

# Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



## “ Diseño, Instalación Eléctrica y Operación de una Biblioteca Modular, Aplicando Sistemas de Simulación de Propósito General ”

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**RAUL DANIEL CARRANZA ESPINOZA**

PROMOCION: 1983 - 2

**LIMA • PERU • 1987**

## IV

### INDICE

	<u>Pág.</u>	
I	Introducción.	
1.1	Objetivos.	6
1.2	Tratamiento de las Variables.	8
1.3	Procedimientos a Utilizar.	10
1.4	Medios de Evaluación.	14
1.5	Periodos de Evaluación.	15
1.6	Alcances y Limitaciones del Ensayo.	16
II.	Requerimientos del Local y Ambiente.	
2.1	Criterios de Funcionalidad Asociados.	21
2.1.1	Funciones Principales.	21
2.1.1.1	Función de los Módulos.	22
2.1.1.2	Características del Ambiente.	23
2.1.2	Características Generales.	24
2.1.2.1	Criterios Subjetivos Asociados.	25
2.1.2.2	Criterios Objetivos Asociados.	27
2.1.3	Fenómenos Psicológicos Asociados.	30
2.1.3.1	La Percepción.	31
2.1.3.2	La Atención.	32
2.2	Criterios Luminotécnicos Asociados.	33
2.2.1	Radiaciones Ópticas y Sensaciones Visuales.	34
2.2.1.1	Radiaciones Ópticas.	34

2.2.1.2	Sensaciones Visuales.	35
2.2.2	Características Generales de las Lámparas.	37
2.2.2.1	Requisitos Principales.	38
2.2.2.2	Color y Sensación.	39
2.2.3	Características Generales de las Luminarias	40
2.2.3.1	Requisitos Principales.	40
2.2.3.2	Distribución Típica y Tiempo de Exposición.	41
2.3	Simulación del Funcionamiento Normal.	44
2.3.1	Criterios del Funcionamiento Normal.	45
2.3.1.1	Consideraciones Generales.	45
2.3.1.2	Permanencia y Utilización de los Módulos.	47
2.3.2	Características del Modelo Propuesto.	48
2.3.2.1	Características Generales del Modelo.	49
2.3.2.2	Opciones.	51
2.3.2.3	Diagrama de Bloques y Programa GPSS.	53
2.3.3	Interpretación de los Resultados.	65
2.3.3.1	Primer Año de Simulación.	65
2.3.3.2	Segundo Año de Simulación.	67
2.3.3.3	Consideraciones Finales.	70
III	Diseño del Sistema de Iluminación.	
3.1	Características del Sistema de Iluminación.	75
3.1.1	Relaciones Estimulo - Sensación.	75
3.1.1.1	Módulo Sala de Lectura Silenciosa.	75
3.1.1.2	Módulo Sala de Dibujo.	76
3.1.1.3	Módulo Sala de Estudio en Grupo.	76
3.1.1.4	Módulo Sala de Conferencias.	77
3.1.2	Luminarias Seleccionadas.	77

## VI

3.1.2.1	Módulo Sala de Lectura Silenciosa.	78
3.1.2.2	Módulo Sala de Dibujo.	78
3.1.2.3	Módulo Sala de Estudio en Grupo.	78
3.1.2.4	Módulo Sala de Conferencias.	79
3.1.3	Lámparas Seleccionadas.	79
3.1.3.1	Módulo Sala de Lectura Silenciosa.	79
3.1.3.2	Módulo Sala de Dibujo.	80
3.1.3.3	Módulo Sala de Estudio en Grupo.	80
3.1.3.4	Módulo Sala de Conferencias.	81
3.2	Simulación en el Diseño.	81
3.2.1	Criterio de Diseño.	83
3.2.1.1	Consideraciones Generales.	83
3.2.1.2	Criterio de Decisión.	89
3.2.2	Características del Modelo Propuesto.	91
3.2.2.1	Características Generales del Modelo.	92
3.2.2.2	Opciones.	97
3.2.3	Diagrama de Bloques y Programa GPSS.	101
3.2.3.1	Diagrama de Bloques.	102
3.2.3.2	Programa GPSS	106
3.3	Interpretación de los Resultados.	122
IV	Comportamiento de la Instalación Eléctrica en el Tiempo y Programa de Reposición.	
4.1	Simulación en el Tiempo.	132
4.1.1	Variación de los Factores de Cálculo en Función del Tiempo.	134
4.1.1.1	Factores de Pérdida No Recuperables.	134
4.1.1.2	Factores de Pérdida Recuperables.	138
4.1.2	Características del Modelo Propuesto.	141

## VII

4.1.2.1	Características Generales del Modelo.	142
4.1.2.2	Opciones.	148
4.1.3	Diagrama de Bloques y Programa GPSS.	152
4.1.3.1	Diagrama de Bloques.	153
4.1.3.2	Programa GPSS.	156
4.2	Simulación en la Reposición.	177
4.2.1	Criterio de Reposición.	178
4.2.1.1	Consideraciones Generales.	179
4.2.1.2	Criterios de Fiabilidad.	180
4.2.2	Características del Modelo Propuesto.	182
4.2.2.1	Características Generales del Modelo.	182
4.2.2.2	Opciones.	185
4.2.3	Diagrama de Bloques y Programa GPSS.	188
4.2.3.1	Diagrama de Bloques.	189
4.2.3.2	Programa GPSS.	191
4.3	Interpretación de los Resultados.	197
4.3.1	Simulación en el Tiempo.	197
4.3.1.1	Módulo Sala de Lectura Silenciosa.	197
4.3.1.2	Módulo Sala de Dibujo.	198
4.3.1.3	Módulo Sala de Estudio en Grupo.	198
4.3.1.4	Módulo Sala de Conferencias.	198
4.3.2	Simulación en la Reposición.	199
4.3.2.1	Módulo Sala de Lectura Silenciosa.	199
4.3.2.2	Módulo Sala de Dibujo.	200
4.3.2.3	Módulo Sala de Estudio en Grupo.	200
4.3.2.4	Módulo Sala de Conferencias.	201
4.3.3	Tablas Resumen.	202

## VIII

	Conclusiones	204
	Bibliografía	207
	Apéndices :	208
A	Glosario.	210
B	Programa Simulación en la Emergencia.	213
C	Análisis de Costos de Alumbrado.	228
	Planos Referencia.	

## PROLOGO

Esta Tesis es producto de la investigación del autor sobre la aplicabilidad de los modelos de simulación de propósito general en temas relacionados con la ingeniería electromecánica, centrandó en este caso la atención en el campo de la Iluminación.

La Tesis destacá la combinación de la Simulación de Sistemas con una reinterpretación de los métodos generales de Iluminación, en situaciones que se busquen perfeccionar en el tiempo. En este sentido se ha preparado el diseño prototipo de una Biblioteca Modular en la búsqueda de relaciones usuario final - instalación, siendo éste un ambiente de ensayo que justifica plenamente la aplicación de los métodos propuestos, en el medio.

Para comprender un modelo de simulación de propósito general, como alguno de los incluidos en la Tesis, no es necesario una especialización en las técnicas empleadas. Bastará tener conocimiento de los temas generales tratados; pues, el resto se ve facilitado por el carácter descriptivo de los bloques que conforman un lenguaje de simulación de alto nivel, tal como GPSS.

La Tesis ofrece métodos generales para tratar problemas particulares; por lo tanto, no se redunda en soluciones específicas y similares.

El enfoque es, mas bien, a mostrar la eficacia de los programas de simulación propuestos. Estos contienen técnicas nuevas, pero al alcan-

ce del medio, dado el estado actual de la técnica. Los alcances y limitaciones de la Tesis, asimismo, se han establecido para lograr una exposición clara y de fácil interpretación.

Los capítulos de la Tesis siguen un orden fundamentalmente lógico. Inicialmente se trata sobre los requerimientos del local y ambiente presentado criterios de diversa índole, que conforman la prioridad natural de las transacciones o unidades de tráfico en los modelos de simulación propuestos. Se consigue expresar numéricamente el diseño prototipo y lo que en él ocurre, en lo que constituye el primer nivel de la relación usuario - instalación. En general, se presentan sin exposiciones complicadas distribuciones y funciones probabilísticas subrayando su significado en los casos en que se usan, dentro del mismo programa de simulación.

El siguiente capítulo trata sobre la simulación en el diseño, aplicando métodos probabilísticos y estadísticos en un modelo cuidadosamente confeccionado. Se han definido bloques para cada uno de los factores involucrados en el diseño, dejando en un segundo plano el estudio en sí de los datos, por el criterio de generalidad de los programas de simulación.

Otro capítulo trata sobre la simulación en el tiempo de la instalación, en lo que constituye una predicción de las características de su actuación, buscando garantizar que se cumplan los requisitos del diseño.

Asimismo se expone sobre la simulación en la reposición; es decir, se ensayan las lámparas en un modelo computacional utilizando el concepto de vida media del grupo de lámparas ( en cada Módulo ensayado) vinculado a probabilidad de fallo de cada lámpara.

Se concluye que los programas de simulación ensayados han demostrado

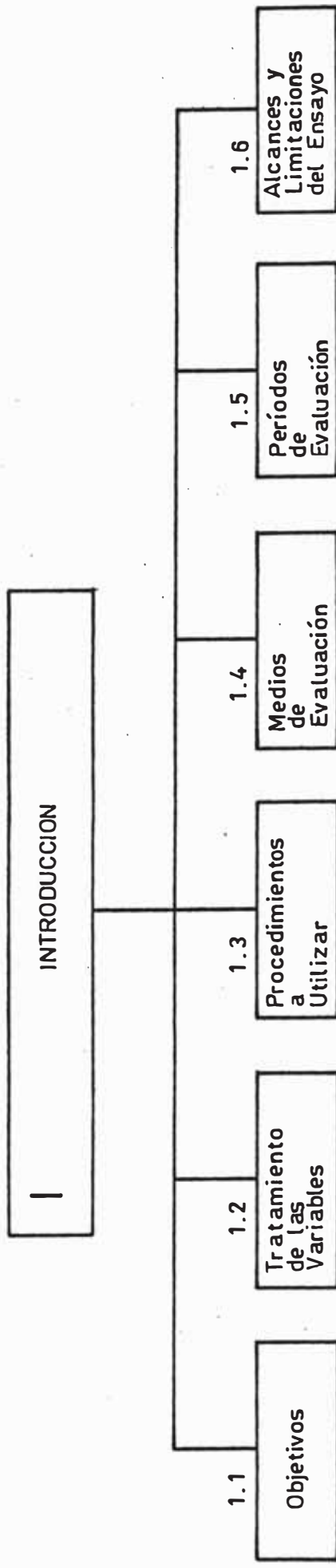


ser muy útiles en cada situación tratada. Se intuye su gran aplicabilidad en la Ingeniería y otras ramas del conocimiento humano.

Los Apéndices contienen en primer lugar un glosario, para facilitar la comprensión de las exposiciones y de los programas GPSS ensayados. También se proponen otros programas, como base de quienes deseen estudiar otras aplicaciones de la Simulación de Sistemas, utilizando el mismo diseño prototipo.

Finalmente se incluyen los planos diseñados especialmente para confeccionar los modelos computacionales y para facilitar, aún más, el análisis y la interpretación de los ensayos de simulación realizados.

CAPITULO I



## INTRODUCCION

## 1.1 OBJETIVOS.

La Tesis tiene los siguientes objetivos:

a) Proponer modelos de simulación de propósito general en la formulación y solución de problemas vinculados a las instalaciones eléctricas de iluminación.

Se verá como el empleo de un lenguaje de simulación de propósito general (tal como GPSS) resulta de suma utilidad en el desarrollo de un proyecto, como el de la Biblioteca Modular, ya que es necesario "describir" soluciones y seguir paso a paso la evolución de un proyecto para "perfeccionar" situaciones en el tiempo.

b) Mostrar la gran facilidad de confección de los modelos de simulación de propósito general, aplicables a situaciones de diseño, instalación y operación de instalaciones eléctricas de iluminación.

Se verá como cada uno de los bloques que conforman los modelos de simulación propuestos tienen un carácter esencialmente descriptivo de la función que realizan, lo cual facilita grande-

mente la tarea del diseñador.

Se pondrán en evidencia, en el comentario respectivo a cada uno de los modelos de simulación propuestos, las notorias ventajas de la utilización de lenguajes de simulación de "alto nivel" para los problemas específicos que serán tratados oportunamente.

Asimismo, la interpretación de los resultados, en la forma - usualmente presentada por los lenguajes de simulación (tal como GPSS) se verá muy favorecida por la opción conocida como "Opción de Salida Estándar"

- c) Presentar los fundamentos del diseño multidisciplinario que establece una jerarquía de prioridades para diversas características (arquitectónicas, psicológicas, luminotécnicas, etc), de tal forma que se pueda conseguir, al final, un alto grado de comodidad y versatilidad en la instalación. Para realizar esto, es necesario llevar las propuestas y los cálculos a un lenguaje cuya "generalidad" garantice su empleo, a veces simultáneo, por las diversas especialidades involucradas en el diseño.

Los lenguajes de simulación, tal como GPSS, garantizan esta función.

Asimismo se verá como los resultados, en la forma en que son presentados por la Opción Estándar de Salida, pueden tener significado para diferentes disciplinas, simultáneamente.

Si bien es cierto que esta técnica es aplicable a muchos tipos de proyecto, de toda especialidad, es recomendable que su empleo se justifique por el deseo de "perfeccionar" situa

ciones en el tiempo.

- d) Proponer una reinterpretación de los métodos generales de iluminación, especialmente de aquellos propuestos por la Sociedad de Ingeniería de Iluminación (IES).

Esto es posible gracias al estado actual de la técnica.

Los programas de aplicación hacen que un proyecto sea cada vez menos la expresión particular de un diseñador, poniéndose un énfasis cada vez mayor en el usuario final de la instalación. Se hace necesario, entonces, evaluar previamente algunos parámetros (porcentaje de utilización de la instalación, tiempo de permanencia del usuario en la instalación, etc.), lo cual es ahora fácil y posible de realizar (como se verá oportunamente) gracias a la Simulación de Sistemas.

Como se puede apreciar, los objetivos de la Tesis se encuentran íntimamente relacionados. Demostraremos que los medios empleados para cumplir con los objetivos, son adecuados y que la "generalidad" en las soluciones y definición de problemas es de suma importancia en la Ingeniería y otras ramas del conocimiento humano.

## 1.2 TRATAMIENTO DE LAS VARIABLES.-

El desarrollo del presente ensayo requiere la evaluación de numerosas variables. Estas pueden ser clasificadas de diferente manera.

Por ejemplo, algunas variables están vinculadas a fenómenos aleatorios o "pseudo-aleatorios". Otras, en cambio, son especificadas directamente por el diseñador, sin la intervención de los generadores de números aleatorios que ofrecen programa de simulación. Dentro del primer grupo se encuentran, por ejemplo, la temperatura ambiente de la luminaria y la ocurrencia de falla de la lámpara. Dentro del segundo grupo se encuentran, por ejemplo, el período de limpieza de las luminarias y el tiempo de simulación de la instalación eléctrica de iluminación.

También es posible clasificar a las variables como luminotécnicas (por ejemplo, factores de pérdida de iluminación, nivel de iluminación esperado, etc.), y no luminotécnicas (por ejemplo, utilización promedio de los recursos, tiempo de permanencia promedio del usuario en la instalación, etc.).

Existen otras formas de clasificar las variables a evaluar. Sin embargo, es necesario señalar que, en los ensayos de simulación, no es posible establecer clasificaciones rígidas, ya que una variable puede fácilmente pasar de una categoría a otra, o incluso pertenecer a ambas simultáneamente. Se verá que las clasificaciones son antes formales (con fines didácticos) que rígidas (o teóricas).

Se han configurado los modelos con la intención de obtener información sobre algunas variables, siendo éstas "descriptivas" de acuerdo a las características de la simulación. La interpretación correcta de estas variables permite perfeccionar todo diseño.

Información sobre cualquier variable de cálculo puede ser obtenida por medio de la Opción Estándar de Salida. Esto significa que

un programa de simulación GPSS automáticamente imprime, con un formato de impresión adecuado, importantes datos del sistema. No se necesitan sentencias especiales para obtener esta "salida" o para especificar su formato. Simplemente es obtenida, sin pedir por ella.

Obviamente ésta es una opción de mucha utilidad, que reduce la posibilidad de cometer errores al preparar una impresión.

Siempre que se estime conveniente, en el transcurso del ensayo, para cada uno de los modelos propuestos, se hará un comentario sobre las variables asociadas a sus respectivos bloques.

### 1.3 PROCEDIMIENTOS A UTILIZAR.-

Fundamentalmente el desarrollo del ensayo está vinculado al empleo de los siguientes métodos de evaluación :

- a) Método de la Cavidad Zonal.
- b) Método de Simulación de Sistemas.

En los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular ambos métodos son tratados simultáneamente y se les ha dado un carácter complementario.

A continuación se verá, de cada uno de los dos métodos de evaluación, únicamente lo que ha constituido motivo de su selección para llevar adelante el ensayo.

- a) Método de la Cavidad Zonal.

Respecto a otros métodos de diseño, se considera que el método de la Cavidad Zonal proporciona una mayor exactitud y una gran flexibilidad en los cálculos de iluminación.



El área de iluminar se estima dividida en tres cavidades (cavidad del techo, cavidad del local y cavidad del piso), las cuales tienen reflectancias eficaces las unas respecto a las otras y al plano de trabajo.

Asimismo este método, adoptado por la Sociedad de Ingeniería de Iluminación (IES), mantiene el concepto básico de que la iluminación es igual al flujo de luz sobre un área (método del lumen).

Es especialmente beneficioso, para el desarrollo del ensayo, el tratamiento que se da a los "factores de pérdida de iluminación".

Estos están agrupados como factores "no recuperables" y factores "recuperables". Como se verá oportunamente, estos factores varían en función del tiempo y la aplicabilidad de los datos es siempre la consideración más importante.

Ya que la exactitud de los cálculos de iluminación está influenciada por el grado de exactitud involucrado en estos factores, se estima que el criterio de "aplicabilidad" está relacionado con el "estado de la técnica" o actual nivel de conocimientos de un medio.

Es así que el Método de la Cavidad Zonal recomienda asumir el valor unitario cuando se desconoce (o es inaplicable) algún factor de pérdida de iluminación.

Se verá que esto no le resta "generalidad" a un modelo, simplemente describe una situación real.

Otra consideración importante es que algunas variables de cálculo son influenciadas por procesos aleatorios o "pseudo-aleatorios"; esto se cumple tanto para eventos simulados un gran

número de veces, como para lámparas, accesorios, etc. que, como se sabe, tienen una fiabilidad inherente.

Como consecuencia de todas estas consideraciones, se intuye que una solución "descriptiva" (tal como la que se obtiene de un modelo de simulación) resulta de invalorable utilidad.

Es necesario señalar que la reinterpretación que se hace de este método, se fundamenta en otorgarle validez no solamente porque la solución obtenida no excede cierto límite prefijado, sino esencialmente por la frecuencia de ocurrencia de los - eventos simulados. Esto significa que de todas las soluciones obtenidas, todas ellas consideradas posibles, se elige la más probable; es decir, aquella que posea mayor frecuencia de ocurrencia.

#### b) Método de Simulación de Sistemas.

La utilización del Método de Simulación de Sistemas se debe, en primer lugar, a la necesidad de establecer un modelo de una situación real o potencialmente real, y luego realizar experimentos en ese modelo, buscando perfeccionarlo en el tiempo. Se comprende fácilmente las ventajas de emplear este método, en el área de instalaciones eléctricas, frente a otros métodos que involucren la construcción de modelos físicos.

Simular en GPSS, es la forma de usar una computadora para producir un modelo razonable de un sistema bajo estudio. Este modelo toma la forma de un programa, el cual contiene "entidades" que representan los elementos de un sistema real.

Como se verá oportunamente existen opciones que permiten "copiar" las unidades de tránsito o transacciones, ya sea que

éstas representen lámparas, fallas en el sistema, etc.

En segundo lugar, se ha visto la conveniencia de darle un tratamiento probabilístico y estadístico a las variables relacionadas al cálculo de la iluminación. Tratamiento probabilístico, pues se usan modelos para hacer deducciones relativas a eventos que pudieran suceder en la operación física real o potencialmente real. Tratamiento estadístico, en cuanto se examinan resultados de sucesos repetitivos, tratando de interpretarlos luego correctamente para "perfeccionar" el cálculo de instalaciones eléctricas.

Cuando un proyecto justifica el empleo del Método de Simulación de Sistemas, la "confianza" o grado de seguridad de obtener conclusiones satisfactorias dependerá de los parámetros que se estiman, de la naturaleza de los datos, de la fiabilidad inherente a los artefactos seleccionados, etc.

Si bien estos factores condicionan el carácter "descriptivo" de las soluciones, el modelo mismo y su utilidad trasciende estos condicionamientos, pues se sabe que el "estado de la técnica" o nivel de conocimientos de un medio, evoluciona con el transcurso del tiempo.

Todas estas consideraciones hacen necesaria una adecuada explicación de los modelos propuestos, así como de las funciones de los principales bloques que conforman estos modelos. Asimismo se tratará oportunamente sobre las principales Opciones que tienen los modelos de simulación propuestos.

Finalmente se hará una interpretación adecuada de los resultados obtenidos. El hecho mismo de hacer extensivo el uso de un lenguaje computacional de "alto nivel" (tal como GPSS) hace

necesario seguir con la lógica propuesta para realizar el ensayo. La explicación, por lo tanto, será lo más didáctica posible.

#### 1.4 MEDIOS DE EVALUACION.-

Para la evaluación de las diversas etapas del ensayo de simulación en el diseño de las instalaciones eléctricas de iluminación de la Biblioteca Modular, se tomará al GPSS ("General Purpose Simulation System") como principal instrumento de evaluación. En general, los lenguajes de simulación, tal como el GPSS (versión desarrollada por IBM Co.) fueron creados para satisfacer los siguientes objetivos:

- a) Proporcionar una estructura "generalizada" para diseñar modelos de simulación.
- b) Proporcionar una vía rápida de conversión de un modelo de simulación en un programa computacional.
- c) Proporcionar un medio rápido de hacer cambios en el modelo de simulación, que puedan ser rápidamente incorporados al programa.
- d) Proporcionar un medio rápido de obtención de útiles resultados para su posterior análisis.

El GPSS es un lenguaje computacional de "alto nivel" ;esto quiere decir que una simple instrucción dada, causa la ejecución de numerosas instrucciones "asociadas", que directamente no le interesan al diseñador.

Por esta razón se verá que, en lo posible, ciertos "bloques" del programa serán asociados a las variables del cálculo de iluminación, conscientes de la simplicidad de comparación.

Asimismo se verá que la flexibilidad de este lenguaje permite - realizar múltiples operaciones, si se interpretan correctamente las opciones del programa de control.

Oportunamente se tratará sobre las principales Opciones que tiene este instrumento de evaluación, en los modelos de simulación propuestos.

