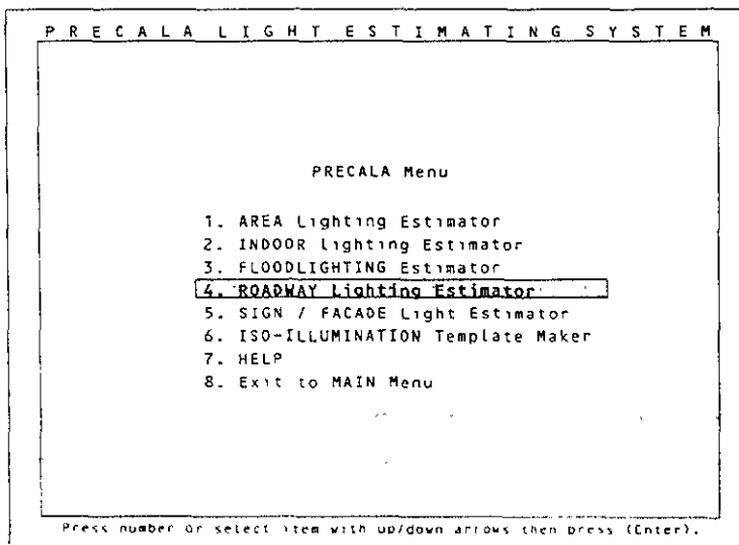
Press (F1) for HELP.

Press (Esc) to exit this display.

De nuevo en la pantalla de **INDOOR LUMINAIRE ESTIMATOR** de PreCALA , podemos comprobar los resultados del archivo de fotometría de **Lumens/Luminaire** (Lúmenes por luminario) y **L.L.F.** (Factor de Depreciación del Luminario), los cuales *incluso se pueden corregir en caso de que algún adelanto técnico en la fabricación del luminario así lo indique, dato que e fabricante debe proporcionar.*

- **Comment.** El comentario sobre el tipo de luminario y correcciones que se hayan realizado en los datos anteriores, se puede insertar en esta línea
- **Rc.** La reflexión porcentual del techo del cuarto o área cerrada
- **Rw.** La reflexión porcentual de la pared. Existen tres puntos donde se debe medir esta reflexión, en la cavidad de techo, en la cavidad del cuarto y en la cavidad de piso
- **Rf.** La reflexión porcentual del piso.
- **Hcc.** La altura de cavidad de techo, medida desde el luminario hasta la parte baja de la losa o techo en dirección vertical.
- **Hrc.** La altura de cavidad de cuarto, medida desde el plano de trabajo (donde se realiza la acción visual) hasta la parte baja del luminario
- **Hfc.** La altura de cavidad de piso, medida desde el plano de trabajo hasta la superficie del piso
- **Length.** Es la profundidad del área que se quiere iluminar, en la gráfica de la izquierda se puede observar la orientación del área

- **Width.** El ancho del área, las unidades de anchura y profundidad no requieren de unidades (métricas o inglesas), pero se debe respetar su uso, es decir que si el ancho está en metros, la profundidad deberá estarlo también.
- **No. de Luminaires.** Es la cantidad de luminarios con la que el nivel de iluminación en luxes anterior se cumple. Estos dos factores se convierten en variables y al cambio de uno cambia el otro, por lo que depende del parámetro que se requiera para saber el resultado del otro factor.
- **Average Illumination.** El promedio del nivel de iluminación en el área lo debemos proporcionar en luxes.
- **C.U., Area/lum, Theoretical Spacing y Maximum Spacing.** Son resultados alternos que con las asignaciones anteriores se estiman. El Coeficiente de Utilización, el área iluminada por cada luminario, el espaciamiento teórico y el espaciamiento máximo que debe existir entre cada uno de los luminarios.



- **Spacing.** Dentro de la iluminación de calles, el espaciamiento entre los luminarios es dato importante, el cual es indicado en un rango por el fabricante de los mismos. Con este espaciamiento es suficiente para iluminar cualquier longitud de calle
- **Roadway width.** El ancho de la calle, las unidades de anchura y espaciamiento no requieren de unidades (métricas o inglesas), pero se debe respetar su uso, es decir que si el ancho está en metros, la espaciamiento deberá estarlo también.
- **Left Setback.** Es la distancia que existe entre la proyección vertical del luminario y la orilla de la calle de ese lado, cuando el luminario entra en la calle, esta distanciamiento vuelve negativa
- **Left Tilt.** Es la inclinación que tiene el luminario, puede tener valores positivos en el sentido contrario a las manecillas del reloj o negativos en sentido contrario, medida en grados
- **Right Setback.** Es la distancia que existe entre la proyección vertical del luminario y la orilla de la calle de ese lado, cuando el luminario entra en la calle, esta distanciamiento vuelve negativa
- **Right Tilt.** Es la inclinación que tiene el luminario, puede tener valores positivos en el sentido contrario a las manecillas del reloj o negativos en sentido contrario, medida en grados

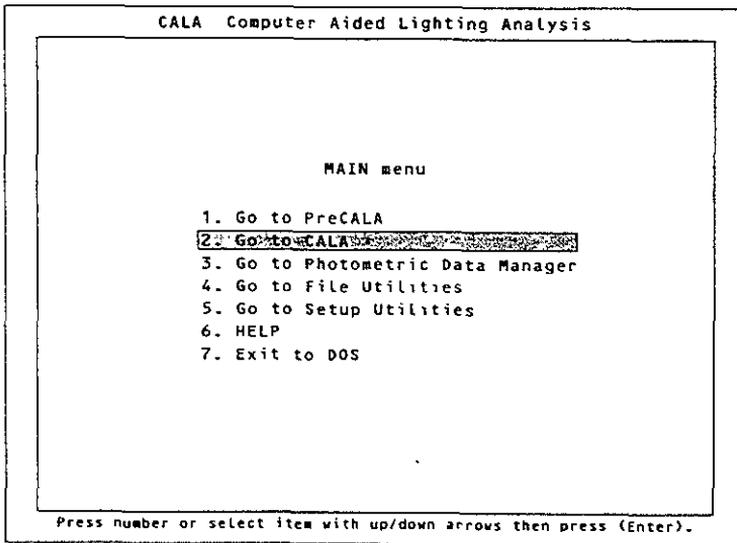
En el caso en que los luminarios queden de un solo lado, el Right Setback y Right Tilt, no son necesarios por lo que deben dejarse en blanco estos espacios.

- **Average.** El promedio del nivel de iluminación en el área lo debemos proporcionar en luxes.

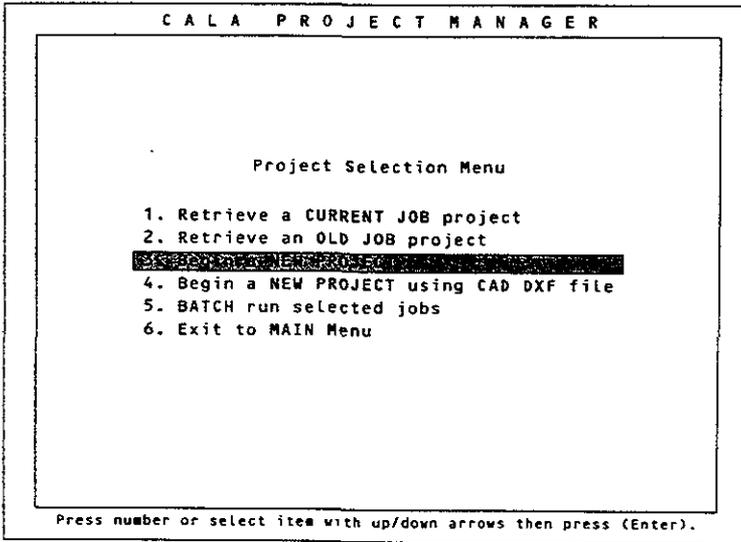
- Min., Ave/min y C.U 's., son los resultados que muestra PreCALA y que dependen de los datos que nosotros proporcionamos. En este caso se puede variar el catálogo del luminario.

4.2.3.3 CALA

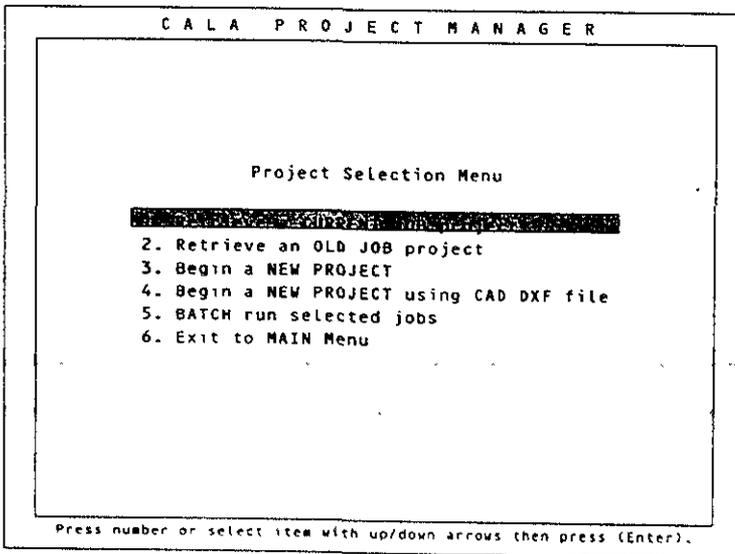
1. Seleccionar **Go to CALA** en el Menú Principal



2. Seleccionar **Begin a NEW PROJECT** cuando no se tenga ningún trabajo ya realizado y se quiera empezar uno nuevo



3. Seleccionar **Retrieve a CURRENT JOB project** cuando ya se tenga algún trabajo que se haya realizado con anterioridad y se quiera actualizar o revisar



4. Seleccionar un archivo CJ, el número 1 está destinado para ser importado desde un disquete en la unidad A, los otros 19 se encuentran en el disco duro y los podemos modificar si es que tienen ya un nombre o iniciar en caso de que no hayan sido utilizados con anterioridad

```

C A L A   P R O J E C T   M A N A G E R

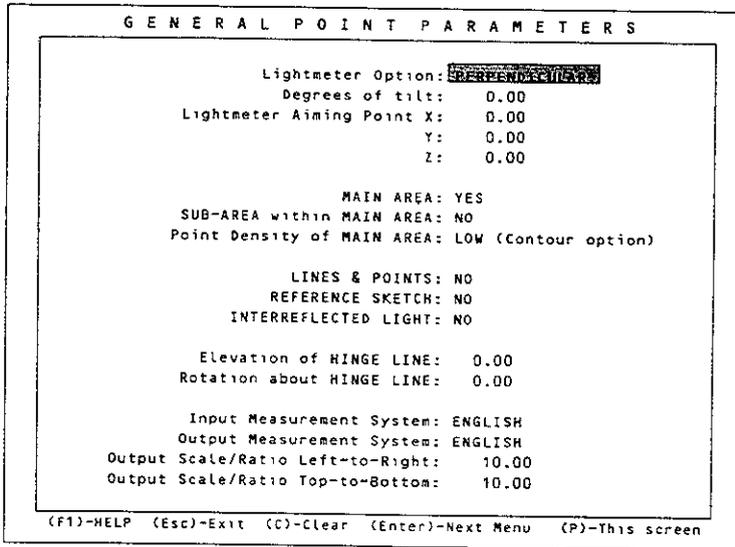
Select a CURRENT JOB to use

CJ1  Current Job in Drive A:
CJ2  Universidad Tecnologica Mezahualcoyotl
CJ3  Proyecto UTM 1 ERA EL BUENO
CJ4  UTM 10 Lamparas
CJ5  neza con fluorescentes
CJ6  UNA MAS DE LA UTM
CJ7  UNARRR DOBLE DO
CJ8  UTM 15 lamparas
CJ9  Oficinas decoplas 08-12-97
CJ10 ALMACEN TAMBORES ARANCIA CPC
CJ11 96-05-001/1 WAVE INDUSTRIAL
CJ12 Sample Project #4 - Floodlight Aiming
CJ13 Sample Project #6 - Large Areas & Fences
CJ14 Sample Project #4 - Floodlight Aiming
CJ15 proyec2
CJ16 Sample Project #2 - Indoor
CJ17 960606-VIALIDAD DOBLE PROYECTO
CJ18 10-06-97 PROYECTOS
CJ19 iluminacion de un tunel
CJ20 mio 1
EXIT

Press number or select item with up/down arrows then press (Enter).
```