#### 1.5 PERIODOS DE EVALUACION.-

Los periodos de evaluación, en general, son establecidos a criterio del diseñador, dadas las características propias de cada modelo de simulación propuesto.

En el presente ensayo, se ha preferido fijar periodos de evaluación no mayores a los dos años, basados en las características de la vida media de las lámparas fluorescentes.

Cuando se ejecuta un programa de simulación, el computador "simula" el comportamiento del sistema.

También sigue, paso a paso, lo que sucede en diferentes puntos del sistema y acumula estadísticas mientras se realiza la corrida del programa.

Luego provoca una opción de "salida", a partir de la cual puede deducirse el comportamiento del modelo. Esta salida está condicionada por los periodos de evaluación, y puede tratarse de múltiples salidas.

Asimismo existen opciones que definen el contador de terminación de la corrida; el cual, en combinación con otros bloques, determina la longitud de corrida de la simulación. Esto quiere decir que, de acuerdo a la conveniencia de la situación, se define una unidad de tiempo (minutos, horas, meses, años, etc.) y los correspondientes períodos de evaluación, en cualquier unidad de tiempo conveniente a la situación.

Dada la naturaleza del ensayo, se ha visto necesario hacer uso extensivo de estas opciones. Por ejemplo, son de interés para el cálculo de la instalación eléctrica de iluminación, la utilización de "minutos" de los recursos, la depreciación "horaria" del flujo luminoso, la depreciación "mensual" por suciedad en las luminarias, etc.

De acuerdo al tipo del modelo de simulación propuesto y a criterio del diseñador, se establece la necesaria coordinación entre todo tiempo referenciado y los períodos de evaluación fijados.

También se tiene la opción de fijar la longitud de corrida de la simulación, en base a un número discreto de unidades de tránsito (o transacciones) "terminadas" o eliminadas definitivamente del sistema.

#### 1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ENSAYO.-

Dadas las características "generalizadas" de los modelos de simulación propuestos, se puede afirmar que éstos son aplicables a establecimientos similares a la Biblioteca Modular, haciendo uso cuidadoso de las diferentes Opciones que éstos poseen.

Se ha visto conveniente, realizar el presente ensayo únicamente en los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular, por las siguientes razones:

a) El énfasis del ensayo no está en realizar la instalación eléctrica de iluminación de un gran número de ambientes integrantes de un establecimiento, tal como la Biblioteca Modular. Bastaría ensayar unos pocos ambientes y la aplicabilidad de los modelos propuestos en ambientes similares puede inferirse fácilmente.

b) Dada la progresiva utilización de programas de aplicación en arquitectura, el diseño definitivo está sujeto a consideraciones multidisciplinarias.

Se habla entonces de situaciones reales o potencialmente reales, que se busca perfeccionarlas. Dentro de este contexto se ha desestimado realizar el ensayo de simulación en un ambiente arquitectónico específico o diseño definitivo.

c) Realizar el ensayo de simulación únicamente en los Módulos significa profundizar sobre las opciones del usuario final en el diseño de las instalaciones de establecimientos similares a la Biblioteca Modular.

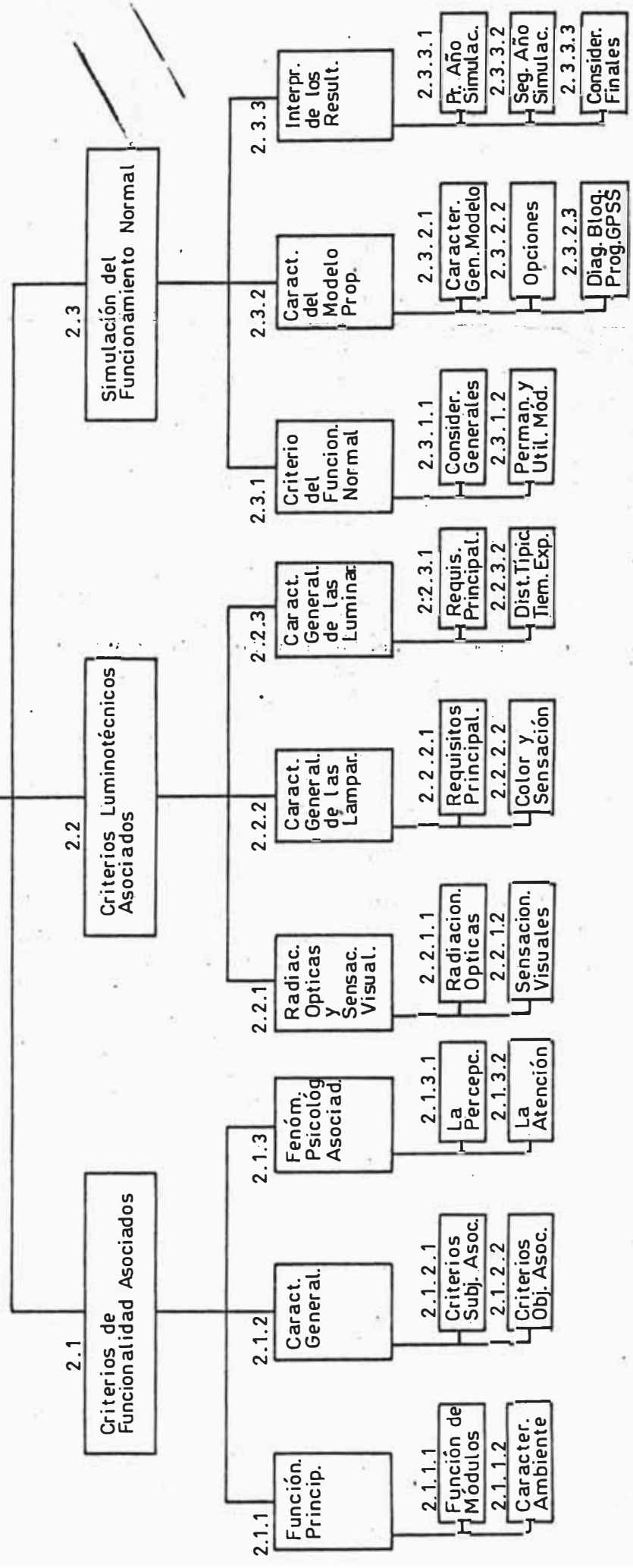
Ya que son las unidades de tránsito o transacciones las que activan los bloques de los modelos de simulación, puede demostrarse fácilmente que, cuando la situación lo justifique, pueden aplicarse los modelos propuestos a otros ambientes de la Biblioteca Modular.

CAPITULO II

.



# II REQUERIMIENTOS DEL LOCAL Y AMBIENTE



## REQUERIMIENTOS DEL LOCAL Y AMBIENTE

En este Capítulo se da inicio a la descripción de aquellas características del "diseño prototipo" que servirán de base para el perfeccionamiento de las situaciones descritas por los modelos de simulación GPSS.

En términos generales, una Biblioteca Modular está conformada por varios ambientes o lugares donde se puede consultar libros y revistas, desarrollar tareas escolares, pre-universitarias, universitarias y otras actividades vinculadas a la formación intelectual del usuario. En todos los casos, el usuario es asesorado para que cumpla con sus objetivos de la mejor manera posible y para vincular su actividad con el efecto producido por la instalación eléctrica de iluminación. El carácter "modular" de la Biblioteca se debe principalmente a la integración de diferentes ambientes, donde son realizadas actividades similares, pero con matices ligeramente distintos. Se ha adoptado así uno de los significados de la palabra "modular", (Modular = Pasar de una tonalidad a otra distinta), el cual no está necesariamente en contradicción con el significado que tiene en la "Arquitectura de Sistemas", como se verá oportunamente.

Interesa, pues, simular las actividades en los módulos para perfeccionar el diseño en el transcurso del tiempo, buscando las mejores condiciones para las tareas visuales asociadas.

Se ha previsto que los modelos de simulación propuestos den informa-

ción principalmente sobre los módulos integrantes de la Biblioteca Modular.

## 2.1 Criterios de Funcionalidad Asociados.

En esta Sección se hará referencia a las características del diseño prototipo que sirven de base a los modelos de simulación propuestos; asimismo se hará referencia a todas aquellas características que se postulan como recomendables para todo establecimiento similar a la Biblioteca Modular y que, por lo tanto, trascienden el diseño específico y tienen como objetivo el perfeccionamiento de la Instalación eléctrica de iluminación en el tiempo.

### 2.1.1 Funciones Principales

Se tratará en esta Sección sobre la función principal de cada uno de los módulos integrantes de la Biblioteca Modular y se comentará asimismo sobre las condiciones ambientales del establecimiento en ensayo.

Se han definido como Módulos, únicamente los siguientes ambientes de la Biblioteca Modular:

- Módulo Sala de Lectura Silenciosa.
- Módulo Sala de Dibujo.
- Módulo Sala de Estudio en Grupo.
- Módulo Sala de Conferencias.

### 2.1.1.1 Función de los Módulos.

#### a) Módulo Sala de Lectura Silenciosa

Podrá recibir hasta 72 usuarios, distribuidos en 9 mesas, en un determinado instante. Los usuarios podrán consultar libros, revistas, periódicos, etc. ya sea que éstos fueran o no propiedad de la Biblioteca.

El estudio y/o investigación se realizará bajo un régimen de estricto silencio, por lo que se considera que el usuario realizará sus tareas en forma individual.

#### b) Módulo Sala de Dibujo.

Podrá recibir en un determinado instante hasta 8 usuarios, distribuidos en 8 tableros. Los usuarios podrán realizar sobre los tableros labores de dibujo (artístico, publicitario, etc.), diseño (arquitectónico, eléctrico, mecánico, etc.) u otras actividades afines. Se permitirá un timbre moderado de voz, en la posible conversación entre los usuarios.

#### c) Módulo Sala de Estudio en Grupo.

Cada uno de éstos Módulos podrá recibir en un determinado instante hasta 8 usuarios, distribuidos en dos mesas. Se permitirá el estudio y/o investigación, lectura de libros (ya sea que éstos pertenezcan o no a la Biblioteca) y demás actividades afines realizadas en grupo, pero bajo un timbre moderado de voz.

#### d) Módulo Sala de Conferencias.

Cada uno de estos Módulos podrá recibir en un determinado instante hasta 60 usuarios, distribuidos en asientos individuales. Durante una conferencia los usuarios podrán tomar apuntes, leer manuales y demás actividades afines. Se permitirá un timbre moderado de voz, pero guardando siempre la compostura que el establecimiento exige.

Los otros ambientes, que completan el diseño prototipo, y sobre los que no se realizará el presente ensayo de simulación de sistemas, son :

- Ambiente Estanterías,
- Ambiente Entrada,
- Ambiente Pasadizo,
- Ambiente Baño de Usuarios,
- Ambiente Comedor,
- Ambiente Cocina,
- Ambiente Depósito,
- Ambiente Vigilancia,
- Ambiente Baño (Estantería),
- Ambiente Baño (Comedor),
- Ambiente Jardines Exteriores,

#### 2.1.1.2 Características del Ambiente.

##### a) Area geográfica.

El diseño prototipo ha sido ubicado en el Area de Lima Metropolitana.

La ubicación geográfica caracteriza no solamente la idiosincrasia del usuario medio, las posibilidades de los horarios de atención, etc., sino fundamentalmente las condiciones climáticas de la región. En general, se sabe que los factores de pérdida variarán con la región, para instalaciones en es-

tablecimientos similares a la Biblioteca Modular.

b) Atmósfera del Area.

Debido a las características de limpieza que debe reunir toda biblioteca, se ha incluido, en los modelos de simulación propuestos, dos Opciones : Atmósfera Limpia y Atmósfera Muy Limpia.

Son descritas así condiciones mejores que la condición promedio, lo que significa principalmente poco o nada de suciedad generada dentro del mismo ambiente ; también, poco o nada de suciedad proveniente de la atmósfera que rodea a la Biblioteca Modular.

Estas condiciones afectan principalmente los factores de pérdida por suciedad en las luminarias y por ensuciamiento de las paredes del local, cuya evaluación es necesaria en el cálculo de la instalación eléctrica de iluminación en establecimientos similares a la Biblioteca Modular.

2.1.2 Características Generales.

Se tratará en esta Sección sobre los Criterios Subjetivos y los Criterios Objetivos asociados a la funcionalidad de la Biblioteca Modular. Se considera que estos criterios condicionan el diseño de las instalaciones eléctricas de iluminación bajo diferentes niveles de "prioridad".

Para lograr un mejor entendimiento del ensayo de simulación propuesto y de la búsqueda de su perfeccionamiento en el tiempo, se mencionarán a continuación aquellos criterios de mayor

prioridad.

### 2.1.2.1 Criterios Subjetivos Asociados.

Se comentará en esta Sección sobre aquellos criterios que trascienden el diseño específico, describiendo más bien aspectos cualitativos, de tal manera que el diseño prototipo cumpla con sus objetivos.

Los principales Criterios Subjetivos Asociados, condicionantes del éxito del ensayo son : Comodidad y Versatilidad.

#### a) Comodidad.

Las decisiones que se toman sobre la instalación, deberán crear un ambiente que ejerza una influencia positiva sobre el sentimiento de bienestar y el rendimiento (comodidad visual) de los usuarios de la Biblioteca Modular.

Se sabe que toda persona intuye el significado de comodidad en un local, aún cuando no esté habituada a frecuentar un establecimiento específico.

A continuación se mencionarán características relacionadas con la comodidad en ambientes similares a una Biblioteca Modular y que influyen el efecto final producido por la instalación eléctrica de iluminación.

- a.1) El empleo de grandes ventanas (o manparas) es una característica de diseño muy deseada. Convenientemente ubicadas, éstas mantienen un vínculo visual del interior con el exterior, humanizando de esta manera la estructura interna.

- a.2) El uso correcto del color expresa el carácter de una construcción y el espíritu que está destinado a comunicar. Un aire austero y eficiente de una edificación indica estudio y concentración. Así el suelo, como la tierra que pisamos, deberá dar una impresión de gravedad. Por lo tanto, deberá tener tonos grises o castaños de la arcilla o de la tierra rocosa. Las paredes deberán tener colores variados, como los arbustos floridos y los árboles, y todo lo que se eleva por encima de la tierra sólida. El techo deberá ser: claro y aéreo, en tonos blancos o de suaves sombras rosas y azules, como el cielo despejado.
- a.3) Una distribución de planta baja a nivel del suelo es preferible, ya que representa lo antimonumental y contrasta en forma marcada con las aspiraciones colosales y el tratamiento en masa de los usuarios.
- a.4) Una diferenciación de los ambientes que conforman el local y un muro (cerco) perimétrico, son recomendables pues hacen renacer una forma de construcción tan antigua como la casa cerrada misma.
- a.5) El empleo de materiales aislantes en la edificación contribuye a dar resultados óptimos en cuanto a rendimiento y sensación de comodidad de los usuarios. Al atenuar los efectos que los bruscos cambios de temperatura pueden causar, un buen aislante térmico hace factible un eficiente estudio.



a.6) El aislamiento acústico de los ambientes de una edificación contribuye a crear un ambiente favorable para el estudio. Se sabe que el rendimiento de una persona disminuye en grandes proporciones, tanto en cantidad como en calidad, al encontrarse distraída por ruidos.

b) Versatilidad.

El criterio de versatilidad debe entenderse como la facilidad de transformar o convertir los ambientes de un establecimiento para futuras aplicaciones.

Esto significa que deberá considerarse la necesidad de variar la función de algunos Módulos; por lo tanto, la instalación eléctrica de iluminación debe permitir el futuro reacomodo de estos ambientes, dentro del periodo de vida útil de la Biblioteca Modular. Una manera de satisfacer el criterio de versatilidad, es adoptar el plan de diseño de "espacio abierto", el cual permitiría en el futuro, por ejemplo en el Módulo Sala de Lectura Silenciosa, la instalación paulatina de estaciones individuales de estudio.

#### 2.1.2.1 Criterios Objetivos Asociados.

En esta Sección se comentará sobre aquellos criterios que tienen un valor finalmente cuantitativo y son puntos de partida para los modelos de simulación propuestos.

Estos criterios se establecen en base a la validez de ciertas premisas y, dada la importancia de perfeccionar las instalaciones donde los usuarios realizan tareas especifi-

cas, se referirán únicamente a los Módulos.'

a) Módulo Sala de Lectura Silenciosa

a.1) Dimensiones principales

Largo = 25.0 m; Ancho = 12,5 m; Altura = 4,85 m.

a.2) Color.

a.2.1) Reflectancia Efectiva de la Cavidad del Techo = 70%.

Este valor expresa un techo de acabado claro, color blanco liso o tonalidades afines (Factor de Reflexión:65 - 85%).

a.2.2) Reflectancia de la Pared = 30%

Este valor describe una pared con colores del "tabaco", los cuales son convenientes para el estudio, pero con amplias ventanas en el perímetro (Color marrón claro - factor de reflexión : 45 - 55% ; Color verde claro - factor de reflexión : 40 - 50% ).

a.2.3) Reflectancia Efectiva de la Cavidad del Piso = 20%.

Este valor expresa un piso de acabado oscuro, color marrón oscuro o tonalidades afines. (Factor de Reflexión:10 - 25%).

a.3) Mobiliario.

Mesas/ Estantes / Escritorios.

Acabado mate.

b) Módulo Sala de Dibujo.

b.1) Dimensiones principales.

Largo = 12,5 m; Ancho = 5,0 m; Altura = 4,85 m.

b.2) Color.

b.2.1) Reflectancia Efectiva de la Cavidad del Techo = 80%

Este valor expresa un techo de acabado claro, blanco liso

o tonalidades afines (Factor de Reflexión : 65 - 85% ).

b.2.2) Reflectancia de la Pared = 50%

Este valor describe una pared con colores medios, marfil amarillo o tonalidades afines (Factor de Reflexión : 30 - 70%), pero con una amplia ventana hacia el jardín exterior.

b.2.3) Reflectancia Efectiva de la Cavidad del Piso = 20%

Este valor expresa un piso de acabado oscuro, color marrón oscuro o tonalidades afines. (Factor de Reflexión: 10 - 25%).

b.3) Mobiliario.

Mesa de dibujo.

Acabado mate.

c) Módulo Sala de Estudio en Grupo.

c.1) Dimensiones principales.

Largo = 5,0 m; Ancho = 4,35 m; Altura = 4,85 m.

c.2) Color

c.2.1) Reflectancia Efectiva de la Cavidad del Techo = 80%

Este valor expresa un techo de acabado claro, color blanco liso o tonalidades afines. (Factor de Reflexión.65 - 85%).

c.2.2) Reflectancia de la Pared = 30%

Este valor describe una pared con colores del "tabaco", los cuales son convenientes para el estudio, pero con amplias ventanas en el perímetro (Color marrón claro - factor de reflexión : 45 - 55%; color verde claro - factor de reflexión : 40 - 50 %).

c.2.3) Reflectancia Efectiva de la Cavidad del Piso = 20%

Este valor expresa un piso de acabado oscuro, color marrón

oscuro o tonalidades afines. (Factor de Reflexión:10-25%).

c.3) Mobiliario

Mesas/ Estantes

Acabado Mate.

d) Módulo Sala de Conferencias.

d.1) Dimensiones principales.

Largo = 12,5 m ; Ancho = 5,0 m ; Altura = 4,85 m.

d.2) Color

d.2.1) Reflectancia Efectiva de la Cavidad del Techo = 70%

Este valor expresa un techo de acabado claro, color blanco liso o tonalidades afines. (Factor de Reflexión:65 - 85% ).

d.2.2) Reflectancia de la Pared = 50%

Este valor describe una pared con colores medios, marfil amarillo o tonalidades afines (Factor de Reflexión : 30 - 70 %), pero con una amplia ventana hacia el jardín exterior.

d.2.3) Reflectancia Efectiva de la Cavidad del Piso = 20 %

Este valor expresa un piso de acabado oscuro, color marrón oscuro o tonalidades afines. (Factor de Reflexión : 10 - 25 %).

d.3) Mobiliario.

Asientos Escritorios

Acabado mate.

2.1.3 Fenómenos Psicológicos Asociados.-

En esta Sección se tratará sobre dos fenómenos que están íntimamente ligados con el efecto favorable que debe causar la instalación eléctrica de iluminación en establecimientos similares a la Biblioteca Modular : La Percepción y la Atención. La adecuada comprensión de estos fenómenos ayudará en la correcta toma de decisiones sobre el equipamiento de una instalación.

#### 2.1.3.1 La Percepción.

Se sabe que la percepción es un acto complejo de naturaleza cognitiva mediante el cual el ser humano aprende la realidad. En ella influyen, por un lado, las características de los estímulos que activan los órganos de los sentidos y, otro, las características de la persona que realiza la percepción y otras variables de tipo intelectual e incluso cultural.

Se ha comprobado que el hombre tiende a estructurar los estímulos simples en formas más complejas. En esta agrupación estimular intervienen los siguientes principios :

a) Proximidad.

A igualdad de condiciones, se tiene la tendencia a percibir las cosas que están próximas como si formaran un grupo.

b) Semejanza.

En virtud de este principio se ven las cosas semejantes como partes constitutivas de una misma estructura.

c) Simetría.

Es la tendencia a agrupar los estímulos en forma simétrica. Estas leyes, que regulan la agrupación de estímulos, condicionan la selección y distribución final del equipamiento de la instalación eléctrica de iluminación.

Un fenómeno que resulta interesante mencionar es el denominado "defensa perceptiva". Se ha observado que el tiempo de exposición necesario para identificar ciertos estímulos varía según la naturaleza de los mismos. Interesa, por lo tanto, garantizar una buena uniformidad del nivel de iluminación, para que no sea éste una variable más en la defensa perceptiva.

#### 2.1.3.2 La Atención

Se ha establecido que para que el organismo lleve a cabo una determinada actividad mental es preciso que reciba una estimulación, de la que pueda extraer información y, además, que atienda; es decir, que esté abierto a la captación de los estímulos.

La atención es, entonces, una condición básica de los procesos cognitivos.

El término "arousal" se utiliza para definir un estado general de activación.

El arousal tiende a mantener activa la capacidad de percibir los estímulos.

Se ha comprobado que el aumento en el nivel de arousal suele ir acompañado de un incremento en el rendimiento hasta llegar a un cierto punto, a partir del cual dicho rendimiento dismi-

nuye. Ahora bien, este tipo de relación depende de la dificultad de la tarea que haya de ejecutarse; pues, el incremento inicial en el rendimiento y su posterior disminución se observan cuando la tarea es difícil, pero no cuando su dificultad es pequeña o moderada.

En la atención influyen variables externas al sujeto y localizadas en el medio ambiente. El diseñador de la instalación eléctrica de iluminación en establecimientos similares a la Biblioteca Modular, tendrá presente aquellas características físicas de los estímulos que con frecuencia contribuyen a "llamar la atención" de los usuarios, haciendo imperfecta la relación tarea del usuario - instalación.