5. En la pantalla de **Customer Information**, debemos colocar los datos que se requieren para la identificación futura del trabajo, la localización, el cliente para el cual se realiza el proyecto, el nombre o número del proyecto según la clasificación personal que se le este dando; este dato es el que aparecerá en la pantalla del índice de archivos CJ y OJ, además tenemos 4 líneas de comentario en donde se sugiere escribir el tipo de luminario que se utiliza, número de luminarios y demás información que sea de importancia para una posterior y rápida consulta

Seleccionar **Go to POINTS Specification**, en donde aparecerá la siguiente pantalla:



Lightmeter Option: Determina la posición del luxómetro, puede ser perpendicular a la superficie del piso, lo cual es lo más usual o para proyectos especiales y de mayor complejidad, se puede poner debajo del punto de inclinación o dirigido en un punto o en un punto lejano.

Degrees if tilt: Significa los grados de inclinación de el luxómetro cuando éste no se usa en posición vertical.

Lightmeter Aiming Point X, Y y Z: Designan la distancia del luxómetro al punto donde se colocará, para las opciones de luxómetro dirigido a un punto.

MAIN AREA: Tiene las opciones si y no, y nos da la oportunidad de posteriormente crear o no un área definida, la cual sea la que se iluminara, normalmente YES

SUB-AREA within MAIN AREA. Al igual tiene como opción si y no, con ella podemos crear una sub área específica dentro del área principal, sirve para poder detectar los resultados en un área específica, como ejemplo, al iluminar una sala de conferencias,

todo el auditorio deberá ser iluminado, pero se deberá tener mayor énfasis en la iluminación, por tanto se podría crear una sub área para tal caso.

Point Density of MAIN AREA: Indica la densidad de puntos analizados dentro del área principal, en bajo (low) o alto (high), aparece la opción de contorno, lo cual indica que los puntos estudiados también pueden ser definidos en el contorno (orilla) del área principal, caso contrario en una densidad media (medium).

LINES & POINTS: Al igual que en la sub área, se pueden designar puntos o líneas, de las cuales el programa nos dará los niveles posteriormente de manera específica.

REFERENCE SKETCH: Con opciones si o no, nos permite en el próximo menú dibujar referencias, que aunque no intervienen en el cálculo de iluminación si muestran de manera gráfica una idea del área a iluminar, ejemplos, máquinas en una fábrica o escritorios en una oficina o tal vez las líneas de un campo deportivo.

INTERREFLECTED LIGHT: Cuando el área es cerrada y existen reflexiones de la iluminación en el techo, piso y paredes, estas se pueden manipular de una manera adecuada, por lo que esta opción (si o no), nos lo permite hacer. Ejemplificaremos con una pared que contenga una ventana, por tanto la reflexión de la pared sólida será diferente a la de la ventana y posteriormente este dato podrá ser cambiado.

Elevation of HINGE LINE. Cuando el plano de trabajo no se desarrolla a nivel de la superficie del piso, este dato debe ser diferente de cero, un escritorio como plano de trabajo tendrá una elevación de aproximadamente 70 cm, un restirador de dibujo quizá tenga 120 cm, etc. al igual que máquinas o cualquier otro plano.

Rotation about HINGE LINE: Este dato debe ser cambiado cuando el plano de trabajo no es perpendicular al luminario, es decir cuando está inclinado, como el ejemplo del restirador con 15° o una serie de pantallas en un cuarto de control que se encuentran rotados a 90° de la superficie del piso.

Input y Output Measurement System: Son los sistemas de medición y unidades de entrada y salida del programa, existen las opciones de ENGLISH (pulgadas) o Metric (metros).

Output Scale/Ratio: Para la escala de impresión que se tome, es decir que la medida del área a iluminar podrá ser escalada en cualquiera de los ejes cardinales (X o Y) para una impresión correcta. A mayor escala menor número de puntos analizados.