Entre estas características destacan :

- a) Niveles de iluminación no uniformes o cambiantes atraen la atención del usuario.
- b) El deslumbramiento produce sensaciones que van desde una leve distracción hasta una fuerte incomodidad.
- c) Las lámparas quemadas en las luminarias crean un efecto ambiguo del agrupamiento y distraen la atención del usuario, por el efecto antiestético que provocan.

## 2.2 Criterios Luminotécnicos Asociados.-

En esta Sección se tratará sobre aquellos nuevos conceptos que el estado de la técnica pone al alcance del diseñador, para que puedan ser entendidos los ensayos de simulación con

la profundidad requerida. Asimismo se postularán como recomendables una serie de características vinculadas a la instalación eléctrica de iluminación de establecimientos similares a la Biblioteca Modular.

### 2.2.1 Radiaciones Ópticas    Sensaciones Visuales.-

La teoría cuántica, la investigación psicológica y la experimentación fotobiológica permiten entender, con mayor propiedad, los fenómenos vinculados a la iluminación.

Se busca perfeccionar los sistemas para satisfacer los requerimientos del usuario final de la instalación en el tiempo. Interesa entonces obtener información sobre el comportamiento del usuario y de los ambientes que ocupa.

A continuación se comentará sobre las Radiaciones Ópticas y Sensaciones Visuales, para integrar estos conceptos en el ensayo de simulación propuesto.

#### 2.2.1.1 Radiaciones Ópticas.-

Dentro del espectro electromagnético se ha definido la "radiación visible" con longitudes de onda de 380 a 780 nm; la ingeniería de iluminación trata exclusivamente con las radiaciones ópticas, buscando un mejor entendimiento de sus efectos.

Se ha establecido que cualquier flujo de radiación lleva energía desde un cuerpo emisor hacia un cuerpo que la absorbe, resultando de allí un continuo intercambio de energía entre todos los cuerpos del ambiente.



Se entiende que el usuario, en un establecimiento similar a la Biblioteca Modular, se halla expuesto a estas radiaciones y luego de un periodo de adaptación visual, éstas estimularán los fenómenos psicológicos tratados anteriormente.

Se sabe que cuando la radiación se propaga en un medio, si se producen colisiones elásticas, la radiación primaria es dispersada. Se ha establecido (Efecto Raman) que la probabilidad de que la energía del fotón aumente o disminuya durante una colisión es considerablemente pequeña comparada con la probabilidad de ocurrencia de una colisión eléctrica, de allí que las radiaciones anexas tengan una luminancia muchas veces menor que la radiación incidente.

Todos estos procesos ocurren simultáneamente con la realización de la tarea visual del usuario.

La simulación permite tratar simultáneamente estos fenómenos, postulando evaluaciones subjetivas y analizando los resultados, en búsqueda de un perfeccionamiento en el tiempo, en situaciones que justifiquen el empleo de la Simulación de Sistemas.

#### 2.2.1.2 Sensaciones Visuales.-

Se sabe que en el medio físico se suceden continuamente distintos cambios de energía, que estimulan los órganos sensoriales; éstos responden a algunos de dichos cambios del entorno, produciendo una excitación que se transmite a lo largo de las fibras nerviosas en forma de impulso nervioso. No puede hablarse de sensación, sin embargo, hasta que dicho impulsor llega a la zona correspondiente de la corteza cere-

bral. En estas áreas es donde los impulsos nerviosos dan lugar a la sensación correspondiente.

Se conocen como estímulos visuales a las radiaciones comprendidas entre 380 - 780 nm, los cuales son responsables por las sensaciones visuales.

Las sensaciones visuales nos dan información sobre la luminosidad, color, tamaño y forma de los objetos, así como de su movimiento y posición relativa.

Sin embargo, el proceso de transformación mediante el cual una energía física se convierte en una sensación, sigue siendo inexplicable.

Es recomendable, por tanto, tratar sobre causas y posibles efectos, en búsqueda del perfeccionamiento del efecto producido por la instalación eléctrica de iluminación.

Para establecer la dependencia entre el nivel de la sensación visual y las características de la radiación incidente sobre el ojo, se postula en este ensayo la utilización del método de la Simulación de Sistemas. Para ello es necesario confeccionar modelos de aplicación general y ensayarlos con datos posibles (cuya exactitud se irá perfeccionando con la experimentación). Asimismo interesa la correcta interpretación de los resultados obtenidos generalmente a través de la Opción Estándar de Salida.

Se han realizado experiencias interesantes que contribuyen a fundamentar las relaciones antes propuestas. Por ejemplo, se tiene la acción fotobiológica de las radiaciones sobre las plantas.

Se ha establecido así que las radiaciones ricas en rojo (600 -

670 nm) estimulan el desarrollo y florecimiento de las plantas, disminuyendo por esta causa su periodo vegetativo.

En cambio, las radiaciones ricas en azul (400-500 nm) estimulan la síntesis proteica de las plantas y evitan su florecimiento. Los modelos GPSS favorecen la investigación en las tareas visuales específicas de los usuarios en establecimientos similares a la Biblioteca Modular, debido al carácter estadístico y probabilístico de los eventos simulados.

Finalmente, es necesario señalar un fenómeno cuya investigación se ve favorecida por la característica "descriptiva" de las soluciones obtenidas a partir de los modelos de simulación de propósito general. Se ha establecido ("Ley de Weber y Fechner") que mientras la intensidad del estímulo experimenta un incremento geométrico, la intensidad de la sensación lo hace en una proporción aritmética. Por lo tanto, en ensayos de simulación en instalaciones eléctricas de iluminación de establecimientos similares a la Biblioteca Modular, no se recomiendan soluciones matemáticas exactas.

### 2.2.2 Características Generales de las Lámparas.-

En esta Sección se tratará sobre aquellas características de las lámparas seleccionadas que se han estimado de mayor prioridad en la investigación de las relaciones estímulo - sensación, para el perfeccionamiento de la función de la instalación eléctrica de iluminación.

### 2.2.2.1 Requisitos Principales.-

A continuación se comentará sobre los requisitos de las lámparas fluorescentes que favorecen la relación estímulo - sensación, en establecimientos similares a la Biblioteca Modular.

#### a) Bajo Brillo.

Las lámparas fluorescentes son consideradas fuentes luminosas de bajo brillo.

Cuando una instalación eléctrica de iluminación produce deslumbramiento, el usuario siente desde una sensación de molestia que distrae su atención, hasta una sensación de fatiga que aumenta con el tiempo.

#### b) Buena Duración.

En un agrupamiento de lámparas, de un determinado ambiente, las lámparas quemadas causan una sensación antiestética, y crean ambigüedad en la apariencia regular que deben procurar las disposiciones. Asimismo, el carecer de este requisito provocaría niveles no uniformes de iluminación en el ambiente, donde el usuario realizará sus tareas visuales.

#### c) Buena Eficacia.

Las lámparas fluorescentes logran una elevada eficacia, combinando asimismo un buen rendimiento en color. Esto puede interpretarse también como un menor número final de unidades; y para el usuario, un agrupamiento mejor identificable y menos "llamativo" de la atención.

#### 2.2.2.2 Color y Sensación.-

Se comentará, a continuación, sobre algunos aspectos cualitativos de la relación color-sensación, que servirán de base para seleccionar el equipamiento del "diseño prototipo" de la Biblioteca Modular.

- a) Se ha establecido que durante el proceso de adaptación visual, el ojo humano se hace más sensible a la energía de las radiaciones menos abundantes en las fuentes luminarias de la iluminación general.
- b) Se sabe que existen 3 receptores sensitivos de color ("teoría de Helmholtz") en la retina del ojo humano, responsable por las sensaciones de los colores saturados (rojo, verde, azul). La sensación de color se produce por los estímulos sobre estos receptores, expuestos a una radiación con una determinada composición espectral.
- c) Cuando se esperan largos periodos del usuario en las tareas visuales a realizar, se ha establecido que la acentuación desigual de los colores saturados en una composición espectral, produce sensaciones desagradables en el organismo humano.
- d) En establecimientos similares a la Biblioteca Modular, donde existan ambientes con niveles de iluminación general, inferiores a las 1000 lx, y los usuarios realicen tareas visuales individuales y en silencio, predominantemente y es recomendable

estimular adecuadamente la percepción del usuario (algo disminuida por el régimen en que es realizada la tarea visual) instalando fuentes luminosas de apariencia de color cálida.

- e) En establecimientos similares a la Biblioteca Modular, donde existan ambientes con niveles de iluminación general inferiores a los 1000 lx, y los usuarios realicen tareas visuales de atención diversificada prioritariamente (por ejemplo, estudio en grupo, conferencias, etc.) es recomendable favorecer el arousal del usuario, seleccionando fuentes luminosas de tonalidades de luz del día, bajando los tonos cálidos, para neutralizar adecuadamente la estimulación provocada por el régimen en que es realizada la tarea visual.

### 2.2.3 Características Generales de las Luminarias.-

Se comentarán en esta Sección las principales características de las luminarias que favorecen la relación estímulo - sensación en establecimientos similares a la Biblioteca Modular.

#### 2.2.3.1 Requisitos Principales.-

A continuación se mencionarán aquellos requisitos de las luminarias que favorecen la realización de las tareas visuales en los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular.

- a) Baja Luminancia.

El control del deslumbramiento, en aquellas direcciones en

que éste resultaría incómodo, es posible seleccionando un panel difusor prismático.

El deslumbramiento no controlado de las luminarias, provoca en el usuario una sensación de molestia difícil de sobrellevar.

b) Sombras moderadas.

Para las tareas visuales a realizar por los usuarios de la Biblioteca Modular, las sombras producidas no sólo son innecesarias, sino también molestas y perturbadoras de la atención.

El nivel de iluminación producido por las difusiones tipo "envolvente" lleva el mínimo efecto de sombra, en comparación a otras luminarias.

c) Armonía en la disposición.

El equipamiento de la instalación eléctrica de iluminación debe armonizar con la ambientación general. Disposiciones fácilmente identificables son percibidas como "naturales", sin perturbar la atención del usuario. Se ha establecido que el hombre tiene tendencia a la perfección perceptiva.

2.2.3.2 Distribución Típica y Tiempo de Exposición.-

La investigación en torno al sistema de iluminación más ventajoso, en establecimientos similares a la Biblioteca Modular, parte del entendimiento de las formas de conversión de

energía que tienen lugar en el ojo humano.

Se sabe que la energía radiante absorbida por la sustancia sensitiva a la luz del ojo, es transformada en energía química de descomposición molecular de dicha sustancia. Esta energía química es luego transformada en impulsos eléctricos, los cuales son generados en las fibras del nervio óptico y vinculan el ojo con la corteza cerebral. Esta energía es finalmente convertida en la energía de los procesos biológicos responsables por las sensaciones visuales.

Estas sensaciones han de variar en función del tiempo, por factores de diversa índole. Si bien el arousal tiende a mantener activa la capacidad de percibir los estímulos, como se explicó anteriormente, también se sabe que la intensidad de la atención no se mantiene constante en el tiempo.

Para las tareas visuales a realizarse en los Módulos de la Biblioteca Modular se puede establecer que la relación arousal y rendimiento en tareas de discriminación carece de variaciones bruscas, observándose cierta constancia de relación, en promedio.

Los fenómenos antes descritos permiten establecer recomendaciones específicas sobre la distribución típica de las luminarias y sus efectos en los usuarios de establecimientos similares a la Biblioteca Modular.

Complementario a todo esto, es la investigación sobre los valores cuantitativos del Tiempo de Exposición que describen las mejores condiciones para las relaciones estímulo - sensación en un ambiente determinado.

Posteriormente se comentará sobre los bloques de los modelos de simulación ensayados que facilitan relevante información, en base a premisas posibles, para el establecimiento de relaciones estímulo - sensa-



ción, que perfeccionen la instalación eléctrica de iluminación en el tiempo.

Teniendo en cuenta las características ya descritas de la Biblioteca Modular (aquellas de mayor prioridad) y los fenómenos anteriormente comentados, ha sido propuesto el sistema de iluminación semi - directo como el más conveniente para la iluminación general de las tareas visuales a desarrollarse. Se ha recomendado, también, una distribución típica en la que el 60% aproximadamente de la luz se envía directamente al plano de trabajo, y el resto - ilumina moderadamente el techo.

Estas características favorecen la relación arousal, rendimiento, tiempo de exposición, que afectan al usuario en la instalación.

A continuación se mencionan los efectos favorables obtenidos con el sistema de iluminación propuesto como el más conveniente en el ensayo de simulación.

- a) Se mantiene la sensación de plasticidad, casi invariable en el tiempo. Las formas, texturas, contornos no pierden nitidez. Todo esto contribuye a evitar la monotonía, que crea una sensación de malestar en el usuario.
- b) Se establece una moderada relación del brillo entre el techo y la luminaria. Esto favorece una sensación de amplitud en el ambiente. Los techos oscuros causan la sensación de pesadas cargas en los usuarios, lo cual favorece bruscas variaciones en la relación arousal - rendimiento.
- c) Se producen sombras suaves. En las tareas visuales a desarrollarse

en los Módulos de la Biblioteca Modular, las sombras no sólo son innecesarias, sino que crean una sensación de molestia, cuya intensidad puede no variar, pero su presencia distrae, a intervalos irregulares, al usuario de la instalación.

### 2.3 Simulación del Funcionamiento Normal.-

En esta Sección se tratará sobre el funcionamiento u operación de la Biblioteca Modular como establecimiento de servicio, bajo condiciones normales.

La Sección consta de 3 partes : Criterio del Funcionamiento Normal, Características del Modelo Propuesto e Interpretación de los Resultados.

Cada una de estas Secciones facilitará el entendimiento de lo que en buena cuenta constituye el primer nivel en la relación usuario - instalación; es decir, un modelo de simulación que describa el paso esperado del usuario por la instalación.

El diseñador de la instalación eléctrica de iluminación propondrá ( o, de acuerdo al estado de la técnica, requerirá) los modelos de simulación adecuados, cuando sea menester perfeccionar una instalación en el tiempo. En esta circunstancia, tanto la instalación como los usuarios dejan de ser tratados como elementos "estáticos".

La Opción de Salida Estándar presenta los resultados obtenidos en forma bastante clara, pero es necesario entender la lógica del modelo propuesto.

### 2.3.1 Criterio del Funcionamiento Normal.-

Se ha configurado un modelo de simulación de propósito general que satisface los requerimientos del ensayo propuesto; es decir, proporcionará información al diseñador fundamentalmente en los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular.'

Ya que se ha fijado el periodo de simulación en 2 años, el modelo propuesto se ha ensayado 2 veces (ensayo anual), para sendos juegos de valores (premisas) esperados anuales. Se inicia así el diseño bajo el criterio de la situación más probable.

Como funcionamiento normal se ha definido el servicio cotidiano de la Biblioteca Modular, el comportamiento de los usuarios (para el periodo de simulación), y la respuesta de la instalación eléctrica de iluminación dentro de circunstancias previstas o planificadas como comunes (normales).

#### 2.3.1.1 Consideraciones Generales.-

Como se explicó oportunamente, los bloques de los modelos de simulación permanecerán estáticos, mientras no sean "activados" por las unidades de tráfico o transacciones.

Para el modelo de simulación propuesto (Simulación del Funcionamiento Normal) las transacciones representan usuarios o grupos de usuarios; el ensayo se realiza solamente en los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular y los periodos de simulación son anuales. A continuación se ampliarán un poco estos comentarios.

a) Los Usuarios.

Cada usuario o grupo de usuarios está representado en el modelo de simulación propuesto, por transacciones. Todos los usuarios serán asesorados en las tareas visuales específicas a desarrollar en los Módulos; de esta forma, la información obtenida respecto a los usuarios (transacciones) tendrá sentido en el establecimiento de relaciones estímulo - sensación. Esta forma indirecta de evaluación requiere irse perfeccionando en el tiempo, lo cual no altera la validez del modelo propuesto, como se verá oportunamente.

b) Los Módulos.

Como ya se ha expresado, el ensayo de simulación se realizará únicamente en los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular (Módulo Sala de Lectura Silenciosa, Módulo Sala de Dibujo, Módulo Sala de Estudio en Grupo, Módulo Sala de Conferencias). Para ello se han incluido bloques en el recorrido de las transacciones que proporcionarán información fundamentalmente sobre los módulos, en la investigación de relaciones usuario - instalación.

c) Período de Simulación.

El período de simulación, fijado a criterio del diseñador, es de 2 años.

El modelo de simulación propuesto es ensayado anualmente; es decir, para 2 días representativos de 2 años consecutivos. Se entiende que éstas son variaciones naturales previstas o planificadas en el desarrollo de establecimientos similares a la Biblioteca Modular.

### 2.3.1.2 Permanencia Utilización de los Módulos.-

El modelo de simulación propuesto informa sobre la Permanencia y también sobre la Utilización de los Módulos. Estas 2 variables interesan para el perfeccionamiento de la instalación eléctrica de iluminación en el tiempo, pues informan indirectamente sobre la relación estímulo - sensación.

A continuación se comentarán un poco estos conceptos.

#### a) La Permanencia.

La permanencia se define como el tiempo promedio de los usuarios en los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular, dedicados a las tareas específicas, anteriormente descritas. Tanto como el tiempo promedio, interesa otro aspecto de la permanencia; es decir, el número promedio de usuarios que realizan similares tareas visuales dentro del mismo Módulo. Estos aspectos describen la profundidad o especialización de la tarea visual, las características de la atención y del rendimiento; por lo tanto, la iluminación artificial debe satisfacer estos requerimientos específicos. Se trata pues de comprender como las radiaciones de fuentes luminosas artificiales favorecen el sistema perceptivo, cuando éste se pone en marcha y lleva a cabo una tarea de forma continuada (atención sostenida).

La valoración cuantitativa de la permanencia, propuesta posteriormente, se ha hecho considerando las características de los amplios rangos de los umbrales de la estimulación.

## b) La Utilización de los Módulos.-

La utilización de los módulos se define como la fracción promedio que cada Módulo integrante de la Biblioteca Modular ha sido ocupado (parcial o totalmente) por los usuarios, durante el periodo total de simulación.

De acuerdo a las propuestas de la "Arquitectura de Sistemas" sobre diseños, funcionales, los ambientes usados el 80% del tiempo disponible crean la sensación de ambientes compactos en los usuarios.

Esta sensación no es recomendable en establecimientos similares a la Biblioteca Modular, por el efecto inconveniente que tiene sobre la atención y el rendimiento del usuario. Como consecuencia de ello, se deteriora la relación estímulo - sensación y el alumbrado artificial no puede cumplir a plenitud su objetivo.

La "Arquitectura de Sistemas" propone entonces ambientes que puedan "crecer".

Para ello es necesario, previamente, evaluar periódicamente la utilización promedio de los ambientes; para que, de acuerdo a las circunstancias, proponer un alumbrado perimetral o hacer uso eficaz de los efectos de la luminancia.

La Simulación de Sistemas facilita estas evaluaciones.

### 2.3.2 Características del Modelo Propuesto.-

Se tratará en esta Sección sobre las Características Generales del Modelo y sobre las Opciones del mismo.

Únicamente serán comentadas las Secciones del programa con la finalidad de facilitar su entendimiento, dentro de los Objetivos del ensayo.

Posteriormente se incluirá el Diagrama de Bloques y el Programa GPSS, debidamente comentados.

El Programa Simulación del Funcionamiento Normal se considera el primer nivel en el establecimiento de las relaciones usuario - instalación.

Respecto a las Opciones, se comentarán otras posibilidades de inclusión y la adaptación del modelo propuesto a diversas circunstancias específicas.

#### 2.3.2.1 Características Generales del Modelo.-

El Programa Simulación del Funcionamiento Normal ha sido dividido en 4 Secciones ( únicamente por razones didácticas ), a saber :

a) Sección 1 : Datos.

En esta Sección se han definido todos los datos, considerados como valores esperados ( premisas ) para poder iniciar el ensayo de simulación.

La mayoría de los datos han sido expresados como funciones de argumento aleatorio, utilizando uno de los 8 generadores de números aleatorios del programa de simulación.

b) Sección 2 : Pre-módulos.

En esta Sección se describen todos aquellos procesos normal-

mente realizados por los usuarios, desde su arribo a la Biblioteca Modular hasta el instante previo al ingreso en los respectivos Módulos.

Estos procesos son realizados fuera de los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular; por lo tanto, la información obtenida directamente sobre estos ambientes (contiguos a los Módulos) no será examinada para los fines del ensayo.

Sin embargo, la presencia de los bloques en esta Sección es necesaria, para describir adecuadamente todo el ensayo de simulación.

c) Sección 3 : Módulos.

Como se estableció anteriormente, el ensayo de simulación se realizará únicamente en los Módulos. Luego, toda la información facilitada por los bloques de esta Sección, deberá ser interpretada con mucho cuidado, pues son resultados que orientan el establecimiento de la relación usuario - instalación.

En este caso, los Módulos definen ambientes donde se realizan tareas visuales específicas. Empleando este concepto en esta Sección, se ha ensayado en :

- Un Módulo Sala de Lectura Silenciosa.
- Un Módulo Sala de Dibujo.
- Tres Módulos de Estudio en Grupo.
- Dos Módulos Sala de Conferencias.

Se entiende fácilmente, que la cantidad de Módulos ha sido fijada a criterio del diseñador. Sin embargo, la "generalidad" de los modelos de simulación permite el empleo eficiente del mismo modelo, para establecimientos con diverso número de Módulos, ha



ciendo pequeñas modificaciones.

d) Sección 4 : Reloj Control de Simulación.

En esta Sección se han definido los bloques que controlan la simulación en base a las unidades de tiempo transcurridas. Asimismo se ha incluido un modificador de las tasas de arribo de los usuarios.

Como se indicó previamente, el ensayo de simulación se realiza para 2 años consecutivos en base a dos días representativos.

Se ha estimado conveniente no comentar los bloques del modelo propuesto, puesto que el lenguaje de simulación de propósito general en este caso resulta suficientemente descriptivo. Además, puede consultarse el Diagrama de Bloques y/o el Programa GPSS, debidamente comentados e incluidos posteriormente.

2.3.2.2 Opciones.

Las Opciones de un programa de simulación permiten su adaptación a diversas circunstancias específicas.

Solamente se comentarán 3 Opciones (Número Total de Módulos, Arribo de Usuarios y Período de Evaluación), las que se han estimado más importantes para los propósitos del ensayo.

a) Número Total de Usuarios.

Cuando haya necesidad, dentro de un desarrollo planificado, es posible modificar el número de usuarios atendidos simultá

neamente en los Módulos, ya sea modificando la tasa de arribo de los usuarios, las funciones tiempo de los usuarios en los Módulos o componiendo funciones afines. Para ello bastará hacer pequeñas modificaciones, manteniendo la lógica del modelo propuesto.

b) Arribo de Usuarios.

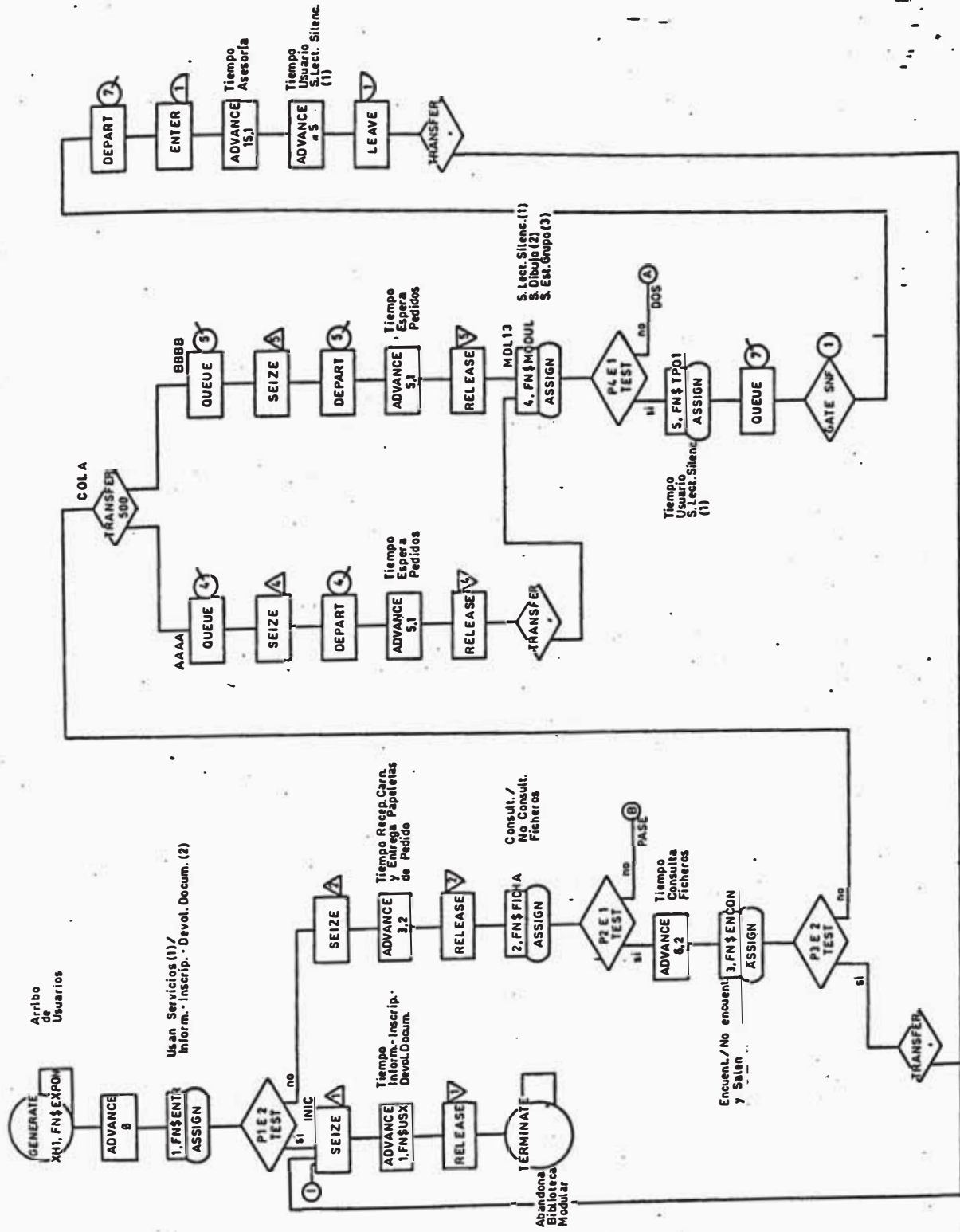
Dentro del desarrollo planificado de establecimientos similares a la Biblioteca Modular, pueden esperarse tasas de arribo diferentes a las propuestas para caracterizar los periodos de simulación. Puede pensarse, asimismo, en una variación diferente a la propuesta ( puntual, utilizando matrices), lo que puede ocurrir también por circunstancias distintas a las previstas. Será necesario entonces hacer pequeñas modificaciones, principalmente en la Sección 1 del modelo propuesto.

c) Periodo de Evaluación.

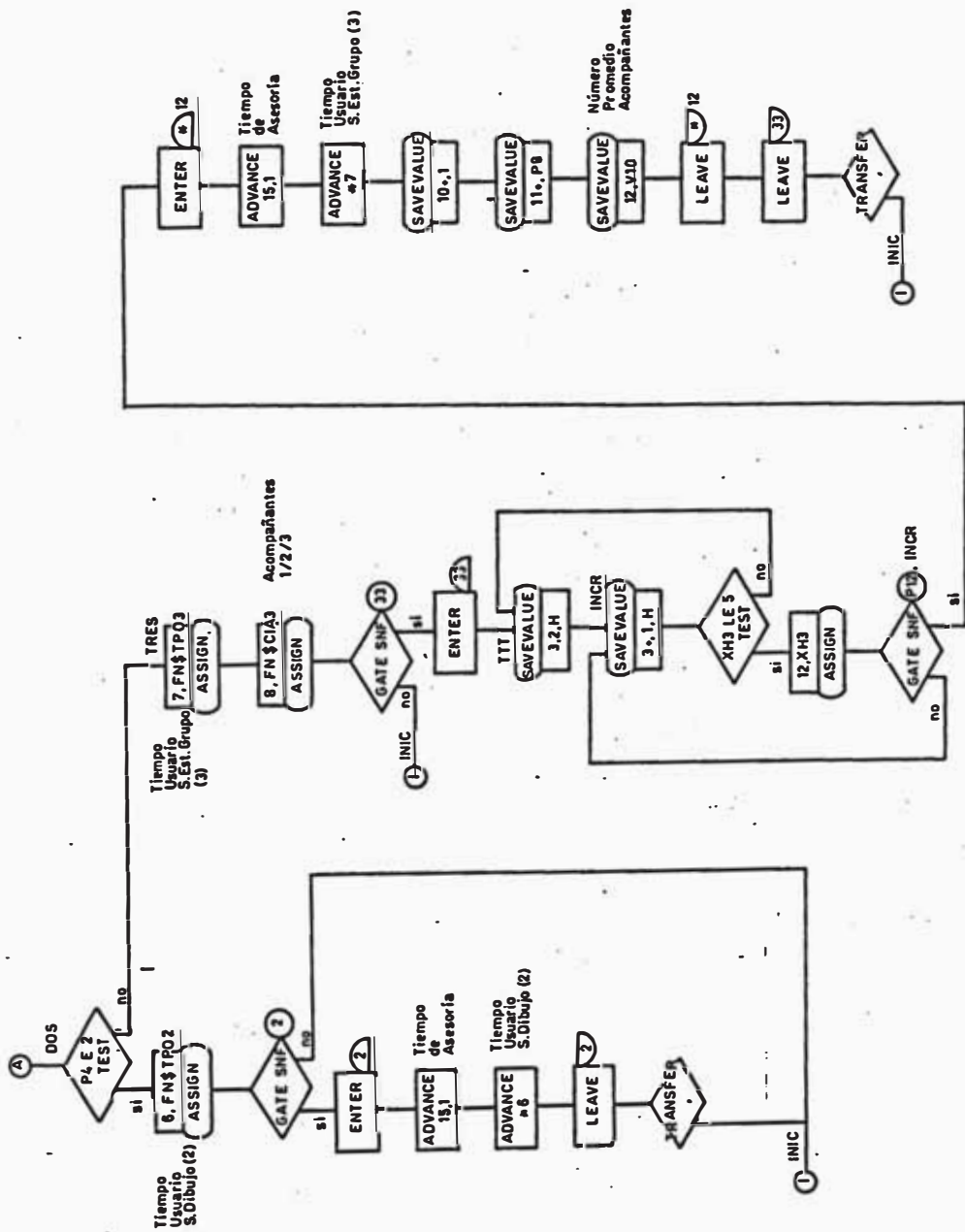
Es posible controlar el ensayo de simulación para tiempos diferentes a los especificados, modificando los operandos de algunos bloques de la Sección 4 del modelo propuesto. También se tiene la posibilidad de controlar la simulación ya no por el tiempo transcurrido, sino por el número de usuarios o grupos de usuarios que abandonan la Biblioteca Modular, luego de ser atendidos.

Con la finalidad de facilitar la inclusión de éstas u otras Opciones, puede consultarse el Diagrama de Bloques, incluido posteriormente.

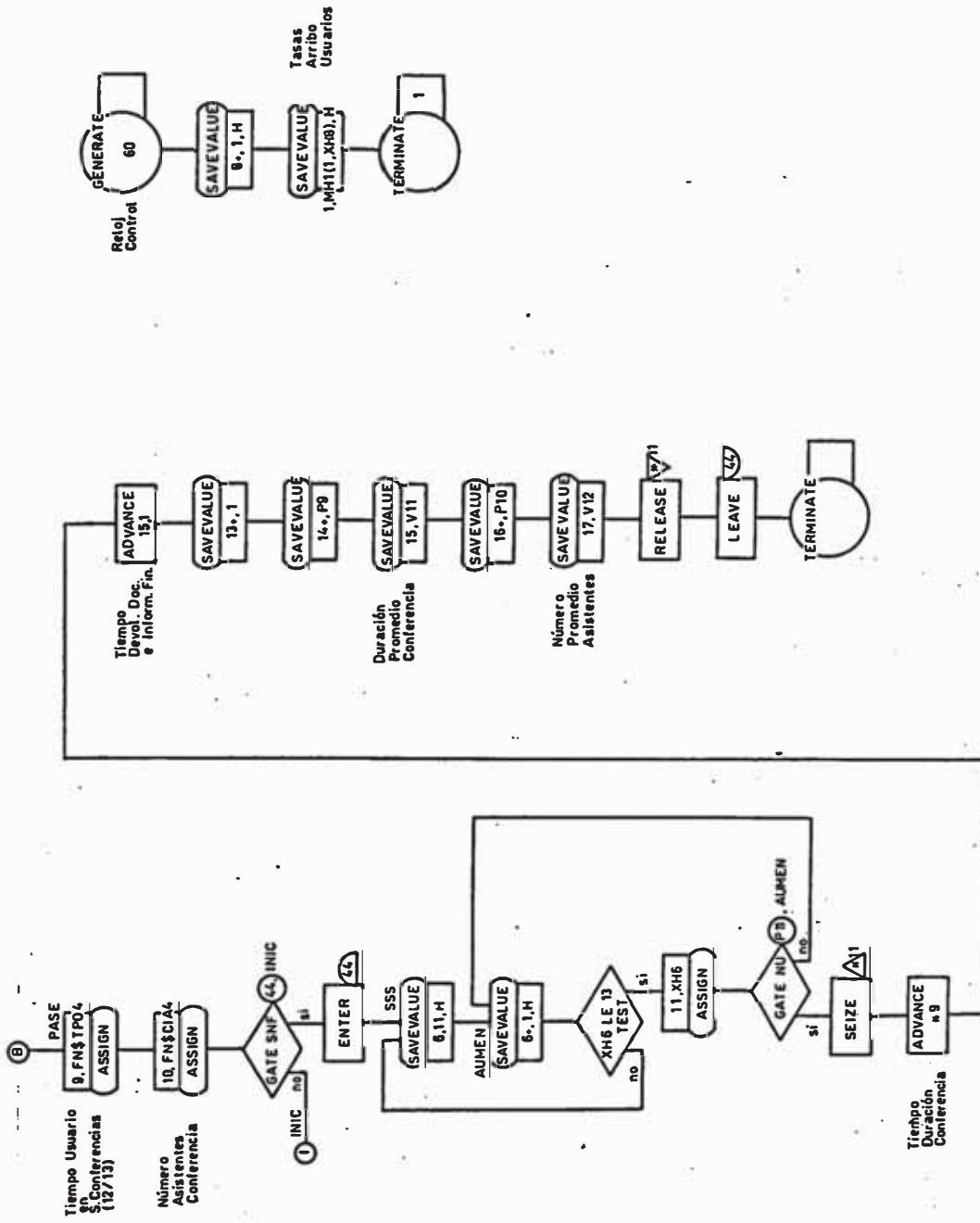
#### 2.3.2.3 Diagrama de Bloques y Programa GPSS.



Designación:  
 Simulación del Funcionamiento  
 Normal. (1).  
 Diagrama de Bloques GPSS. R.C.



Designación del Funcionamiento  
 Simulación del Normal. (2).  
 Diagrama de Bloques GPSS.



Designación:  
 Simulación del Funcionamiento  
 Normal. (3)  
 Diagrama de Bloques GPSS. R.C.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 CENTRO CENTRAL DE BIBLIOTECA  
 UNIDAD DE PROCESOS TECNICOS

### 2.3.3 Interpretación de los Resultados.-

En esta Sección se comentará sobre los resultados obtenidos para los 2 años de simulación (Año 1/ Año 2), para cada uno de los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular. En la última parte de esta Sección (2.3.3.3 Consideraciones Finales) se profundizará un poco más sobre el primer nivel de las relaciones usuario - instalación.

Cabe recalcar que los resultados tienen un carácter "descriptivo" dentro de lo que significa la "generalidad" de los ensayos de simulación.

#### 2.3.3.1 Primer Año de Simulación.-

Durante este periodo se espera obtener los siguientes resultados, por Módulo integrante de la Biblioteca Modular :

##### a) Módulo Sala de Lectura Silenciosa. (ST.1)

a.1) Visión predominante	:	cercana
a.2) Capacidad del Módulo	:	72 usuarios
a.3) Permanencia ( prom.)	:	115 min
a.4) Utilización del Módulo (prom)	:	16,2%
a.5) Número de Usuarios (contenido prom.)	:	12
a.6) Número máximo de Usuarios (contenido máx)	:	20

##### b) Módulo Sala de Dibujo. (ST.2)

b.1) Visión predominante	:	cercana
b.2) Capacidad del Módulo	:	8 usuarios
b.3) Permanencia (prom)	:	160,5 min

- b.4) Utilización del Módulo (prom.) : 8,3%
- b.5) Número de Usuarios (contenido prom) : 1
- b.6) Número máximo de Usuarios (contenido máx.) : 1

c) Módulo Sala de Estudio en Grupo. (ST.3)

- c.1) Visión predominante : cercana
- c.2) Capacidad del Módulo : 8 usuarios
- c.3) Permanencia (prom.) : 102 min
- c.4) Utilización del Módulo (prom.) : 42,4%
- c.5) Número de Usuarios (contenido prom). : 3
- c.6) Número máximo de Usuarios (contenido máx) : 6

d) Módulo Sala de Estudio en Grupo. (ST.4)

- d.1) Visión predominante : cercana
- d.2) Capacidad del Módulo : 8 usuarios
- d.3) Permanencia (prom) : 171,5 min
- d.4) Utilización del Módulo (prom.) : 35,7%
- d.5) Número de Usuarios (contenido prom.) : 3
- d.6) Número máximo de Usuarios (contenido máx) : 6

e) Módulo Sala de Estudio en Grupo. (ST.5)

- e.1) Visión predominante : cercana
- e.2) Capacidad del Módulo : 8 usuarios
- e.3) Permanencia (prom) : 153 min
- e.4) Utilización del Módulo (prom) : 15,9%
- e.5) Número de Usuarios (contenido prom.) : 0
- e.6) Número máximo de Usuarios (contenido máx) : 3



- f) Módulo Sala de Conferencias. (FAC.12)
- f.1) Visión predominante : cercana
  - f.2) Capacidad del Módulo : 60 usuarios
  - f.3) Permanencia (prom) : 134 min
  - f.4) Utilización del Módulo (prom.) : 55,8%
  - f.5) Número de Usuarios (contenido prom). : 23
- g) Módulo Sala de Conferencias. (FAC.13)
- g.1) Visión predominante : cercana
  - g.2) Capacidad del Módulo : 60 usuarios
  - g.3) Permanencia (prom.) : 164 min
  - g.4) Utilización del Módulo (prom) : 34,1%
  - g.5) Número de Usuarios (contenido prom.) : 23

### 2.3.3.2 Segundo Año de Simulación

Durante este periodo se espera obtener los siguientes resultados, por Módulo integrante de la Biblioteca Modular:

- a) Módulo Sala de Lectura Silenciosa (ST.1) :
- a.1) Visión predominante : cercana
  - a.2) Capacidad del Módulo : 72 usuarios
  - a.3) Permanencia (prom) : 137 min
  - a.4) Utilización del Módulo (prom) : 34,4%
  - a.5) Número de Usuarios (contenido prom.) : 25
  - a.6) Número máximo de Usuarios (contenido máx) : 43

- b) Módulo Sala de Dibujo (ST.2)
- b.1) Visión predominante : cercana
  - b.2) Capacidad del Módulo : 8 usuarios
  - b.3) Permanencia (prom.) : 169 min
  - b.4) Utilización del Módulo (prom) : 39,5%
  - b.5) Número de Usuarios (contenido prom) : 3
  - b.6) Número máximo de Usuarios (contenido máx) : 7
- c) Módulo Sala de Estudio en Grupo. (ST.3)
- c.1) Visión predominante : cercana
  - c.2) Capacidad del Módulo : 8 usuarios
  - c.3) Permanencia (prom) : 150 min
  - c.4) Utilización del Módulo (prom) : 62,3%
  - c.5) Número de Usuarios (contenido prom) : 3
  - c.6) Número máximo de Usuarios (contenido máx) : 6
- d) Módulo Sala de Estudio en Grupo. (ST.4)
- d.1) Visión predominante : cercana
  - d.2) Capacidad del Módulo : 8 usuarios
  - d.3) Permanencia (prom.) : 184 min
  - d.4) Utilización del Módulo (prom) : 38,3%
  - d.5) Número de Usuarios (contenido prom.) : 3
  - d.6) Número máximo de Usuarios (contenido máx) : 6
- e) Módulo Sala de Estudio en Grupo (ST.5)
- e.1) Visión predominante : cercana
  - e.2) Capacidad del Módulo : 8 usuarios
  - e.3) Permanencia (prom) : 200 min

e.4) Utilización del Módulo (prom.)	: 41,6 %
e.5) Número de Usuarios (contenido prom)	: 3
e.6) Número máximo de Usuarios (contenido máx)	: 6
f) Módulo Sala de Conferencias. (FAC.12).	
f.1) Visión predominante	: cercana
f.2) Capacidad del Módulo	: 60 usuarios
f.3) Permanencia (prom)	: 154 min
f.4) Utilización del Módulo (prom)	: 64,1 %
f.5) Número de Usuarios (contenido prom.)	: 20
g) Módulo Sala de Conferencias. (FAC.13)	
g.1) Visión predominante	: cercana
g.2) Capacidad del Módulo	: 60 usuarios
g.3) Permanencia (prom)	: 127,5 min
g.4) Utilización del Módulo (prom)	: 53,1 %
g.5) Número de Usuarios (contenido prom.)	: 20

Con respecto a otros resultados que describen el comportamiento de los usuarios en el establecimiento (no comentados anteriormente), puede consultarse el programa fuente GPSS (Sección 2.3.2.3).

Cabe señalar que la Opción de Salida Estándar (empleada en el Programa Simulación del Funcionamiento Normal) ofrece una detallada información de lo que ocurre en el modelo ensayado, siendo ésto de gran utilidad al diseñador en el establecimiento de las relaciones usuario - instalación, tendientes al perfeccionamiento de los modelos de simulación.

### 2.3.3.3 Consideraciones Finales.

El diseño del Sistema de Iluminación (que se tratará en el Capítulo III) satisficará plenamente los requerimientos de las tareas visuales específicas a desarrollarse en los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular, si se cumplen las premisas consideradas de mayor prioridad para el diseño prototipo del establecimiento.

A continuación se comentará sobre otros elementos de diseño vinculados a las variables obtenidas del ensayo de simulación en el primer nivel de las relaciones usuario - instalación.

#### a) Visión predominante.

Los modelos de simulación diseñados se han aplicado, con la intención de obtener relevante información sobre los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular, como se explicó anteriormente.

En los Módulos se considera que la visión predominante es de tipo cercana, bajo iluminación fundamentalmente artificial. Se sabe que durante la visión mesópica, la sensibilidad espectral del ojo depende no sólo de la longitud de onda de la radiación incidente, sino también del grado de excitación del ojo, el cual está determinado por el número respectivo de conos y bastones (operando simultáneamente), los cuales están involucrados en el proceso de percepción visual.

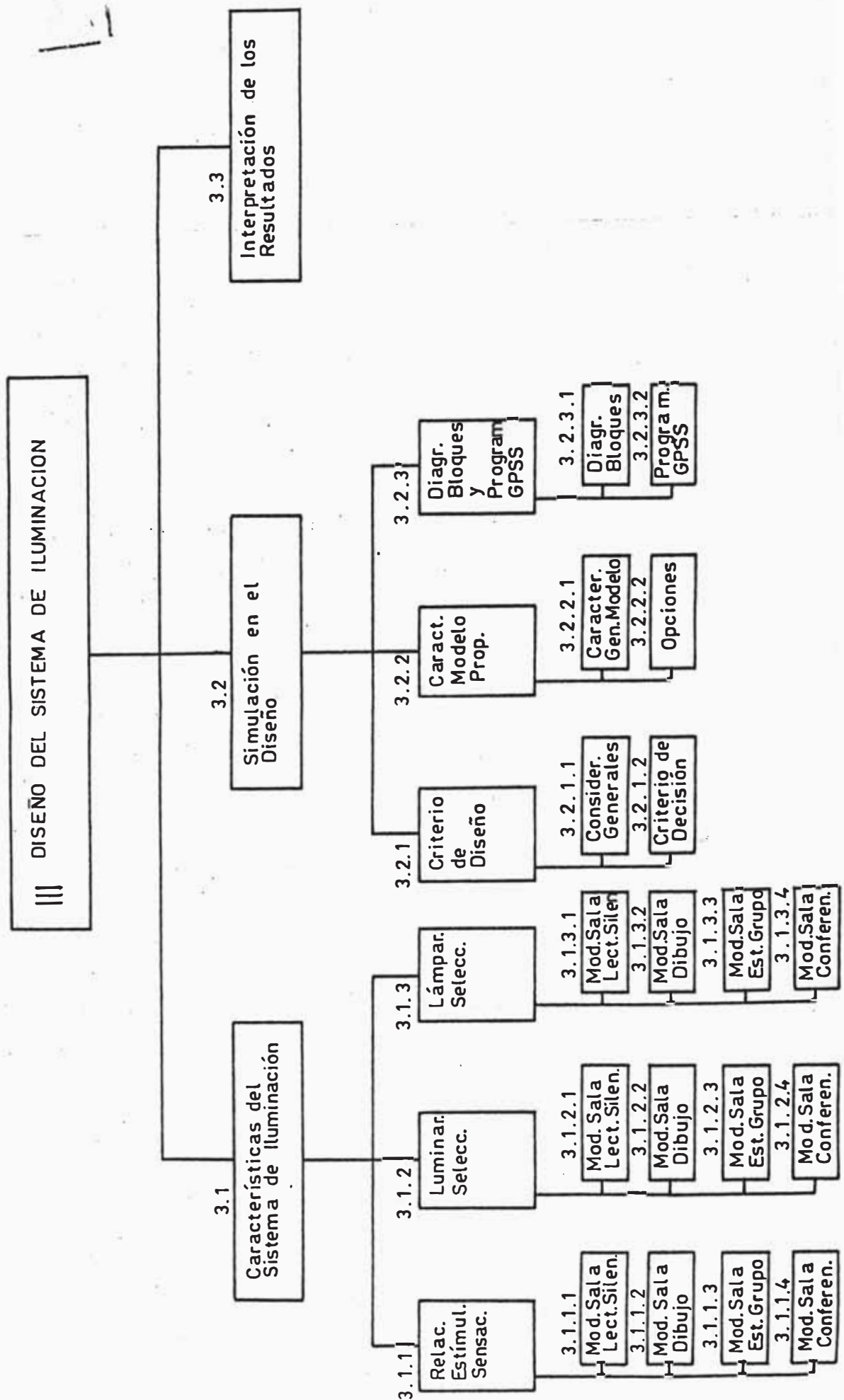
#### b) Criterio de Conmutación.