Después de designar los valores correctos en esta pantalla, dar Enter (↵) en el teclado. Con lo cual aparecerá la siguiente pantalla **INTERREFLECTED LIGHT PARAMETERS:**

```
INTERREFLECTED LIGHT PARAMETERS

X-coordinate of southwest corner of cavity: 0.00
Y-coordinate of southwest corner of cavity: 0.00

      East-west dimension of cavity: 10.00
      North-south dimension of cavity: 10.00
      Floor-ceiling dimension of cavity: 0.00

      North wall general reflectance: 50
      South wall general reflectance: 50
      East wall general reflectance: 50
      West wall general reflectance: 50
      Ceiling general reflectance: 80
      Floor general reflectance: 19

      Maximum panel dimension (10Ft. or 3M): 1.00
      Total number of panels (2000 max.): 200

(F1)-HELP (Esc)-Exit (C)-Clear (Enter)-Next Menu (P)-Points Parameter
```

X-coordinate of southwest corner of cavity: Indica la coordenada en el eje de las X, (horizontal) que se tendrá como referencia cero (inicio del área). Comúnmente cero

Y-coordinate of southwest corner of cavity: Indica la coordenada en el eje de las Y, (vertical) que se tendrá como referencia cero (inicio del área). Comúnmente cero

East-west dimension of cavity: Designa el ancho de la superficie que vamos a calcular (horizontal).

North-south dimension of cavity: Designa el largo de la superficie que vamos a calcular (vertical)

Floor-ceiling dimension of cavity: Designa la altura del área que vamos a calcular en caso de ser cuarto cerrado.

North wall general reflectance: En porcentaje de reflexión, designa tal que se encuentre en forma general en la pared del lado norte.

South wall general reflectance: En porcentaje de reflexión, designa tal que se encuentre en forma general en la pared del lado sur.

East wall general reflectance: En porcentaje de reflexión, designa tal que se encuentre en forma general en la pared del lado este.

West wall general reflectance: En porcentaje de reflexión, designa tal que se encuentre en forma general en la pared del lado oeste.

Ceiling general reflectance: En porcentaje de reflexión, designa tal que se encuentre en forma general en el techo.

Floor general reflectance: En porcentaje de reflexión, designa tal que se encuentre en forma general en el piso.

Maximum panel dimension (10Ft. or 3M): Para las reflectancias de piso, techo y paredes, se forman paneles, los cuales de acuerdo a las dimensiones del cuarto deben tener ciertas medidas, la aclaración entre paréntesis indica los máximos de valor utilizados en la dimensión del panel, dependiendo del sistema de unidades que se este empleando, por lo tanto para un mayor número de interreflectancias se deberá poner un número pequeño, lo cual nos dará un resultado más preciso, pero tardará más

tiempo en el cálculo y probablemente, si nuestro sistema de computo no es suficiente, llegue a trabar el cálculo sin haberlo concluido.

Total number of panels (2000 max.): Al incrementar o disminuir el tamaño de cada panel, el número de ellos también será modificado, ya que se deben cubrir todas las áreas. El programa no permitirá un número mayor de 2000 paneles, sin embargo cuando esto suceda, una modificación en el tamaño de los paneles lo podrá resolver.

Después de designar los valores correctos en esta pantalla, dar "M" en el teclado. Con lo cual aparecerá la siguiente pantalla **MAIN AREA of Analysis**

MAIN AREA of Analysis		SUB-AREA of Analysis		
NO.	X	Y	X	Y
1	0.0000	0.00	0.00	0.00

(F1)-HELP (Esc)-EXIT (Enter)-NEXT MENU (P)-PARAMETERS (C)-CLEAR

En esta pantalla podremos designar el área principal y la sub área en caso de haber seleccionado la opción en el menú GENERAL POINT PARAMETERS. Para introducir las coordenadas de los puntos solo se introducen las distancias en los ejes X y Y de cada uno de los puntos, formando líneas rectas.

Para introducir una coordenada más, la tecla "A" añade una línea, la letra "S" suprime una línea entera y la letra "C" borra automáticamente todas las líneas. Con la letra "D", veremos la gráfica de lo que hasta ahora estamos designando y para observar la

gráfica en perspectiva de lo hecho la letra "V". Las instrucciones anteriores serán usadas en pantallas posteriores de este tipo.

Una vez tecleamos la letra "M" para pasar a la otra pantalla **LINES and POINTS of Analysis**, en donde se designaran las líneas y/o puntos específicos de análisis en caso de haber seleccionado YES en el menú correspondiente. Y de igual forma que con el área principal y sub área se harán las líneas o puntos. En esta pantalla se introduce un nuevo valor para la altura del punto o línea dentro del eje de las Z, el cual es normal al plano X-Y.

L I N E S and P O I N T S of Analysis						
L I N E S NO.	X	FROM	Y	FROM	Z	X TO Y TO Z
1	0.00		0.00		0.00	0.00 0.00 0.00

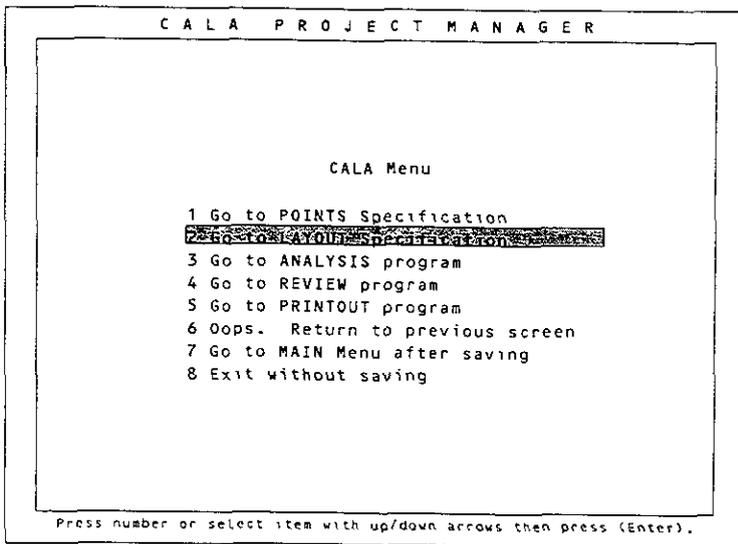
(F1)-HELP (Esc)-EXIT (Enter)-NEXT MENU (P)-PARAMETERS (C)-CLEAR

Para poder dibujar las referencias, tecleemos "M" y pasaremos a otra pantalla en la cual de la misma forma introduciremos los datos de las coordenadas en los tres ejes (tridimensional) de nuestro dibujo de referencia.