Para las condiciones predominantes de la visión (tratadas anteriormente), en establecimientos similares a la Biblioteca

Modular, se recomienda el tipo de conmutación escalonada.

Para el período de simulación ( 2 años), considerado como crítico en estos establecimientos, la decisión sobre la conmutación se fundamenta en la capacidad del Módulo, el coeficiente de utilización (prom.) y el número de usuarios ( contenido promedio) del mismo.

CAPITULO III



## DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION

En este Capítulo se tratará sobre el diseño de la instalación eléctrica de iluminación, que debe satisfacer los requerimientos de las tareas visuales específicas a realizarse en los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular. Son aplicables los métodos descritos brevemente, por ser de interés conseguir el perfeccionamiento de la instalación en el tiempo.

Cabe señalar que dada la "generalidad" de los métodos empleados, es posible aplicarlos a cualquier ambiente en simulación, dejando abierta esta posibilidad al criterio final del diseñador.

El Capítulo se ha dividido en 3 Secciones (Características del Sistema de Iluminación, Simulación en el Diseño e Interpretación de los Resultados). La presentación de los temas, íntimamente relacionados entre sí, sigue un orden fundamentalmente didáctico; pues, se entiende que el modelo de simulación propuesto ha sido previamente ensayado para diferentes circunstancias, en el mismo ambiente específico.

Los resultados que se obtienen de los ensayos de simulación "describen" una solución posible, condicionada a la validez de ciertas premisas. No es, por tanto, correcto tratar los resultados como soluciones óptimas, ni como soluciones matemáticas exactas, que escaparían al ámbito del cálculo de las instalaciones del "diseño prototipo".



### 3.1 Características del Sistema de Iluminación.-

Esta Sección trata sobre las características de los principales elementos que definen el sistema de iluminación, en los correspondientes Módulos integrantes de la Biblioteca Modular.

Estas características satisfacen los requerimientos mencionados en los Capítulos anteriores ; el modelo propuesto Simulación en el Diseño ha sido ensayado para las características específicas a continuación mencionadas.

En primer lugar se mencionan características de la relación estímulo - sensación, y a continuación se mencionan las principales características de las luminarias y de las lámparas seleccionadas.

#### 3.1.1 Relaciones Estimulo-Sensación

Considerando las tareas visuales a realizarse en los Módulos y los efectos esperados de la iluminación artificial sobre los usuarios, es necesario precisar primero aquellas características que vinculan al usuario con la instalación. Para ello se tiene presente uno de los conceptos básicos de la psicofísica respecto a los amplios rangos de los umbrales, concepto que se mantiene válido para el estado actual de la técnica.

##### 3.1.1.1 Módulo Sala de Lectura Silenciosa.-

a) Sensación.

- Umbral máximo de 1000 lx.
- b) Percepción.
  - Tendencia a la perfección perceptiva.
- c) Atención.
  - Sostenida. Se requiere favorecer el arousal.
- d) Permanencia.
  - Alrededor de 115 minutos ( $\bar{A}ño$  1) y 137 minutos ( $\bar{A}ño$  2).
- e) Utilización de los Módulos.
  - Alrededor de 16% ( $\bar{a}ño$  1) y 34% ( $\bar{A}ño$  2).

### 3.1.1.2 Módulo Sala de Dibujo.-

- a) Sensación.
  - Umbral máximo de 1000 lx.
- b) Percepción.
  - Tendencia a la perfección perceptiva.
- c) Atención.
  - Sostenida. Se requiere favorecer el arousal.
- d) Permanencia.
  - Alrededor de 160 minutos ( $\bar{A}ño$  1) y 170 minutos ( $\bar{A}ño$  2).
- e) Utilización de los Módulos.
  - Alrededor de 8% ( $\bar{A}ño$  1) y 39% ( $\bar{A}ño$  2).

### 3.1.1.3 Módulo Sala de Estudio en Grupo

- a) Sensación.
  - Umbral máximo de 1000 lx.
- b) Percepción.

Tendencia a la perfección perceptiva.

c) Atención.

Diversificada.

d) Permanencia.

Alrededor de 150 minutos (Año 1) y 178 minutos (Año 2)

e) Utilización de los Módulos.

Alrededor de 30% (Año 1) y 47% (Año 2).

#### 3.1.1.4 Módulo Sala de Conferencias.-

a) Sensación.

Umbral máximo de 1000 lx.

b) Percepción.

Tendencia a la perfección perceptiva.

c) Atención.

Diversificada.

d) Permanencia.

Alrededor de 149 minutos (Año 1) y 140 minutos (Año 2)

e) Utilización de los Módulos.

Alrededor de 45% (Año 1) y 59% (Año 2)

#### 3.1.2 Luminarias Seleccionadas.-

Para las condiciones mencionadas anteriormente, consideradas como premisas del presente ensayo, las características de las luminarias seleccionadas satisfacen los requerimientos en establecimientos similares a la Biblioteca Modular.

A continuación se mencionan las características principales

de las luminarias seleccionadas, por Módulo.

### 3.1.2.1 Módulo Sala de Lectura Silenciosa

- a) Aspecto : Panel prismático envolvente. Disposición estructural.
- b) Sistema de Iluminación : Semidirecto.
- c) Distribución Típica : 58,5% (abajo) ; 11,5% (arriba).
- d) Categoría de Mantenimiento : V
- e) Relación S/HM : 1,5/1,2
- f) Número de Lámparas por Luminaria : 2.
- g) Semejanza : Tipo 30/Manual IES.

### 3.1.2.2 Módulo Sala de Dibujo.-

- a) Aspecto : Panel prismático envolvente. Disposición estructural.
- b) Sistema de Iluminación : Semidirecto.
- c) Distribución Típica : 58,5% (abajo) ; 11,5% (arriba).
- d) Categoría de Mantenimiento : V
- e) Relación S/HM : 1,5/1,2
- f) Número de Lámparas por Luminaria : 2.
- g) Semejanza : Tipo 30/Manual IES.

### 3.1.2.3 Módulo Sala de Estudio en Grupo.-

- a) Aspecto : Panel prismático envolvente. Disposición estructural.

- b) Sistema de Iluminación : Semidirecto.
- c) Distribución Típica : 58,5% (abajo) ; 11,5% (arriba).
- d) Categoría de Mantenimiento : V
- e) Relación S/HM : 1,5/1,2.
- f) Número de Lámparas por Luminaria : 2
- g) Semejanza : Tipo 30/Manual IES.

#### 3.1.2.4 Módulo Sala de Conferencias.-

- a) Aspecto : Panel prismático envolvente. Disposición estructurada.
- b) Sistema de Iluminación : Semidirecto.
- c) Distribución Típica : 58,5% (abajo) ; 11,5% (arriba).
- d) Categoría de Mantenimiento : V
- e) Relación S/HM : 1,5/1,2
- f) Número de lámparas por luminaria : 2
- g) Semejanza : Tipo 30/Manual IES.

#### 3.1.3 Lámparas Seleccionadas.-

Las características de las lámparas fluorescentes mencionadas a continuación, satisfacen los requerimientos comentados en los Capítulos anteriores, sobre las relaciones estímulo-sensación en establecimientos similares a la Biblioteca Modular.

Por Módulo, se tiene :

##### 3.1.3.1 Módulo Sala de Lectura Silenciosa.-

- a) Tono : Blanco cálido (36w/83)
- b) Temperatura de color : 3000 K
- c) Flujo Luminoso : 3450 lm.
- d) Eficacia : 96 lm/w.
- e) Rendimiento Cromático : Muy bueno.
- f) Longitud : 1200 mm.
- g) Semejanza : Philips TL-D Super 80.

### 3.1.3.2 Módulo Sala de Dibujo.-

- a) Tono : Blanco cálido (36w/83)
- b) Temperatura de Color : 3000 K
- c) Flujo Luminoso : 3450 lm.
- d) Eficacia : 96 lm/w.
- e) Rendimiento Cromático : Muy bueno.
- f) Longitud : 1200 mm.
- g) Semejanza : Philips TL-D Super 80.

### 3.1.3.3 Módulo Sala de Estudio en Grupo.-

- a) Tono : Luz de día (36w/84).
- b) Temperatura de Color : 4000 K.
- c) Flujo Luminoso : 3450 lm.
- d) Eficacia : 96 lm/w.
- e) Rendimiento Cromático : Muy bueno.
- f) Longitud : 1200 mm.
- g) Semejanza : Philips TL-D Super 80

#### 3.1.3.4 Módulo Sala de Conferencias.-

- a) Tono : Luz de día (36w/84)
- b) Temperatura de Color : 4000 K
- c) Flujo Luminoso : 3450 lm.
- d) Eficacia : 96 lm/w
- e) Rendimiento Cromático : Muy bueno
- f) Longitud : 1200 mm..
- g) Semejanza : Philips TL-D Super 80.

Posteriormente, en la Sección 3.3 ( Interpretación de los Resultados) se comentarán otros aspectos del Sistema de Iluminación referentes al ámbito del diseño prototipo. A continuación se trata sobre el modelo Simulación en el Diseño, propuesto para Módulos en establecimientos similares a la Biblioteca Modular.

#### 3.2 Simulación en el Diseño.-

El diseño de la instalación eléctrica de iluminación se fundamenta en los dos métodos (Método de la Cavidad Zonal y Método de la Simulación de Sistemas) comentados en el Capítulo I. La combinación de estos dos métodos ofrece al diseñador un resultado "descriptivo" de una solución real o potencialmente real.

El Método de la Cavidad Zonal permite el tratamiento estructurado de los principales factores que intervienen en el cálculo del nivel de iluminación de un establecimiento.

El Método de la Simulación de Sistemas mantiene a las variables

de cálculo del método anterior, dentro de una escala de tiempo e introduce el empleo de números aleatorios ( por medio de alguno de los 8 generadores de números aleatorios). Esto equivale a "activar" la instalación, en un concepto similar a la activación que sufren los bloques de un modelo GPSS cuando son recorridos por las transacciones o elementos de tráfico. También la posibilidad de las múltiples iteraciones es de gran utilidad, puesto que en el ensayo propuesto equivale al concepto matemático de grado de confianza, cuando se aumenta el número de elementos de una muestra o el número de ensayos para que ésta sea representativa de la población.

Otro concepto interesante en la Simulación en el Diseño es la consideración de aspectos multidisciplinarios relacionados, mediante prioridades, por el interés del perfeccionamiento de la instalación en el tiempo. En lo posible, son introducidos prioridades como valores numéricos, lo cual contribuye significativamente a darle "generalidad" a los modelos de simulación.

La progresiva utilización de los programas de aplicación en diversas disciplinas, permite obtener diversos diseños en cuestión de segundos. Existe por ello la necesidad de establecer una jerarquía de prioridades, que justifiquen las decisiones tomadas.

La Simulación en el Diseño significa también la posibilidad de crear modelos en base a diversas circunstancias posibles o esperadas. Cuando se dan las condiciones, se evalúan nuevos datos y los resultados obtenidos son comparados consecutivamente, en la búsqueda de un perfeccionamiento de la instalación en el tiempo.

A continuación se tratará sobre las Consideraciones Generales y el Criterio de Decisión en el Diseño del Sistema de Iluminación.



### 3.2.1 Criterio de Diseño.-

#### 3.2.1. Consideraciones Generales.-

a) Fundamentalmente se ha aplicado el Método del Lumen, el cual es usado para el cálculo de la iluminación que representa el promedio de todos los puntos sobre el plano de trabajo, en el interior de un ambiente.

Luego, el cálculo básico es .

$$E = \frac{\phi}{A} \cdot N \cdot CU \cdot FTP$$

$$N = \frac{E \cdot A}{\phi \cdot CU \cdot FTP}$$

donde :

- N = número de luminarias
- E = nivel de iluminación (lux)
- A = área (m<sup>2</sup>)
- $\phi$  = flujo luminoso por luminaria (lumen)
- CU = coeficiente de utilización.
- FTP = factor total de pérdidas.

#### b) Nivel de Iluminación.-

La Simulación en el Diseño sugiere la selección de un valor medio del nivel de iluminación y el empleo de una función modificatoria de dicho valor (FNS/FACT), como se comentará posteriormente.

Es claro que en establecimientos similares a la Biblioteca

Módular no es preciso fijar valores únicos de iluminación. La simulación permite aplicar las propuestas de la psicofísica respecto a las relaciones estímulo - sensación, empleando en el diseño umbrales equivalentes a niveles de iluminación satisfactorios para los usuarios. Cada "salida" obtenida del programa de simulación, será una respuesta a un posible reacomodo de las variables.

Obviamente, un adecuado Programa de Reposición garantizará, en el tiempo, niveles de iluminación adecuados en el establecimiento.

Se ha ensayado el modelo con los siguientes valores para los Módulos :

b.1) Módulo Sala de Lectura Silenciosa.

Nivel de Iluminación Recomendado (XH2Ø) = 500 lx  
 Función Modificatoria (FN/\$FACT) - 1 ± 40%

b.2) Módulo Sala de Dibujo.

Nivel de Iluminación Recomendado (XH2Ø) - 300 lx  
 Función Modificatoria (FN/\$FACT) = 1 ± 50%

b.3) Módulo Sala de Estudio en Grupo.

Nivel de Iluminación Recomendado (XH2Ø) = 250 lx  
 Función Modificatoria (FN/\$FACT) - 1 ± 20%

b.4) Módulo Sala de Conferencias.

Nivel de Iluminación Recomendado (XH2Ø) = 500 lx  
 Función Modificatoria (FN/\$FACT) 1 ± 60%

c) Factores Totales de Pérdida.

El diseño sigue las pautas del Manual de Alumbrado de la IES, clasificando los factores de pérdida como :

- Factores de Pérdida No Recuperables.

- Factores de Pérdida Recuperables.

Como Factores de Pérdida No Recuperables (o no sujetos a las técnicas de mantenimiento ) se mencionan :

- Temperatura Ambiente de la Luminaria.

- Voltaje a la Luminaria.

- Factor de Balasto.

- Depreciación de la Superficie de la Luminaria.

Como Factores de Pérdida Recuperables (o sujetos a las técnicas de mantenimiento ) se mencionan :

- Depreciación por Suciedad de la Superficie del Local.

- Lámparas Quemadas.

- Depreciación del flujo Luminoso de la Lámpara.

- Depreciación por Suciedad de la Luminaria.

El producto de todos los factores antes mencionados (equivalente a una probabilidad condicional) da como resultado el Factor Total de Pérdidas.

Se aprecia que los Factores de pérdida son variables en cuyo modo intervienen números aleatorios (todo esto facilitado internamente por el programa de control), obteniéndose diferentes resultados "descriptivos" de situaciones posibles.

A continuación se tratará sobre la influencia de estos factores en el modelo Simulación en el Diseño.

a) Temperatura Ambiente de la Luminaria.

Cada vez que el bloque Función Temperatura Ambiente de la Luminaria ( $FN_{TEMP}$ ) es activado, se genera aleatoriamente un valor de temperatura obtenido dentro de lo que constituye una función de probabilidad, acumulada. Este valor es el argumento de

la Función Pérdida por Temperatura Ambiente de la Luminaria ( $F_{NP-PTEMP}$ ), que proporciona el factor de pérdida. El proceso se repite un gran número de veces, de acuerdo a los contadores de iteraciones. Se logra simular de esta manera el fenómeno de ocurrencia de temperatura ambiente en el área de ensayo (Área de Lima Metropolitana) para el período establecido a criterio del diseñador. En el modelo propuesto se han considerado dos características, que contribuyen a la "generalidad" del ensayo:

- Una lámpara fluorescente alcanza una temperatura del orden de  $15^{\circ}\text{C}$  más que la ambiente.
- El flujo máximo luminoso es emitido cuando la pared de la lámpara está a una temperatura de  $30^{\circ}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ .

b) Voltaje a la Luminaria.

Dentro de la "generalidad" del modelo de simulación propuesto, se ha incluido la característica de que la salida de una luminaria de lámparas fluorescentes varía aproximadamente 1% por cada 2,5% de variación en el voltaje de la luminaria.

Para esto se ha incluido el bloque función Pérdida por Voltaje en la Luminaria ( $F_{NP-PVOLT}$ ) y un argumento (XH22) igual a 220V, cada vez que el bloque es activado. Este procedimiento evita la incertidumbre de incluir este factor de pérdida en el modelo propuesto para el "diseño prototipo".

Sin embargo, este bloque es referenciado un gran número de veces, de acuerdo a los contadores de iteraciones, al igual que en el caso anterior.

c) Factor del Reactor.

Para el periodo de simulación, fijado a criterio del diseñador (en este caso, 2 años), el factor de pérdida por reactor (XH5) se considera constante y de valor igual a 1000.

Esto significa que cada una de las veces que el bloque es referenciado, de acuerdo a los contadores de iteraciones, no se considera el efecto del reactor en el factor total de pérdida. Esto se debe a que los fabricantes garantizan, bajo condiciones normales, una vida útil no menor de 10 años.

Asignar otro valor al factor de pérdida por efecto del reactor, no sólo aumenta la incertidumbre, sino que disminuye la generalidad del modelo de simulación propuesto para el "diseño prototipo"

d) Depreciación de la Superficie de la Luminaria.

Bajo condiciones estables, se considera que la transmitancia de las materias plásticas ( termoplásticas y termofraguantes) queda afectada en un periodo de 15 a 20 años. Este periodo excede sobremanera el periodo de Simulación en el Diseño; razón por la que pese a ser referenciado un gran número de veces, su efecto no es apreciable dentro del Factor Total de Pérdidas.

k) Depreciación por Suciedad de las Superficies del Local.

Para el diseño se han considerado 2 posibilidades, de acuerdo a las características que deben reunir establecimientos similares a la Biblioteca Modular; es decir, Atmósfera Muy Limpia (XH8=20) y Atmósfera Limpia (XH8=15).

Además el modelo tiene la capacidad de evaluar factores de pérdida por suciedad de las superficies del local, para 3 valores esperados de depreciación (FN10/FN20/FN30).

Queda de esta manera definida la posibilidad de simulación para diversos periodos de limpieza de las superficies del local.

Se ha ensayado el modelo Simulación en el Diseño con periodos anuales de limpieza de las superficies del local (alrededor de 11 meses).

1) Factor de Depreciación por Lámparas Quemadas.

Se ha definido un bloque para considerar el factor de depreciación por lámparas quemadas (XH23). Pese a ser referenciado un gran número de veces, debido a los contadores de iteraciones, es impredecible su efecto en el factor total de pérdidas, sin aumentar la incertidumbre y reducir la generalidad del modelo propuesto.

Por lo tanto, se ha preferido tratar el problema general de la vida de las lámparas fluorescentes, separadamente en el modelo Simulación en la Reposición (Sección 4.2).

En cambio, en el modelo Simulación en el Diseño, para cada iteración se obtiene el valor de 1000, lo que significa incertidumbre sobre su efecto cuantitativo en el "diseño prototipo".

m) Depreciación Luminosa de la Lámpara.

Para considerar el efecto del factor de depreciación por disminución del flujo luminoso en el factor total de pérdidas del modelo Simulación en el Diseño, se han definido 2 bloques, relacionados íntimamente.

El primer bloque (FN\$CAMB) utiliza uno de los 8 generadores de números aleatorios para obtener un valor descriptivo del periodo de cambio aconsejado ( en horas). Este valor es lugar utilizado en la función que describe la disminución del flujo luminoso (FN\$LUMEN),

lo que permite obtener el factor de pérdida correspondiente. La secuencia descrita se repite un gran número de veces, de acuerdo a los contadores de iteraciones, lo que equivale a aumentar el grado de confianza de los resultados obtenidos. Es importante notar cómo se uniformizan los tiempos en los diferentes bloques de definición, para mantener la lógica del modelo propuesto.

n) Depreciación por Suciedad en la Luminaria.

Para la luminaria seleccionada ( Categoría de Mantenimiento = v), el modelo Simulación en el Diseño tiene 2 alternativas de evaluación, una para condiciones atmosféricas muy limpias (FN\$IMNML) y la otra para condiciones atmosféricas Limpias (FN\$IMNL).

Cada vez que se activa alguno de estos 2 bloques, se obtiene el factor de depreciación por suciedad en la luminaria. Esto ocurre un gran número de veces, debido a los contadores de iteraciones.

Se asegura así la posibilidad de simulación para diversos periodos de limpieza de las luminarias.

En el modelo propuesto se ha ensayado con condiciones atmosféricas muy limpias y un periodo anual de limpieza (alrededor de 11 meses).

### 3.2.1.2 Criterio de Decisión.-

El Criterio de Decisión, que prevalece para la selección de .

la solución "descriptiva" de la situación real o potencialmente real que es simulada, se fundamenta en las siguientes consideraciones :

- a) El modelo de simulación se ha configurado para obtener una serie de soluciones, todas ellas posibles, que describen una situación real o potencialmente real, dentro de las pautas establecidas a criterio del diseñador.

No se diseña, por lo tanto, para situaciones límite; pues, es posible simular las condiciones que ordinariamente se presentan en el diseño.

- b) La determinación del número de salidas o resultados, como la cantidad y el número de iteraciones se establecen a criterio del diseñador. El aumento del número de iteraciones equivale al concepto de aumentar el número de ensayos o el número de elementos de una muestra, para hacerla representativa de la población.

El modelo de simulación requiere superar una primera etapa, donde el grado de incertidumbre es considerable, debido al uso de los generadores de números aleatorios. Esto se consigue variando el número de iteraciones.

- c) Entre las salidas o soluciones posibles que "describen" una situación real o potencialmente real se encuentra alguna cuya frecuencia de ocurrencia (aparición) en la matriz de resultados es mayor; se trata de la solución de ocurrencia más probable, que se escoge de base para el "diseño prototipo".