Las líneas que hacen el contorno del área principal, del sub área, de las líneas o puntos específicos, o de los dibujos de referencia aparecen en diferentes colores para poder tener una visión clara de ellos. Cuando nos encontremos en la forma gráfica de las coordenadas "D", podemos teclear "M" y pasar de un contorno a otro con la respectiva distinción de colores

Una vez definidas todas las opciones de este menú, tecleemos Enter (↵) y pasaremos al Menú de CALA

7. En el **Menu de CALA**,



seleccionar **Go to LAYOUT Specification**, en donde aparecerá la siguiente pantalla.

Do you want to set the reflectances of individual panels? (Y/N): Esto en caso de que se haya elegido de esta manera en el primer menú. Se debe teclear Y (sí) en caso de querer cambiar las reflectancias generales de techo, piso y paredes o N (no) en caso de no querer hacerlo. Los cambios se harán de la misma forma, seleccionando el panel e introduciendo el número del porcentaje de reflexión en ese panel

En caso de que dentro del proyecto se tengan que utilizar dos o más tipos de luminarios se repetirán las operaciones anteriores dentro de la pantalla del menú de selección del luminario, que tiene una capacidad de hasta 6 tipos de luminarios. Es importante verificar el LLD de cada luminario escogido, ya que este también puede ser modificado por medio del teclado de movimiento o el teclado numérico.

La siguiente pantalla es donde se hace el arreglo de los luminarios, con los siguientes parámetros:

NO.	X	Y	Z	O	T	Mult.	TYPE
1	3.00	3.50	6.00	0.0	0.0	1.00	1
2	14.50	20.50	6.00	0.0	0.0	1.00	1

(F1)-HELP (Esc)-EXIT (Enter)-NEXT MENU (C)-CLEAR ALL (P)-PHOTOMETRY

No.: El número de luminario para una mayor identificación en los planos de resultados y los parámetros de esta pantalla

X, Y y Z.: Las coordenadas donde se ubica el luminario, se hace en los tres ejes debido a que es necesario determinar la ubicación en planta y la altura, lo cual permite que los luminarios tengan alturas diferentes, como ocasionalmente ocurre en la práctica

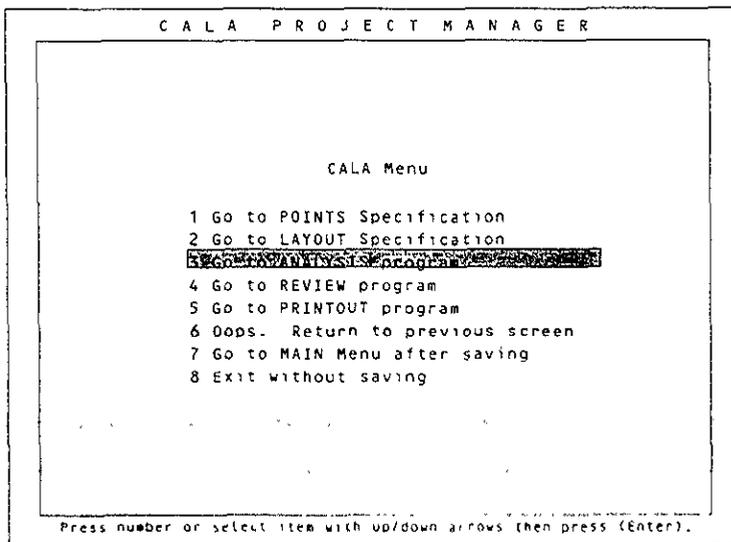
O: Orientación, en grados se determina el sentido hacia el que esta dirigida la cara el luminario (parte baja del mismo), su uso hace referencia en proyectores o iluminación de alumbrado público, sin embargo se puede utilizar en cualquier momento, con la condición de entender su significado físico, es decir el giro que tiene el luminario en la práctica

T: Inclinación (Tilt), en grados y determina la inclinación a partir de la vertical que tiene el luminario, cero grados representa que el luminario esta perpendicular a la superficie del piso.

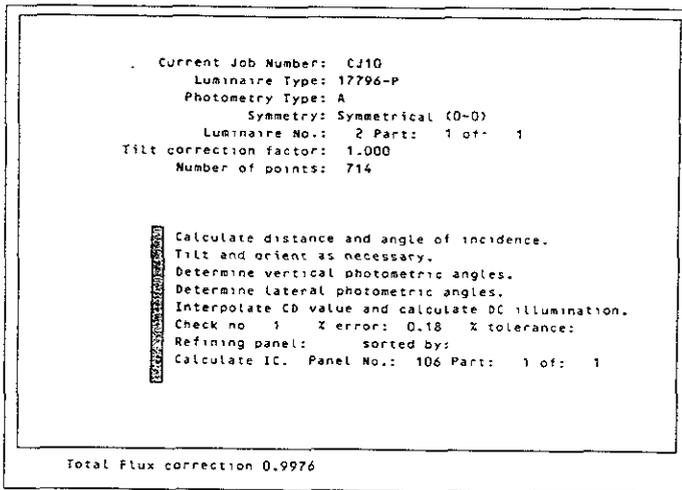
Type: Cuando se han seleccionado más de un solo luminario, podemos definir di la posición que estamos introduciendo pertenece a cada uno de los tipos que hemos escogido con anterioridad.

Es recomendable observar el arreglo con la letra "D", ya que veremos si en realidad están puestos los luminarios en la forma que convenimos, visión que es más sencilla de entender que la forma de coordenadas numéricas, y con la letra "S" podemos ver de otros ángulos la gráfica, con lo cual podemos verificar la altura de los luminarios.

8. En el Menu de CALA,

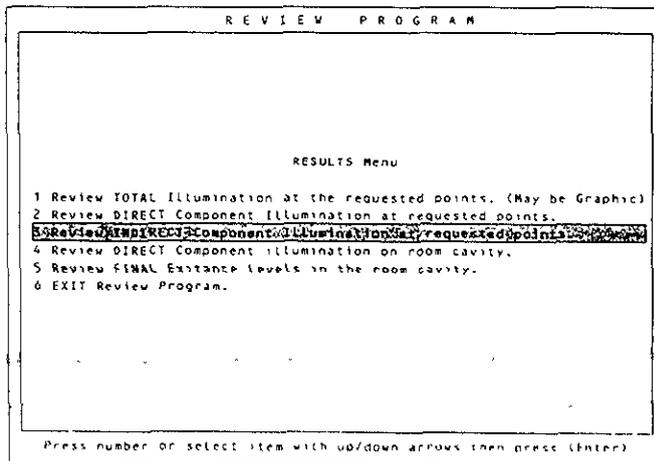


seleccionar **Go to ANALYSIS program**, en donde aparecerá la siguiente pantalla:



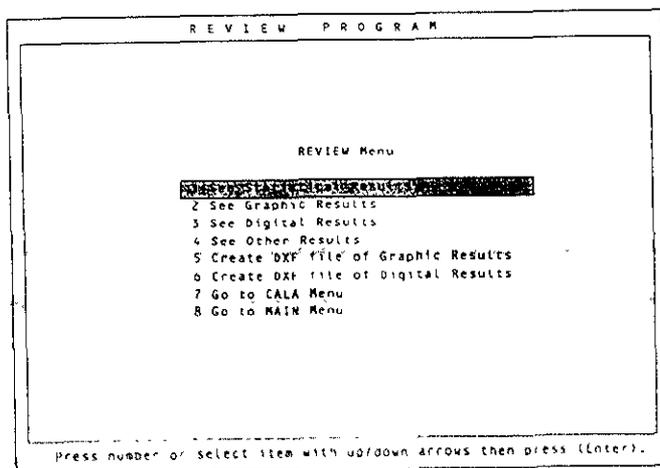
en la cual los cálculos se realizarán de forma automática por medio de iteraciones finitas en cada uno de los luminarios y paneles de interreflexiones.

9. En seguida el **REVIEW PROGRAM (RESULTS Menu)**:



- **Review TOTAL Illumination at the requested points. (May be Graphic):** Muestra los resultados totales en el área principal, la sub área y las líneas y puntos definidos
- **Review DIRECT Component Illumination at requested points.:** Muestra los resultados de la luz directa, es decir sin tomar en cuenta las reflexiones de techo, piso y pared en el área principal, la sub área y las líneas y puntos definidos
- **Review INDIRECT Component Illumination at requested points.:** Muestra los resultados de la luz indirecta, es decir tomando en cuenta las reflexiones de techo, piso y pared en el área principal, la sub área y las líneas y puntos definidos
- **Review DIRECT Component illumination on room cavity.:** Muestra los resultados de la luz directa, es decir sin tomar en cuenta las reflexiones de techo, piso y pared pero por cada uno de ellos, es decir el nivel en el techo, el nivel en el piso, el nivel en la pared norte, la sur, la este y la oeste

En la mayoría de los casos se presentan los resultados totales, seleccionando y dando Enter(↵) en el teclado. Aparecerá al igual que en las tres primeras selecciones, la siguiente pantalla **REVIEW Menu**:



See Statistical Results: Podemos visualiza los resultados en forma estadística como se muestra en la siguiente pantalla:

```

STATISTICS -----
  POINTS      NUMBER  MAX      MIN      MAX/MIN  AVE      AVE/MIN  U.I
MAIN AREA (.)  18    88.85   51.82    1.71    73.85    1.43     87
SUB-AREA (+)  66   286.55   51.86    5.52    97.25    1.88     80
MAIN & SUB    84   286.55   51.82    5.53    92.24    1.78     79

LEGEND: 99.9 - Points contained in MAIN AREA.
        99+9 - Points contained in SUB-AREA.
        99*9 - Points contained in LINES & POINTS.
        U.I.=(1-(MEAN DEVIATION/AVERAGE))x100 100% IS PERFECT

Press (Enter) to EXIT or (F1) for HELP.
  
```

Points: Muestra a que área pertenecen esos resultados

Number. Es el número de puntos que se analizaron

Max: Indica el nivel máximo de iluminación en el área de estudio, en luxes.

Min: Indica el nivel de uno de los puntos, el cual es el mínimo, en luxes.

Max/Min: Es la relación entre los dos valores anteriores Este parámetro es significativo en el cálculo de alumbrado público

Ave.: El promedio se da al sumar todos los niveles de iluminación de cada uno de los puntos de estudio y dividiendo el resultado entre el número de puntos analizados.

Ave/min: Una relación entre el promedio y el valor mínimo que se valora en el cálculo con reflectores

U.I.: La uniformidad de iluminación es importante para el cálculo de áreas cerradas, el resultado está en porcentaje 100% es perfecto

See Digital Results: Al igual que la opción anterior, se muestran los resultados pero numéricos en cada uno de los puntos analizados, distinguiendo con un signo al lado de cada una de ellos el área a la que pertenecen.

```
(D)-Review Data (Enter)-EXIT (O)-Turn ON/OFF Index & Labels
```

TOTAL ILLUMINATION

52+	84+	133+	207+	78+	57.	66.	75.
74+	100+	106+	87+*	95+	82.	73.	77.
87+	105+	105+	107+	101+	89.	80.	83.
83+	105+	105+ TL	107+	101+	89.	80.	83.
74+	100+	106+	104+	95+	82.	73.	76.
52+-----	84+*	78+-----	84+-----	66+-----	56.-----	52.-----	54.-----

(+) Área principal

(.) Sub área

(*) Líneas y puntos

Los puntos que estén sombreados marcan el máximo y el mínimo en cada una de las áreas.