En caso de soluciones equiprobables, se escoge alguna solución en base a las premisas de más alta prioridad definidas previamente.

### 3.2.2 Características del Modelo Propuesto.-

En esta Sección se comentarán las Características Generales del Modelo y las Opciones del programa de simulación propuesto.

Se mencionarán las principales características de las Secciones que integran el programa, con la finalidad de lograr un mejor entendimiento del ensayo propuesto.

El modelo Simulación en el Diseño se ha visto muy favorecido por el empleo del lenguaje de simulación GPSS. Esto se manifiesta principalmente por el uso extensivo de funciones de diversos tipos y por el empleo de los generadores de números aleatorios. Además la posibilidad de obtener soluciones "descriptivas" de carácter generalizado producen una gran aproximación del modelo a la realidad (o posible realidad) de la instalación simulada. Esto se cumple en todo tipo de diseño de instalaciones.

En cuanto a las Opciones, se comentarán las principales posibilidades de inclusión y modificación que tiene el programa de simulación propuesto.

También se incluirán posteriormente el Diagrama de Bloques y el Programa GPSS, debidamente comentados.

### 3.2.2.1 Características Generales del Modelo.-

El Programa Simulación en el Diseño de una instalación eléctrica de iluminación ha sido dividido en 3 Secciones (únicamente por razones didácticas), a saber :

#### a) Sección 1 : Datos

Los datos incluidos en esta Sección contribuyen a darle "generalidad" al modelo de simulación propuesto, por las múltiples posibilidades que hacen que el diseño trascienda el carácter específico ; esto debe procurar mantenerse aún en el "diseño prototipo".

El orden de aparición de los datos guarda alguna relación con su futura referenciación por el programa de control.

Así tenemos, entre otros datos :

#### a.1) Funciones Coeficiente de Utilización.

Funciones continuas de 11 puntos, cuyo argumento es la relación de cavidad del local (XH1). Estas funciones han sido construidas, para la luminaria seleccionada, en base a la información incluida en el Manual de Alumbrado IES.

#### a.2) Función Pérdida por Temperatura Ambiente de la Luminaria.

Función continua de 5 puntos, cuyo argumento (P5) es obtenido previamente a partir de la Función Temperatura Ambiente de la Luminaria (FNTEMP), la cual es referenciada por uno de los generadores de números aleatorios (RN7). La función de pérdida (FNPTTEMP) ha sido construida en base a la Información Técnica PHILIPS.

#### a.3) Depreciación Esperada por Suciedad en las Paredes.

Funciones discretas de 3 puntos, cuyo argumento (P15) especifica el tiempo entre limpiezas de las paredes del local (XH9).

Son 2 funciones, una corresponde a una atmósfera muy limpia (FN~~S~~PARML); y la otra, a una atmósfera limpia (FN~~S~~PARL).

a.4) Funciones Factor de Depreciación por Suciedad en las Paredes del Local.

Son 3 funciones continuas de 10 puntos, cuyo argumento (XH1) es la relación de la cavidad del local. Han sido constituidas en base a la información incluida en el Manual de Alumbrado IES.

a.5) Funciones Factor de Depreciación por Suciedad en Luminarias.

Son 2 funciones continuas de 7 puntos, cuyo argumento (XH11), representa el periodo de limpieza de las luminarias. Una función corresponde a una atmósfera muy limpia (FN~~S~~LMNML); y la otra, a una atmósfera limpia (FN~~S~~LMNL). Han sido constituidas en base a la información incluida en el Manual de Alumbrado IES.

a.6) Función Factor de Depreciación por Disminución del Flujo Luminoso.

Función continua de 6 puntos, cuyo argumento representa el periodo de cambio aconsejado (FN~~S~~CAMB), el cual es referenciado por uno de los generadores de números aleatorios (RNS). Esta función ha sido constituida en base a la información incluida en el Manual CEAC de Electricidad.

a.7) Matrices Resultados.

Dos matrices tipo H, de 12 filas.

La matriz MH1, tiene 2 columnas. La primera columna contie-

ne los niveles de iluminación esperados; la segunda columna contiene los factores totales de pérdida esperados.

La matriz MH2, tiene 1 columna. Esta contiene el número esperado de luminarias, para diversas soluciones posibles.

a.8) Número de Transacciones (XH33).

Se pide la creación de una sola transacción ( $XH33 = 1$ ). Solamente son activados aquellos bloques por donde pasa la transacción, y únicamente cuando ésta pasa por los bloques.

Para otros datos no comentados en esta Sección, puede consultarse el programa fuente, incluido posteriormente.

b) Sección 2 : Cálculos.

En esta Sección se realiza los cálculos que posibilitarán la impresión correcta de los matrices resultado, de acuerdo a la lógica del modelo propuesta

A continuación se comentará sobre los bloques representativos de la Sección.

b.1.) Bloque N.36

Guarda el coeficiente de utilización, para ser posible su referenciación posteriormente en el programa.

b.2) Bloque N.47

Recibe el efecto mutuo de 2 factores de pérdida no recuperables (Factor de Pérdida por Temperatura Ambiente de la Luminaria y Factor de Pérdida por Voltaje en la Luminaria). La variable (V1) es aritmética de punto flotante.

b.3) Bloque N.48

Recibe el efecto mutuo de 2 factores de pérdida no recuperables (Factor de Pérdida por Reactor y Factor de Pérdida por Deterio-

ro de la Superficie de la Luminaria). La variable (V2) es aritmética de punto flotante.

**b.4) Bloque N.49**

Recibe el efecto del factor total de pérdidas no recuperables. La variable (V3) es aritmética de punto flotante.

**b.5) Bloque N.73**

Recibe el efecto mutuo de 2 factores de pérdida recuperables (Factor de Depreciación por Suciedad en las Paredes del Local y Factor de Depreciación por Suciedad en las Luminarias). La variable (V4) es aritmética de punto flotante.

**b.6) Bloque N.74.**

Recibe el efecto mutuo de 2 factores de pérdida recuperables (Factor de Depreciación por Lámparas Quemadas y Factor de Depreciación por disminución del flujo luminoso). La variable (V5) es aritmética de punto flotante.

**b.7) Bloque N.75**

Recibe el efecto del factor total de Pérdidas recuperables. La variable (V6) es Aritmética de punto flotante.

**b.8) Bloque N.77**

Recibe el efecto mutuo del factor total de pérdidas no recuperables y del factor total de pérdidas recuperables. Contiene, por lo tanto el valor del Factor Total de Pérdidas Luminosas. La variable (V7) es aritmética de punto flotante.

**b.9) Bloque N.84.**

Guarda el nivel de iluminación promedio, de acuerdo a los contadores de iteraciones. El último valor generado se incluye en la matriz respectiva de salida (de los resultados). La variable (V9) es aritmética de punto flotante.

## b.10) Bloque N.86

Guarda el factor total de pérdida promedio, de acuerdo a los contadores de iteraciones. El último valor generado se incluye en la matriz respectiva (de los resultados). La variable (V10) es aritmética de punto flotante.

## b.11) Bloque N.89

Guarda el número de luminarias promedio, de acuerdo a los contadores de iteraciones. El último valor generado se incluye en la matriz respectiva de salida (de los resultados). La variable (V12) es aritmética de punto flotante.

Respecto a otros bloques, no comentados en esta Sección, pueden consultarse el Diagrama de Bloques GPSS o el programa - fuente, debidamente comentados, incluidos posteriormente.

## c) Sección 3 : Impresión de Matrices e Inicialización.

En esta Sección se definen las 2 Matrices, que imprimirán los resultados haciendo uso de la Opción de Salida Estándar. Una de las matrices (MH1) contendrá, en la columna N.1, los Niveles de Iluminación Esperados; en la columna N.2 contendrá los Factores Totales de Pérdida Esperados.

La otra matriz (MH2) contendrá, en la columna N.1 el número de Luminarias Esperado, para el período definido por el diseñador.

También en esta sección se inicializan los bloques necesarios para hacer posible una nueva iteración.

En este caso, el grado de confianza de los resultados del ensayo se incrementa aumentando el número de iteraciones adecuadamente, en cualquiera de los contadores de iteraciones. Esta

Técnica sustituye la acción del reloj control de la simulación.

Asimismo el periodo de simulación, en el presente modelo propuesto, deja de tener un valor específico; pues, como se entiende fácilmente, las dimensiones de las matrices de salida (MH1 y MH2), son especificadas a criterio del diseñador.

Para otros bloques, no comentados en esta Sección, puede consultarse el programa fuente, incluido posteriormente.

#### 3.2.2.2 Opciones.-

En esta Sección se comentarán solamente 3 Opciones (Factores de Pérdida, Número de Iteraciones y Operaciones Simultáneas), cuya inclusión contribuye a perfeccionar el modelo propuesto en el transcurso del tiempo.

Las Opciones se refieren a las posibilidades de modificación de los modelos de simulación, para adecuarlos a diversas circunstancias que permite la generalidad de los mismos.

##### a) Factores de Pérdida.

##### a.1) Factor de Pérdida por Voltaje en la Luminaria ( $F_{NS/PVOLP}$ )

Se ha considerado una variación aproximada de 1% en la salida luminosa, por cada 2,5% de variación en la tensión suministrada. Cuando se tenga información confiable respecto a un argumento de la función (XH22) diferente a 220V, tendrá efecto este factor sobre el Factor Total de Pérdidas Lumino-

sas.

a.2) Factor de Pérdida por Reactor (XH5)

El modelo permite incluir un factor diferente, que afecte el valor del factor total de Pérdidas Luminosas, para largos periodos de simulación (mucho mayor de 2 años) o cuando la fiabilidad del elemento así lo aconseje.

a.3) Factor de Pérdida por Deterioro de la Superficie de la Luminaria (XH6).

Para largos periodos de simulación o por algún criterio de fiabilidad asociado al elemento, puede decidirse incluir un factor diferente de efecto sobre el Factor Total de Pérdidas Luminosas.

a.4) Factor de Depreciación por Lámparas Quemadas (XH23).

Cuando se establezca la relación entre la depreciación luminosa, y la fiabilidad de la lámpara, o se tenga información afin para cortos periodos de simulación, puede incluirse un factor de valor diferente, de efecto sobre el Factor Total de Pérdida Luminosa.

b) Número de Iteraciones.

En el modelo propuesto se han definido 2 contadores de iteraciones (Bloque N.38 y Bloque N.40). El primer contador (Bloque N.38) corresponde al número de filas de las matrices de salida (MH1 y MH2) y puede asimilarse a 12 periodos no específicos de simulación.

El segundo contador (Bloque N. 40) favorece el grado de confianza de los resultados esperados, al establecer el promedio de ellos en cada salida.

Este bloque puede asimilarse a 360 periodos no específicos de



simulación.

Como se aprecia, el valor de los contadores de iteraciones se establece a criterio del diseñador, en función del grado de precisión que se espera del modelo de simulación. Después de cada ejecución del programa es posible apreciar la dispersión de los resultados en las matrices (MH1 y MH2), lo que permite establecer los valores de los contadores adecuadamente.

Esta Opción resulta muy importante, cuando en un modelo de simulación influye mucho los generadores de números aleatorios.

#### c) Operaciones Simultáneas.

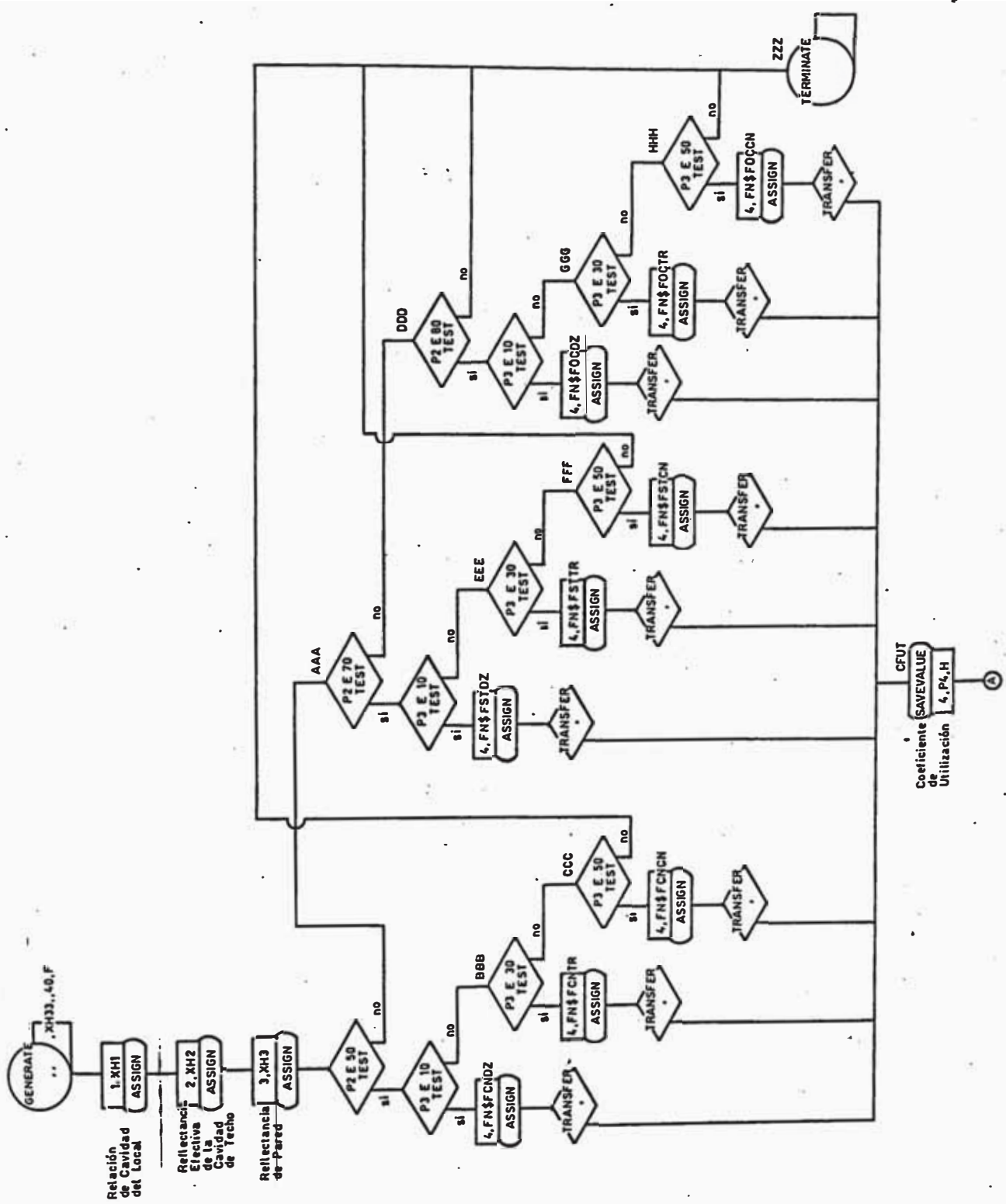
En el modelo de simulación existe la posibilidad de emplear el bloque copiador (SPLIT) que reproduce exactamente una transacción con los mismos parámetros que ella tiene al momento de ingresar al bloque.

Este bloque es de mucha utilidad, pero debe ser utilizado con mucho cuidado, puesto que el programa propuesto no hace uso del reloj control de la simulación. Esto quiere decir que la simulación termina cuando se "destruye" a la transacción generada, luego de haber activado los bloques convenientemente.

Existe también la posibilidad de volver a juntar las transacciones copiadas y la transacción original, haciendo uso del bloque ASSEMBLE; esto luego que las transacciones han realizado operaciones simultáneamente. Las especificaciones de estos bloques son bastante simples, como se podrá apreciar bien en el modelo Simulación en la Reposición. ( Sección 4.2).

La posibilidad de incluir otras Opciones, no comentadas en esta Sección, puede examinarse revisando el Diagrama de Bloques GPSS, incluido posteriormente.

### 3.2.3 Diagrama de Bloques y Programa GPSS.



Relación de Cavidad del Local

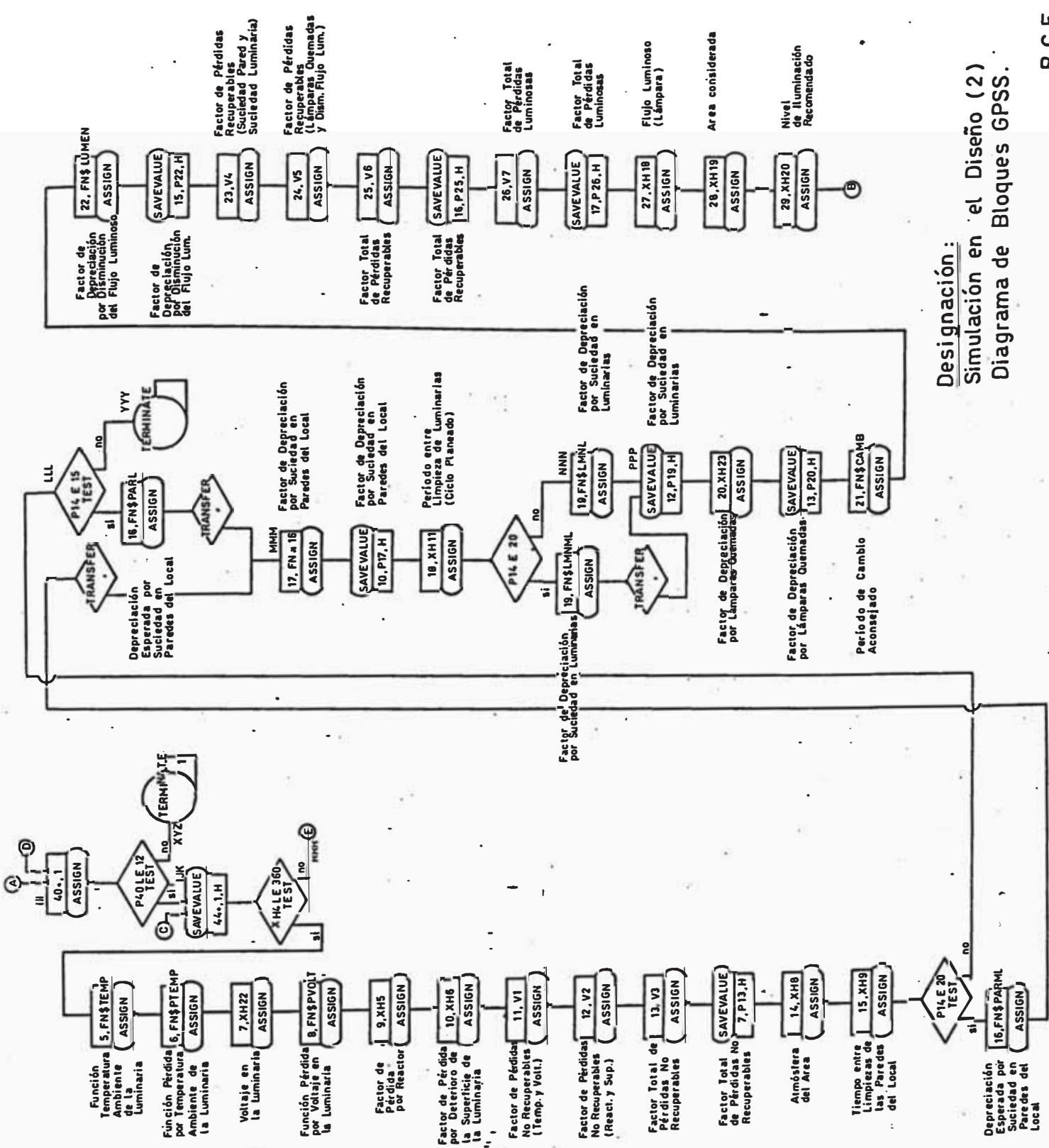
Reflectancia Efectiva de la Cavidad de Techo

Reflectancia de Pared

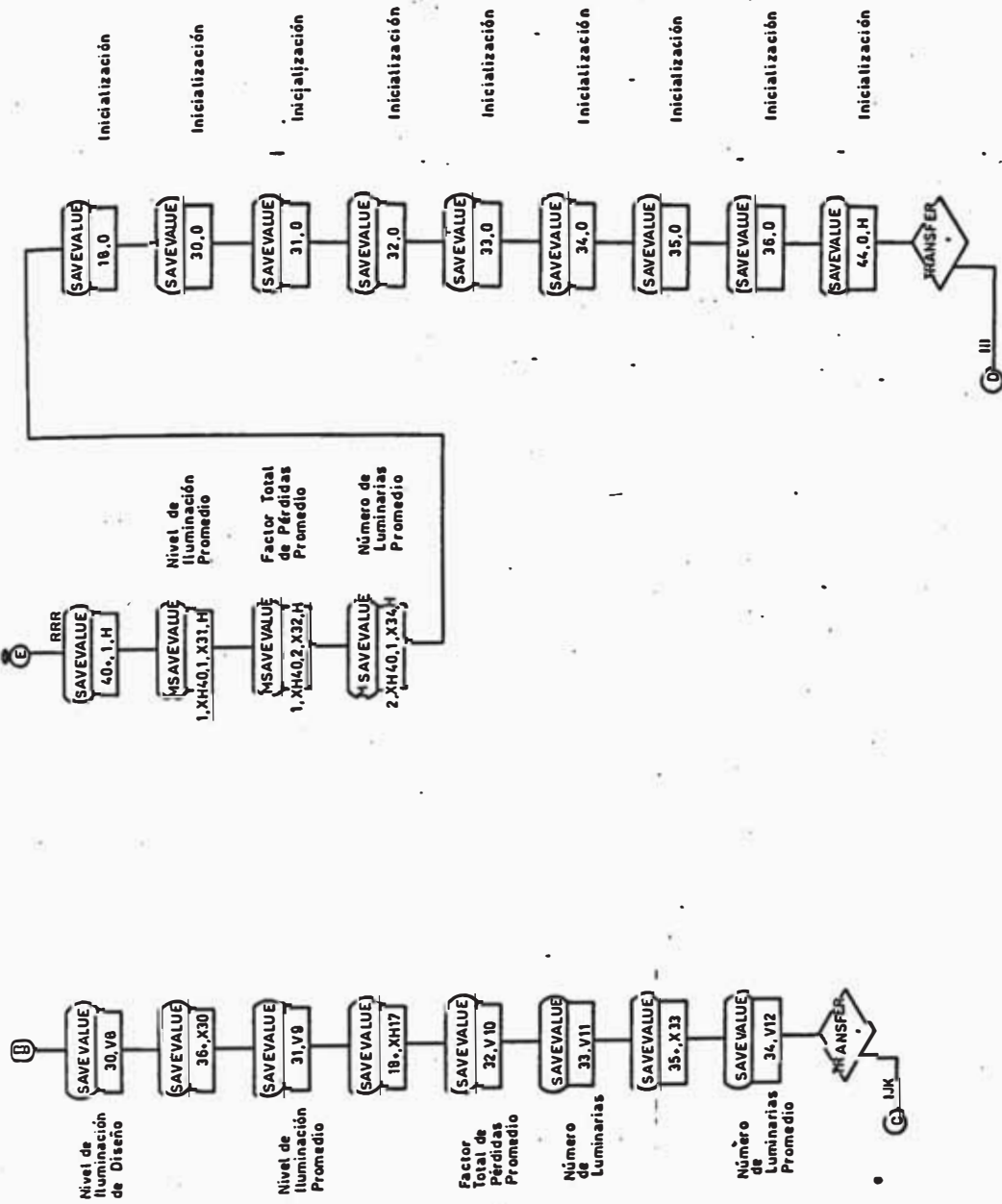
CFUT  
Coficiente de Utilización

Designación:  
Simulación en el Diseño (1)  
Diagrama de Bloques GPSS.

R.C.E.



Designación: Simulación en el Diseño (2) Diagrama de Bloques GPSS.



Designación:  
 Simulación en el Diseño (3)  
 Diagrama de Bloques GPSS.  
 R.C.E.

### 3.3 Interpretación de los Resultados.-

Para cada uno de los Módulos ensayados se han hallado valores del número de luminarias ( también, niveles de iluminación esperados y factores totales de pérdida esperados) que representan soluciones posibles al problema de iluminación tratado.

De acuerdo al Criterio de Decisión (Sección 3.2.1.2), se han tomado los siguientes valores base para su posterior distribución en cada uno de los Módulos, a saber :

a) Módulo Sala de Lectura Silenciosa.

N base - 58 luminarias

N diseño - 60 luminarias

b) Módulo Sala de Dibujo.

N base = 8 luminarias

N diseño = 8 luminarias

c) Módulo Sala de Estudio en Grupo.

N base = 4 luminarias

N diseño = 4 luminarias

d) Módulo Sala de Conferencias.

N base - 15 luminarias

N diseño = 15 luminarias

A continuación, se presentan tabuladas soluciones ensayadas (alterna-

tivas múltiples), para cada uno de los Módulos integrantes de la Bi  
blioteca Modular.



SIMBOLOGIA EMPLEADA EN LAS TABLAS 3.3

- a) XH1 = Relación de la Cavidad del Local.
- b) XH2 = Reflectancia Efectiva de la Cavidad de Techo (%)
- c) XH3 = Reflectancia de la Pared (%)
- d) XH19= Area considerada (dm<sup>2</sup>)
- e) XH20= Nivel de Iluminación Recomendado (LX)
- f) FACT FUNCTION = Función Factor Modificadorio del Nivel de Iluminación.
- g) XH30= Número de lámparas por Luminaria
- h) XH31= Factor Modificadorio del Número de Lámparas por Luminaria.

TABLA 3.3.A MODULO SALA DE LECTURA SILENCIOSA

DATOS GENERALES	XH1 = 243 XH19 = 3125 $\phi$ XH20 = 5 $\phi$																							
FUNCION FACTOR MODIFICATORIO	FUNCION FN1, C3 FACTOR $\phi, 6\phi\phi / .5, 1\phi\phi\phi / 1.\phi, 14\phi\phi.$																							
DATOS ESPECIFICOS	XH3 $\phi$ = 4 XH31 = 95 $\phi$						XH3 $\phi$ = 2 XH31 = 1 $\phi\phi\phi$																	
Nro. LUMINARIAS	N																							
SALIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
XH2 = 8 $\phi$ XH3 = 3 $\phi$	3 $\phi$	3 $\phi$	29	3 $\phi$	29	29	29	29	29	29	29	29	29	57	57	56	58	57	57	57	56	57	57	55
XH2 = 8 $\phi$ XH3 = 5 $\phi$	27	27	26	28	27	27	27	27	26	27	27	26	26	52	52	51	53	52	52	52	51	52	52	51
XH2 = 7 $\phi$ XH3 = 3 $\phi$	3 $\phi$	3 $\phi$	3 $\phi$	31	3 $\phi$	3 $\phi$	3 $\phi$	3 $\phi$	3 $\phi$	3 $\phi$	3 $\phi$	29	29	59	59	57	6 $\phi$	58	58	58	57	58	57	57
XH2 = 7 $\phi$ XH3 = 5 $\phi$	28	28	28	29	28	28	28	28	28	28	28	27	28	55	55	53	56	54	54	54	53	54	54	53





TABLA 3.3.D

MODULO SALA DE CONFERENCIAS

DATOS  
GENERALES

XH1 = 567  
XH19 = 625 $\phi$   
XH20 = 5 $\phi$

FUNCION  
FACTOR  
MODIFICATORIO

FACT FUNCTION RN1,C3  
 $\phi, 4\phi\phi / .5, 1\phi\phi\phi / 1.\phi, 16\phi\phi$

DATOS  
ESPECIFICOS

XH3 $\phi$  = 4  
XH31 = 95 $\phi$

XH3 $\phi$  = 2  
XH31 = 1000

Nro.  
LUMINARIAS

N

N

SALIDAS

XH2 = 8 $\phi$   
XH3 = 3 $\phi$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

XH2 = 8 $\phi$   
XH3 = 5 $\phi$

9	9	8	9	8	8	9	9	8	8	8	8	17	17	17	18	17	17	17	17	17	17	17	17
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

XH2 = 7 $\phi$   
XH3 = 3 $\phi$

7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	15	15	14	15	14	14	15	15	14	14	14	14
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

XH2 = 7 $\phi$   
XH3 = 5 $\phi$

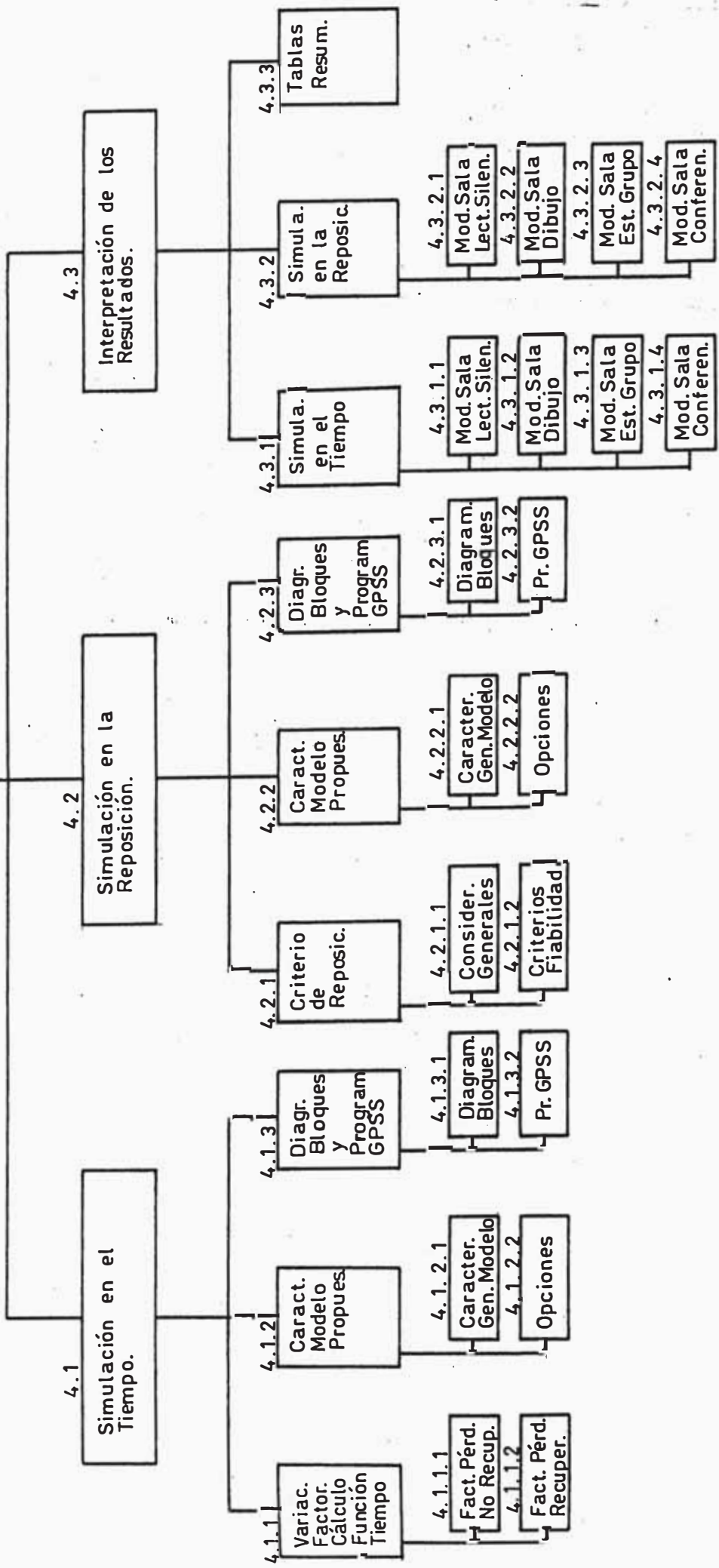
9	9	8	9	9	9	9	9	8	9	9	8	17	17	17	18	17	17	17	17	17	17	17	17
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

XH2 = 7 $\phi$   
XH3 = 5 $\phi$

8	7	7	8	7	7	7	7	7	7	7	7	15	15	15	15	15	15	15	15	14	15	15	14
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

CAPITULO IV

# IV Comportamiento de la Instalación Eléctrica en el Tiempo y Programa de Reposición.



COMPORTAMIENTO DE LA INSTALACION ELECTRICA EN EL  
TIEMPO Y PROGRAMA DE REPOSICION

4.1 SIMULACION EN EL TIEMPO.-

Esta sección se refiere a la disminución progresiva de los niveles de iluminación de los Módulos, como consecuencia de la varia  
ción de los factores de cálculo en función del tiempo.

El conocimiento de los niveles "esperados" de iluminación permi  
tirá la elaboración de un adecuado Programa de Reposición que garan  
tice niveles adecuados en el transcurso del tiempo.

El fenómeno de la depreciación luminosa es inevitable en las fuen  
tes de luz, cuyas propiedades ondulares y corpusculares sufren re  
flexión, interferencia, extinción, etc. durante la propagación lu  
minosa en el espacio y en el tiempo.

Las investigaciones referentes a la influencia de las radiacio-  
nes ópticas en los fenómenos vitales arrojan resultados sumamente  
interesantes.

Las premisas de estos trabajos tienen un carácter estadístico, por  
distintas razones. Entre ellas podemos citar la subjetividad de  
las impresiones visuales o ideas (por ejemplo, en la comodidad vi  
sual), la diversidad de funciones respuesta vinculadas a un sólo



estímulo, etc.

Existen también otros factores vinculados a los hábitos de trabajo y al estado de la técnica, que deben ser considerados en la confección de cualquier modelo, fundamentalmente porque se busca describir situaciones reales o potencialmente reales.

Los resultados obtenidos en el campo de la acción fotobiológica sobre las plantas, tratados anteriormente, son estimulantes. La posibilidad de estimular las funciones vitales, de acuerdo a las características de la radiación incidente, en los seres vivientes es la base de los estudios llevados a cabo con bastante éxito últimamente.

Simular el comportamiento de la instalación eléctrica de iluminación' en el tiempo es obtener valores de los niveles de iluminación de ocurrencia más probable.

Frente a esta variación de la iluminación, como consecuencia natural de la depreciación, varían también las sensaciones post-período de adaptación.

El aparato sensitivo del color del ojo humano sufre una disminución gradual de su capacidad discriminadora en la tarea visual-intelectual que desarrolla el usuario. Como consecuencia, el esfuerzo visual aumenta, la concentración disminuye y el rendimiento del usuario para realizar la tarea visual empeora.

Para instituciones como la Biblioteca Modular, que incluyen un tiempo de Asesoría (o evaluación indirecta del rendimiento del usuario), es posible llevar adelante con gran éxito un programa objetivo-subjetivo cuyo perfeccionamiento se haría en función del tiempo. La parte objetiva tiene que ver con las características de la radiación incidente. La parte subjetiva tiene que ver con las sensaciones visuales post - período de adaptación.

Una consecuencia de la disminución progresiva de los niveles de iluminación es la variación de la función de los conos y bastoncillos en el proceso visual.

Se puede afirmar que para luminancias iguales o mayores a  $0.1 \text{ Cd/m}^2$  los conos desempeñan una función importante en el proceso visual.

Para luminancias menores son los bastoncillos que contribuyen significativamente en el proceso visual.

Es necesario señalar que estas consideraciones son especialmente válidas para los procesos visuales de "estado estable". Se entiende fácilmente que los fenómenos transitorios son mucho más complicados.

Debido a ello, todo programa objetivo-subjetivo de perfeccionamiento de la tarea visual debe centrarse en el periodo de post-adaptación.

En cuanto a los factores de cálculo que intervienen en la disminución progresiva de los niveles de iluminación, son éstos de diferente tipo y, por tanto, susceptibles de ser clasificados de diferente manera.

Se ha preferido seguir la clasificación recomendada por el Manual de Alumbrado de la IES, es decir, que los factores de pérdida o depreciación del flujo luminoso pueden agruparse en:

- Factores de Pérdida No Recuperables.
- Factores de Pérdida Recuperables.

En este caso, la simulación hace posible no solamente tratar simultáneamente los factores de pérdida con la intervención de números aleatorios (como ya se explicó en el Capítulo III), sino también ubicar un punto en el tiempo y a partir de él, consecutivamente, generar las situaciones de ocurrencia más probable de los niveles de iluminación en el tiempo.

Los periodos especificados para hacer las evaluaciones dependen del criterio del diseñador, en base a la naturaleza del proyecto.

Es necesario señalar que la ejecución de este programa de simulación es posterior al programa de diseño (Capítulo III), cuyos resultados son incluidos como valores iniciales del programa de simulación a describir. Esto es equivalente a afirmar que el comportamiento de la instalación eléctrica de iluminación en el tiempo es un proceso de evaluación posterior a la distribución de las luminarias sobre el plano arquitectónico.

A continuación se trataría sobre el comportamiento de los factores de pérdida en el tiempo.

#### 4.1.1 Variación de los Factores de Cálculo en Función del Tiempo.-

##### 4.1.1.1 Factores de Pérdida No Recuperables.-

Son aquellos factores generalmente no sujetos a tareas de mantenimiento, a saber:

##### a) Temperatura Ambiente de la Luminaria.

Existen varios caminos para tratar este factor en función del tiempo. Pudo haberse pensado en generar valores cíclicos (mensuales, trimestrales, etc.) a partir de los promedios mensuales de temperatura durante un lapso acumulado de años. Este camino tiene la desventaja (error de interpretación) de caracterizar la depreciación luminosa en base a determinados valores puntuales de ocurrencia equiprobable.

Por lo tanto, desestimamos esa interpretación.

Otro camino, mucho más adecuado, es construir una función acumulada ( $F_{N\bar{S}TEMP}$ ) en base a la frecuencia de ocurrencia de una temperatura durante el año. Este

valor es referenciado de forma aleatoria por uno de los generadores de números aleatorios de que dispone el programa. Además es necesario construir la función de pérdida ( $F_{NS/P} - T_{EMP}$ ) por temperatura ambiente de la luminaria.

Como resultado de combinar estas dos funciones se obtienen los factores de pérdida por temperatura ambiente de la luminaria.

Para aumentar la confianza en el proceso simulado, se ha incluido un contador de control (sobre todos los factores variables) que repite el proceso un gran número de veces, obteniéndose finalmente los valores promedio de iteraciones múltiples.

Esto es equivalente a tener una muestra de mayor tamaño, que sea representativa de un universo.

Finalmente, se ha incluido un contador (principal) de iteraciones que caracteriza la depreciación en el tiempo, de forma coordinada para todos los factores de pérdida variables.

El diseñador de modelos de simulación en instalaciones eléctricas, encuentra en el factor temperatura ambiente de la luminaria la gran posibilidad de caracterizar una zona geográfica a un diseño de iluminación de instalaciones, en las cuales por razones obvias no se ha pensado en diseños integrados o equipos de acondicionamiento de aire.

Se han considerado dos características básicas dentro de un criterio de generalidad de todo modelo de simulación:

- Una lámpara fluorescente alcanza una temperatura del orden de  $15^{\circ}\text{C}$  más que el ambiente.

- El flujo máximo luminoso es emitido cuando la pared de la lámpara está a una temperatura de 30° a 40°C.

b) Voltaje a la Luminaria.

El factor de pérdida por voltaje a la luminaria es difícil de predecir, sobre todo en un ensayo de simulación, sin caer en errores de interpretación dentro de lo que es la generalidad de una simulación.

Más aún, predecir su variación en el tiempo puede conducir a errores de exactitud en el programa, considerando sobre todo que se trata de un diseño prototipo (de una situación real o potencialmente real).

Se sabe que este factor afecta en menor grado la salida de las luminarias de lámparas fluorescentes, que las de lámparas incandescentes.

Se estima que la salida de una luminaria de lámparas fluorescentes varía aproximadamente 1% por cada 2.5% de variación en el voltaje a la luminaria.

Teniendo en cuenta estas premisas se han definido dos bloques en el modelo de simulación. El primero referencia el valor de la tensión nominal de la lámpara, y el segundo describe la variación de la salida luminosa en función de la variación de la tensión.

Se ha creído conveniente, por tratarse de un ensayo de simulación en el diseño prototipo, tomar como valor inicial una tensión de 220v, que da un factor de pérdida por voltaje en la luminaria igual a 1000. Estos bloques son referenciados en gran número de veces; al igual que en el caso anterior, de acuerdo a los contadores de iteracio-

nes, como se verá oportunamente.

c) Factor del Reactor.

Se ha definido un bloque para considerar el factor de pérdida por reactor en función del tiempo. Sin embargo, en el modelo de simulación diseñado no se ha estimado su efecto en el factor de pérdidas no recuperables. Haberlo hecho hubiese significado disminuir el carácter generalizado del diseño en simulación. Además, los fabricantes garantizan bajo condiciones normales una vida útil no menor de 10 años. El periodo de simulación, fijado a criterio del diseñador es mucho menor ( en este caso, 2 años), por lo que se considera constante su efecto y el factor de pérdida igual a 1000.

Sin embargo, este bloque es referenciado un gran número de veces, de acuerdo a los contadores de iteraciones, al igual que en el caso anterior, como se verá oportunamente.

d) Depreciación de la Superficie de la Luminaria.

Se sabe de la tendencia de aplicar materias plásticas ( termoplásticos y termofraguantes) en la fabricación de aparatos de alumbrado, para lámparas fluorescentes. La transmitancia de estos materiales se considera afectada en un periodo de 15 a 20 años, bajo condiciones estables.

Así, por ejemplo, el "plexiglas" debe soportar una temperatura en su superficie exterior no mayor a los 70°C para mantenerse estable en el tiempo y no deformarse.

Los productos "ureaformoles" (materiales termofraguan

tes) sometidos a una temperatura en su superficie no mayor a los 60°C, tienen también muy larga duración.

Sin embargo, frente a estos hechos objetivos, se tiene que el periodo de simulación, definido a criterio del diseñador es en este caso de 2 años. Como consecuencia de ello, el factor de pérdida por depreciación de la superficie de la luminaria es un valor constante e igual a 1000 cada vez que sea referenciado en el programa.

Es claro que se ha definido un bloque para considerar el efecto de este factor en la depreciación luminosa.

Como se verá oportunamente, este bloque es referenciado un gran número de veces, de acuerdo a los contadores de iteraciones, como en el caso anterior.

#### 4.1.1.2 Factores de Pérdida Recuperables.-

Son aquellos factores generalmente sujetos a tareas de mantenimiento, a saber:

- a) Depreciación por Suciedad de las Superficies del Local. Durante el periodo de simulación, definido a criterio del diseñador, que en este caso es de 2 años, el factor de depreciación por suciedad de las superficies del local se incrementaría con el transcurso del tiempo hasta el periodo de limpieza señalado.

En el programa de simulación se han definido opciones para describir la depreciación esperada por suciedad en las paredes del local, para dos tipos de atmósferas: Muy Limpia (FNS/PARML) y Limpia (FNS/PARL). Estas han sido tratadas como

funciones discretas, dentro del criterio de generalidad de la simulación. También se ha definido una opción para describir el factor de pérdida por suciedad de las paredes del local, para 3 valores esperados de depreciación : 10 (FN10), 20(FN20) y 30 (FN30). Esto se ha hecho para una luminaria con distribución tipo semi-directa, por las razones expresas en los Capitulos anteriores.

Se ha deseado el modelo para referenciar cada uno de estos bloques un gran número de veces ( simultáneamente con los demás factores de pérdida) y obtener durante el lapso de 2 años (simulación), ocho salidas equivalentes a una evaluación trimestral consecutiva.

b) Factor de Depreciación por Lámparas Quemadas.

Se sabe que el número de lámparas quemadas contribuye a la pérdida de flujo luminoso. La evaluación cuantitativa de este factor depende de muchas circunstancias; por ejemplo, tipo de lámpara, tipo de instalación, etc. Sin embargo, puede conducir a un error de interpretación intentar hacer una evaluación en un programa de simulación en el tiempo, ya que la incertidumbre aumentaría por las características propias de la confiabilidad de cada lámpara.

Se ha definido un bloque, para el factor de depreciación por lámparas quemadas, que es referenciado un gran número de veces (simultáneamente con los demás factores de pérdida), dando en cada caso un valor de 1000, lo que significa que para el modelo creado, su comportamiento no está definido en el



tiempo.

En cambio, para un programa como el de Simulación en la Reposición ( que sería discutido posteriormente ) si se hace una evaluación tentativa, con el empleo de generadores de números aleatorios. Se obtiene así un programa de reposición o reemplazo en grupo de tipo aleatorio.

c) Depreciación Luminosa de la Lámpara.

Se ha definido un bloque que describe la depreciación luminosa de la lámpara en función del tiempo ( $FNS/LUMEN$ ), para un tipo no especial de lámpara fluorescente.

Asimismo se ha definido una opción que representa el período de evaluación del flujo luminoso (trimestral, en este caso).

Como resultado de la combinación de estos dos bloques se obtiene un valor cuantitativo, descriptivo del factor de depreciación.

Se sabe que la depreciación luminosa en el tiempo es inherente a toda lámpara, dado el estado de la técnica.

Es interesante la forma como se han uniformizado las unidades de tiempo, en el modelo de simulación, para obtener resultados coherentes, como se verá oportunamente.

Como en los casos anteriores, estos bloques son referenciados un gran número de veces, de acuerdo a los contadores de iteraciones.

d) Depreciación por Suciedad en la Luminaria.

Se sabe que la depreciación por acumulación de polvo en

las luminarias se incrementan en el transcurso del tiempo, provocando una disminución de la salida luminosa, hasta el periodo planeado de limpieza de las luminarias.

En el modelo de simulación propuesto se han creado dos opciones para la categoría de mantenimiento de la luminaria seleccionada (en este caso, Categoría V). Una de ellas se refiere a condiciones atmosféricas muy limpias (FN\$LMNL); la otra se refiere a condiciones atmosféricas limpias (FN\$LMNL).