See Other Results: Regresa a la pantalla anterior RESULTS Menu

```
REVIEW PROGRAM
```

REVIEW Menu

- 1 See Statistical Results
- 2 See Graphic Results
- 3 See Digital Results
- 4 See Other Results
- 5 Create DXF file of Graphic Results
- 6 Create DXF file of Digital Results
- 7 Go to CALA Menu
- 8 Go to MAIN Menu

Press number or select item with up/down arrows then press (Enter)

Create DXF file of Graphic Results y Create DXF file of Digital Results: Crean un archivo en formato de imagen o dibujo DXF, el cual puede ser abierto y modificado en programas de dibujo.

Go to CALA Menu: Regresa al menú de CALA

Go to MAIN Menu: Regresa al menú principal

PROBLEMAS ESPECIFICOS EN PLANTAS DE PROCESO

5.1 ILUMINACION GENERAL

Las plantas de proceso son en general lugares que producen día y noche, aunque esto depende del proceso en sí, como ya se había mencionado, sin embargo existen este tipo de plantas y es nuestro trabajo realizar un buen diseño de iluminación en las mismas.

Las situaciones más comunes que se presentan dentro de la iluminación general de una planta de proceso son los siguientes:

- Iluminación en áreas cerradas
- Iluminación de calles y tránsito interno
- Iluminación de fachadas
- Iluminación de seguridad

ILUMINACION DE AREAS CERRADAS

Dentro de una planta de proceso es general el uso de luminarios industriales tipo Holophane Bantam, Primspack, Lobay, etc. o de Crouse Hinds en modelos LBM, HI-LO, MAXIFLEX, y otros, los cuales por ser de construcción robusta y características específicas como uso de lámparas H.I.D. son ideales para proporcionar una iluminación con los niveles adecuados, con un ahorro de energía, un bajo costo de mantenimiento un buen confort visual y un justo montaje que se adecua a la mayoría de las estructuras que existen dentro de las bodegas, zonas activas, talleres, estacionamientos techados, naves industriales, hangares, y áreas en donde la altura de montaje es de media a alta.

En las plantas de proceso existen también áreas de oficina, sanitarios, laboratorios y otros lugares en donde el uso de luminarios industriales es imposible de aplicar, por tanto se deben analizar las necesidades y recurso de instalación que se tengan, pero en general el uso de luminarios y lamparas fluorescentes es correcto para este tipo de áreas, de este tipo de luminarios existe una gran diversidad de modelos y tamaños, por lo que podemos diseñar de manera cómoda, lo más apropiado para tal caso. A diferencia de las lamparas incandescentes (focos comunes), las fluorescentes tienen un amplio margen de tiempo de vida útil, lo cual facilita el mantenimiento y reemplazo dentro de las instalaciones de la planta, en donde resulta caro, aveces, tener una persona que se dedique a cambiar lamparas todos los días, además de ser poco productivo. El costo de inversión comparativamente entre estos dos tipos de luminarios tiene cierta diferencia, un luminario fluorescente cuesta entre 6 y 7 veces más que un luminario incandescente, pero el tiempo de vida lo justifica, además de proporcionar una "luz de día", que ayuda mucho en la productividad de la planta o empresa.

El cálculo es simple, siguiendo los pasos de este trabajo en el capítulo 3, pero se pueden presentar dificultades en la distribución de los luminarios, por lo que más de un intento y una buena intuición del ingeniero a cargo del proyecto, pueden ser de gran utilidad, sin embargo el trabajo es exhausto y repetitivo (método de punto por punto), lo cual llega a acarrear algunos errores, si se tiene la oportunidad de utilizar un Software que facilite los cálculos repetitivos, no dude en hacerlo, aunque el conocimiento de los conceptos y forma de procesarlos es necesario para el entendimiento de los resultados y la toma de decisiones.

Un problema más específico en las áreas cerradas dentro de una planta industrial, es la creación de sombras y por tanto la falta de iluminación en algunas zonas del área, estas sombras pueden ser formadas por estorbos (máquinas, paneles, estructura, grúas, etc.) a los luminarios que suelen ser inamovibles, la solución se debe tener desde el diseño de la instalación luminosa, donde este tipo de estorbos se tomarán en cuenta para la distribución exacta de los luminarios. Sin duda la práctica hará que la solución de este tipo de problemas llegue de manera más rápida e incluso se eviten los problemas desde el momento del diseño.

ILUMINACION EN CALLES Y TRANSITO INTERNO

Aunque este tipo de iluminación generalmente es usada en horarios nocturnos, en los cuales los vehículos utilizan sus propios medios de iluminación, es importante observar las siguientes recomendaciones:

- Iluminar en la misma forma que los cálculos de alumbrado de vía pública
- Evitar el deslumbramiento por parte de los luminarios, tomando en cuenta las diferentes alturas de operación de vehículos, y de los luminarios de los vehículos, en especial, sirenas de transportadores, grúas, etc.
- Acentuar los niveles de iluminación en las señalizaciones y donde transiten peatones
- En caso de que exista una zona de tránsito peatonal, iluminar de manera directa, con el objetivo de diferenciar esta zona de la de tránsito de vehículos.

Un punto importante es iluminar las banquetas de manera especial, ya que existe el caso en que las calles de una planta sean de dimensiones mínimas para el tránsito de vehículos, por lo que cualquier borde no visto puede ser causa de accidentes.

ILUMINACION DE FACHADAS

Una planta de proceso es en la época moderna la mejor de las caras que una empresa puede tener, su organización, funcionamiento, limpieza y seguridad deben de ser cuidados rigurosamente para reflejar la calidad de los productos o procesos que se realizan dentro de ella.

Hasta hace algunos años, las plantas industriales, eran conocidas como fábricas, en el sentido descriptivo de la palabra, aunando a ésta, la suciedad, el desorden, la baja calidad de los productos, sin embargo, la tendencia de estos tiempos ha cambiado a esa imagen, y no sólo es el nombre, sino la preocupación que tienen los propietarios de la empresa de tener bajo las más estrictas normas de calidad las instalaciones de su planta o fábrica. Una buena alternativa, que brinda el confort al estar en la planta es el

aspecto de sus instalaciones, en los cuales la ayuda de una iluminación de fachadas y anuncios luminosos es significativa. El uso de proyectores con proyecciones inclinadas de ambos lados de la fachada es buena opción de iluminación, sin embargo, las preferencias del cliente, un buen sentido del gusto, los colores, la textura, y la creatividad del diseñador marcaran la forma en este sentido.

ILUMINACION DE SEGURIDAD

Además de los sistemas de emergencia instalados en una planta de proceso, la iluminación de seguridad, es indispensable para el buen funcionamiento de la planta.

Habíamos mencionado que las plantas de proceso en ocasiones tienen continuidad en sus operaciones, por lo que una falta de energía ocasionada por cualquier desperfecto o por falta de suministro, suele ser perjudicial, sin embargo una de las primeras acciones que deben de proceder en casos así, es el restablecimiento de la iluminación, ya sea por medio de una planta generadora de emergencia, la cual se conectará automáticamente al circuito de alumbrado, o por medio de sistemas de emergencia independientes. Los niveles de iluminación deben de ser los suficientes para la visión humana, considerando la distinción de forma y cuerpos. Normalmente estos niveles suelen ser de 10% mínimo, sin embargo no existe una norma que lo indique.

5.2 ILUMINACION CONCENTRADA EN INSTRUMENTOS.

Dentro de una planta de proceso y con la existencia de máquinas y aparatos de medición es necesario concentrar algunos luminarios para su buena observación en horas nocturnas o áreas de baja luminosidad

Aparatos como, manómetros, termómetros, medidores de flujo, pantallas de PLC's, se encuentran comúnmente junto a las máquinas o equipos de proceso, por lo que la revisión de ellos, todavía es muy utilizada, observaciones periódicas con toma de

CONCLUSIONES

El trabajo presentado es en resumen una guía que ayuda de manera práctica a los profesionales para realizar de manera dinámica el proyecto de iluminación en una planta de proceso y en general en cualquier área a iluminar.

Este tipo de proyectos hasta la fecha son realizados sólo por Ingenieros que han adentrado en el tema, por lo que la mayoría del personal profesional desconoce en gran medida la realización de los mismos. En esencia, este método de proyección servirá a estudiantes de las carreras ingenieriles, además de los profesionistas que se vean involucrados en este tipo de trabajos, pero también podrá servir al personal en general, para que conozca los criterios mínimos de iluminación y los establezca en su planta, cosa que no es común tener dentro de las mismas.

Teóricamente los cálculos para realizar el proyecto son simples, las fórmulas empleadas provienen de la experimentación, lo que reduce los desarrollos de las mismas y convierte ésta parte matemática en ecuaciones de nivel básico, que requieren de sólo la sustitución de los datos para poder ser solucionadas. Lo importante en el proyecto es tener el claro entendimiento de los conceptos básicos de iluminación, aunando a esto la lógica del confort y gustos generales de diseño.

El punto medular dentro de la estructura del trabajo presentado es el uso de las nuevas herramientas que nos proporciona la tecnología actual. El uso de las sistemas de computo disminuyen las operaciones repetitivas y tediosas del cálculo, además de garantizar la falta de errores en este aspecto. El software utilizado CALA, es aunque difícil de conseguir, muy utilizado entre los Ingenieros del medio de la iluminación, ya que la marca creadora, lo ha distribuido desde hace tiempo ya. Ingenieros de otras casas productoras de luminarios, lo utilizan y en casos especiales imitan creando un software propio, lo cual demuestra que CALA fue diseñado de buena forma, justo para no hacerse obsoleto pese a su edad en el mercado.

BIBLIOGRAFIA

ALUMBRADO 1, Labastida, Francisco y coautores, Serie Manuales de arquitectura, Vol. 6, Edit. Blume, España, 1970.

CATALOGO CONDENSADO 1997, Catálogo, Holophane, México, 1996.

ILUMINACION, Catálogo, Crouse-Hinds Domex, S.A. de C.V., México, 1997.

LUZ PARA INTERIORES Y EXTERIORES, Catálogo, Osram, S.A. de C.V., México, 1998.

LUZ DE EXTERIORES, Serie Tecnología del Taller, Edit. Sepsa, España, 1988.

LUZ DE INTERIORES, Serie Tecnología del Taller, Edit. Sepsa, España, 1988.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMP-1994, Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Diario Oficial de la Federación, México, 10 de octubre de 1994.

PRINCIPIOS DE ILUMINACION Y NIVELES DE ILUMINACION EN MEXICO,

Catálogo, Holophane, México, 1997.

SISTEMAS DE ILUMINACION INDUSTRIAL, Frier, John P. y Gazley, F. Mary E., Edit. Limusa, México, 1986.