Se estima que éstas sean las condiciones ambientales estándar en instituciones como la Biblioteca Modular.

De acuerdo a los contadores de iteraciones, estos bloques son referenciados un gran número de veces. Durante el periodo de simulación, fijado a criterio del diseñador (en este caso, 2 años) se obtendrán 8 salidas, descriptivas de factores de pérdida trimestrales consecutivos.

#### 4.1.2 Características del Modelo Propuesto.-

En esta Sección se analizarán las Características Generales del Modelo y las Opciones del programa de simulación propuesto. Sin pretender hacer una descripción detallada del programa, se tratarán aquellas características de las Secciones del mismo que faciliten su comprensión. De todas maneras se incluirán posteriormente el Diagrama de Bloques y el Programa GPSS, debidamente comentados.

El Programa de Simulación en el Tiempo de una instalación eléctrica de iluminación ha sido muy favorecido por el empleo del

lenguaje GPSS. Como se expresó anteriormente el lenguaje de bloques GPSS es de tipo descriptivo, lo que facilita la construcción, paso a paso, de modelos de variadas dimensiones. Asimismo se ha hecho uso extendido de la gran facilidad con que son definidas las funciones de distinto tipo (continuas, discretas, etc.) y de la forma directa como son referenciadas estas funciones, sin crear algoritmos especiales de interpolación.

En lo referente a las Opciones, se tratará de aquellos bloques definidos en el modelo de simulación, pero que no influyen en los resultados finales. Asimismo se verá otras posibilidades de inclusión y modificación del modelo de simulación propuesto.

#### 4.1.2.1 Características Generales del Modelo.-

El Programa de Simulación en el tiempo de una instalación eléctrica de iluminación ha sido dividido en 3 Secciones (únicamente por razones didácticas), a saber:

##### a) Sección 1 : Datos

En esta Sección se describen todos los datos necesarios para el cálculo posterior. El orden de inclusión de estos datos puede cambiar; sin embargo, se ha preferido enunciarlos de acuerdo a su futura referenciación por el programa de control.

Así tenemos, entre otros datos :

##### a.1) Función Temperatura Ambiente de Luminaria (FNTEMP)

Función continua acumulada, de ocurrencia aleatoria, de

finida por 6 puntos y construida en base a la información proporcionada por el SENAMHI para el Area de Lima Metropolitana.

a.2) Función Perdida por Temperatura Ambiente de Luminaria  
(FN\$PTEMP)

Función continua de 5 puntos, referenciada por el parámetro N.5 de la transacción, contruida en base a la Información Técnica PHILIPS.

a.3) Depreciación Esperada por Suciedad en las Paredes.

Dos funciones discretas, referenciadas por el parámetro N.17 de la transacción. Una de ellas corresponde a una atmósfera muy limpia (FN\$PARML) y la otra a una atmósfera limpia (FN\$PARL). Ambas funciones han sido construidas en base a la información incluida en el Manual de Alumbrado IES.

a.4) Factor de Depreciación por Suciedad en las Paredes.

Tres funciones continuas de 10 puntos, referenciadas por el parámetro N.1 de la transacción. Estas 3 funciones (FN10/FN20/FN30) han sido construidas en base a la información incluidos en el Manual de Alumbrado IES.

a.5) Factor de Depreciación por Suciedad en Luminarias.

Dos funciones continuas de 7 puntos referenciadas por el Atributo Numérico Estándar XH10. Una de ellas corresponde a una atmósfera muy limpia (FN\$LMNML) y la otra a una atmósfera limpia (FN\$LMNL). Ambas funciones han sido construidas en base a la información incluida en el Manual de Alumbrado IES.

a.6) Factor de Depreciación por Disminución del Flujo Lumino-

so (FN\$LUMEN).

Función continua de 6 puntos, referenciadas por el parámetro N.23 de la transacción. Esta función ha sido construida en base a la información incluida en el Manual CEAC de Electricidad.

a.7) Matrices Resultado.

Dos matrices tipo H, de 8 filas por 1 columna.

La matriz MH1 contiene los Factores Totales de Pérdida esperados.

La matriz MH2 contiene los Niveles de Iluminación esperados en periodos trimestrales, durante el lapso de 2 años (tiempo de simulación, definido a criterio del diseñador).

a.8) Número de Transacciones (XH33).

Se pide la creación de una sola transacción (XH33=1)

Este es el primer aviso del tipo especial de modelo que se está creando. Los bloques son activados únicamente al paso de esta transacción.

Para otros datos, no comentados en esta Sección, puede consultarse el programa fuente, incluido posteriormente.

b) Sección 2: Cálculos.

En esta Sección se dispone la generación de una sola transacción, que activarán los bloques consecutivamente de acuerdo a la lógica del programa de simulación.

Se ha previsto bloques que reciben resultados intermedios y otros que reciben resultados finales, de opera-

ciones aritméticas, a saber:

b.1) Bloque N.12

Recibe el efecto mutuo de 2 factores de pérdida no recuperables (Factor de Pérdida por Temperatura Ambiente de la luminaria y Factor de Pérdida por Volltaje en la Luminaria). La variable (V2) es Aritmética de punto flotante.

b.2) Bloque N.13

Recibe el efecto mutuo de 2 factores de pérdida no recuperables (Factor de Pérdida por Reactor y Factor de Pérdida por Deterioro de la Superficie de la Luminaria). La variable (V3) es aritmética de punto flotante.

b.3) Bloque N.14

Recibe el efecto del factor total de pérdidas no recuperables.

La variable (V4) es aritmética de punto flotante.

b.4) Bloque N.33

Recibe el efecto mutuo de 2 factores de pérdida recuperables (Factor de Depreciación por Suciedad en Paredes del local y Factor de Depreciación por Suciedad en Luminarias). La variable (V5) es aritmética de punto flotante.

b.5) Bloque N.34

Recibe el efecto mutuo de 2 factores de pérdida recuperables (Factor de Depreciación por lámparas que madas y Factor de Depreciación por disminución del Flujo Luminoso). La variable (V6) es Aritmética de

punto flotante.

b.5) Bloque N.35.

Recibe el efecto del factor total de pérdidas recuperables.

La variable (V7) es aritmética de punto flotante.

b.7) Bloque N. 39.

Almacena valores sucesivos de niveles de iluminación esperados, conservando el último valor de acuerdo al contador de iteraciones (Atributo Numérico Estándar XH28). La variable (V9) es aritmética de punto flotante.

b.8) Bloque N.41.

Almacena valores sucesivos de factores totales de pérdida esperados, conservando el último valor de acuerdo al contador de iteraciones (Atributo Numérico Estándar XH28). La variable (V11) es aritmética de punto flotante.

La uniformización de las unidades de tiempo (acorde con la lógica del programa), la definición de bloques de operaciones intermedias, la definición de la capacidad de las variables (y demás Atributos Numéricos Estándar), la selección de los contadores de iteraciones, etc. son algunas de las útiles facultades de que dispone el diseñador de modelos de simulación para construir, modificar o interpretar programas de Simulación de Sistemas de Propósito General.

Para otros bloques, no comentados en esta Sección, puede consultarse el programa fuente, incluido posterior-

mente. En este caso, también resulta de especial utilidad el Diagrama de Bloques GPSS, incluido posteriormente.

c) Sección 3: Impresión de Matrices e Inicialización.

En esta Sección se definen adecuadamente las Matrices, que se imprimirán haciendo uso de la Opción de Salida Estándar.

Una de las matrices (MH1) guardaría los Factores Totales de Pérdida Esperados. La otra matriz (MH2) guardará los Niveles de Iluminación Esperados en periodos trimestrales. Ambas matrices se han definido de 8 filas por 1 columna.

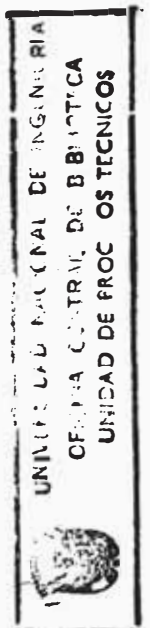
Cuando se hayan completado los elementos de estas matrices, termina la Simulación.

Asimismo en esta Sección se inicializan los bloques que guardan valores intermedios (acumulados) y aquellos que guardan valores finales (promedios). Estos bloques son inicializados únicamente después que han sido almacenados los valores correspondientes en las matrices de impresión (MH1/MH2).

Finalmente, en esta Sección se incluyen los bloques de control de los periodos de simulación (definidos según criterio del diseñador). En este caso se trata de periodos trimestrales de evaluación, dentro de un lapso de 2 años.

La inclusión de estos bloques en el programa de simulación es su suma importancia pues, en función con los contadores de iteraciones y las funciones respectivas, sustituyen la acción del reloj de control de la simulación.

Esto es así por la lógica que se ha seguido en el modelo de simulación, uniformizando todos los tiempos asociados a los bloques. Para otros bloques, no comentados en esta Sección,





puede consultarse el programa fuente, incluido posteriormente.

#### 4.1.2.2 Opciones.-

Las opciones se refieren a las posibilidades de modificación de los modelos de simulación. Es decir, cuando se dan las condiciones adecuadas y a criterio del diseñador, se liberan o incluyen para que su efecto sea sensible en los resultados definitivos del programa.

Todo programa de simulación tiene múltiples Opciones, las que se facilitan por el uso extendido de Atribuciones Numéricas Estándar (SNA).

En esta Sección se trataría únicamente de 3 opciones (Factores de Pérdida, Tiempo de Simulación y Operaciones Simultáneas), por considerarse éstas de suma importancia para el perfeccionamiento del modelo propuesto en el transcurso del tiempo.

##### a) Factores de Pérdida.

###### a.1) Factor de Pérdida de Voltaje en la Luminaria (FN\$P VOLT).

Se ha definido un bloque que describe la variación aproximada de uno por ciento en salida luminosa, por cada 2,5% de variación en la tensión suministrada. Sin embargo, esta Opción es "controlada" por el bloque anterior, que se mantiene constante en todos los casos que es activado por la transacción(XH22=220).

a.2) Factor de Pérdida por Reactor.

Cada vez que este bloque es activado por una transacción, se obtiene un valor constante ( $XH6=1000$ ) siendo de esta manera su efecto imperceptible en los resultados finales obtenidos. Esto se justifica, principalmente, por el corto periodo de simulación (2años) definido éste a criterio del diseñador.

a.3) Factor de Pérdida por Deterioro de la Superficie de la Luminaria.

Para cortos periodos de simulación (por ejemplo, 2 años) el efecto de este factor es imperceptible en la disminución de la salida luminosa.

Por ésta razón, cada vez que este bloque es activado por una transacción, se obtiene un valor constante ( $XH7=1000$ ) Esta situación puede modificarse, ya sea cambiando el ~~va-~~lor de la variable o haciendo uso de alguna función.

a.4) Factor de Depreciación por Lámparas Quemadas.

Cada vez que este bloque es activado por una transacción se obtiene un valor constante ( $XH23=1000$ ), siendo su efecto imperceptible en los resultados obtenidos. Esta situación puede modificarse utilizando otra variable o haciendo uso de alguna función.

b) Tiempo de Simulación .

Se han preparado los bloques para obtener salidas que representen valores esperados de Factores Totales de Pérdida y de Niveles de Iluminación.

Se han utilizado contadores de iteraciones que, en concordan

cia con las funciones, definen periodos trimestrales de evaluación.

Sin embargo, preparando adecuadamente las variables independientes de las funciones, así como las matrices de impresión y los contadores de iteraciones, es posible obtener otros periodos de evaluación (bimestrales, semestrales, anuales, etc.).

Es claro, por lo tanto, que se ha diseñado el modelo de simulación de tal manera que no sea necesario contar con el reloj de control de la simulación. Una forma práctica de reconocer esto es por la ausencia de los bloques de espera (ADVANCE). Esto se justifica en los modelos de simulación en programas GPSS que hacen uso extensivo, de - otras ventajas, como son el empleo de generadores de números aleatorios, las múltiples iteraciones de control, la facilidad de definición de funciones (discretas, continuas, etc.), la interpolación directa, etc.

### c) Operaciones Simultáneas.

Una de las Opciones más importantes que tienen los modelos de simulación es la de realizar Operaciones Simultáneas, en cualquier punto del modelo que sea lícito por la lógica del programa.

Esta Opción puede expresarse también por la posibilidad de hacer uso de un bloque (SPLIT) que reproduce exactamente una transacción (con los mismos parámetros que ella tiene al momento de ingresar al bloque).

El número de copias es especificado a criterio del diseña

dor. Las copias y la transacción que las originó pueden ser enviadas a cualquier punto del modelo y a partir de allí seguir procesos independientes o relacionados . Esta Opción tiene una definición muy simple, pero un significado lógico muy profundo. Por ello mismo debe ser usada con mucho cuidado,.

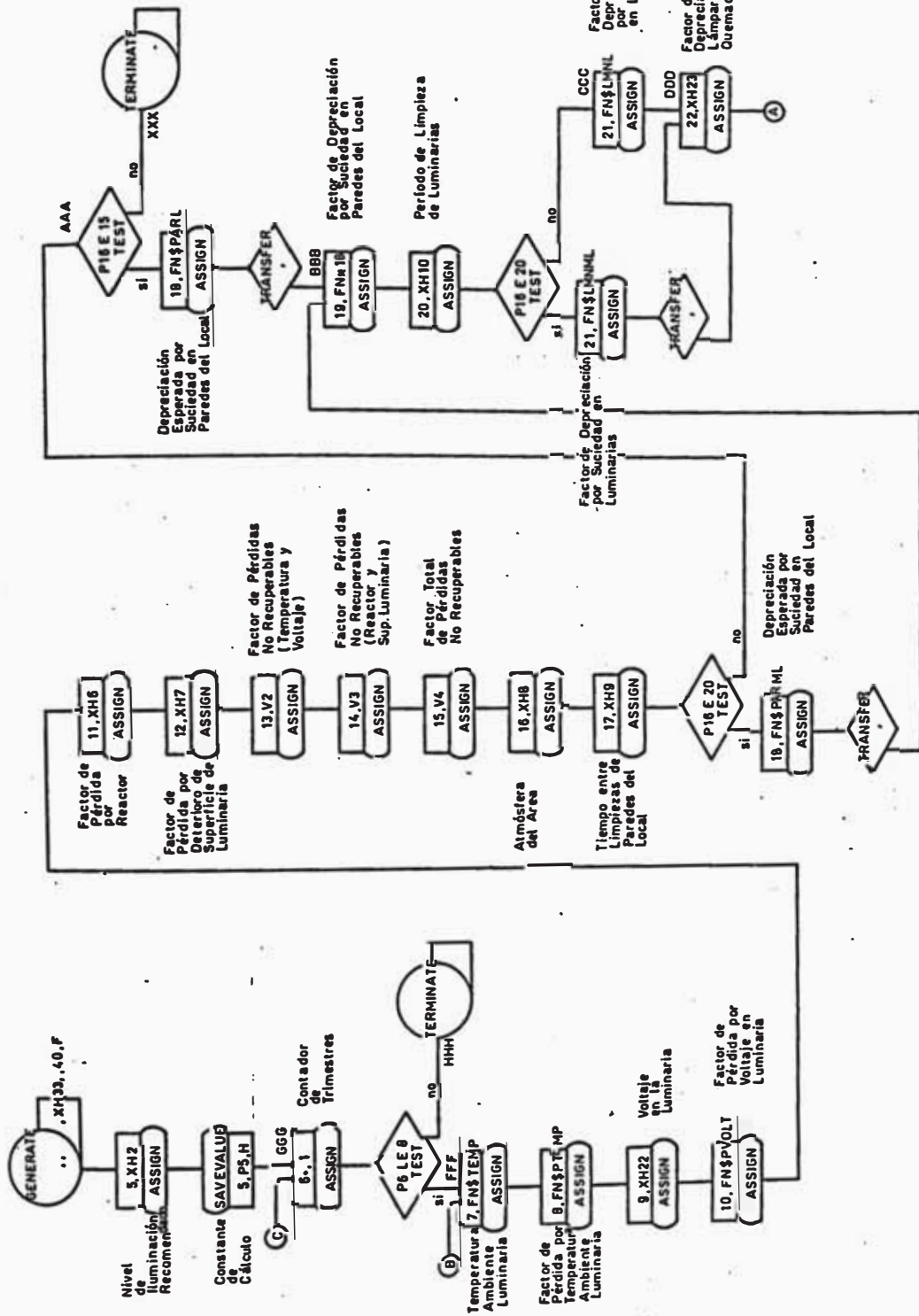
Así, en el modelo propuesto, existe la posibilidad de comparar la lógica del programa con otras alternativas posibles. El cálculo se realizará simultáneamente.

En la siguiente Sección ( 4.2 Simulación en la Reposición ) se ha diseñado un modelo de simulación que hace uso importante de este bloque copiator (SPLIT). Por comparación puede deducirse que la posibilidad de " copiar " transacciones es independiente de lo que ellas representen intrínsecamente.

Así, en el programa "Simulación en el Tiempo" la transacción activa los bloques y permite la realización de una serie de cálculos. En el programa "Simulación en la Reposición" la transacción y sus copias representan lámparas fluorescentes en ensayo.

Otras Opciones, vinculadas al criterio de generalidad del modelo de simulación propuesto para la luminaria seleccionada, han sido tratadas en los capítulos anteriores.

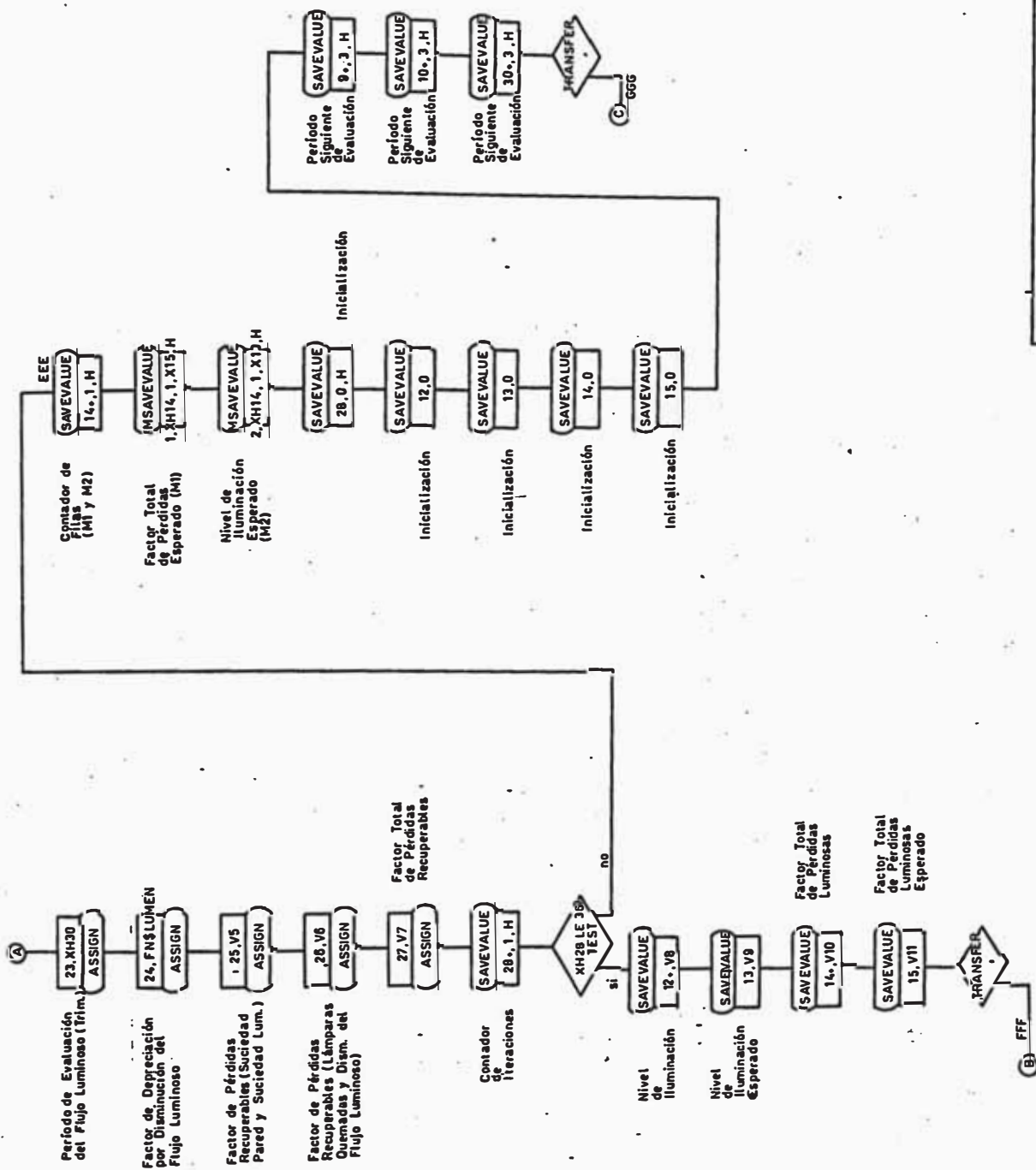
4.1.3 Diagrama de Bloques y Programa GPSS.



Designación:  
 Simulación en el Tiempo (1).  
 Diagrama de Bloques.GPSS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 OFICINA CENTRAL DE BIBLIOTECA  
 UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

R.C.E.



Designación:  
 Simulación en el Tiempo (2)  
 Diagrama de Bloques GPSS.

#### 4.2 Simulación en la Reposición.

Esta sección se refiere a las consideraciones que deben tomarse en cuenta en la confección de todo Programa de Reposición. El modelo propuesto toma en cuenta no solamente el criterio de fiabilidad asociado a cada lámpara, sino también el concepto de vida media del grupo de lámparas en cada uno de los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular. El resultado de ambas consideraciones es un Programa de Reposición de característica aleatoria que satisfaga los requerimientos de la instalación eléctrica de iluminación.

La simulación de Sistemas brinda un valioso aporte al diseñador, facilitándole una serie de conceptos de tipo "generalizado", los cuales le permitirán realizar ensayos del modelo propuesto, en una computadora. Entonces, al ejecutarse el programa o modelo, ésta simula el comportamiento del sistema.

El ensayo consiste en "copiar"  $(N-1)$  lámparas iguales a una lámpara previamente seleccionada (tipo fluorescente, en este caso). Luego se les asocia un número de horas diarias de operación y un período establecido de evaluación. Asimismo se incluye un generador de fallas y un reloj control de la simulación (vida media del grupo de lámparas ensayadas). La información que se obtiene en combinación con el Programa Simulación en el tiempo, permite planificar la reposición. Posteriormente estos puntos serán tratados con mayor detalle.

Son evidentes las ventajas de los modelos de simulación ( en tiempo, instalación, inversión etc.) sobre otras alteraciones de ensayo.



A diferencia del Programa Simulación en el tiempo, el Programa Simulación en la Reposición hace uso directo del reloj de control (incorporado) del tiempo de simulación.

#### 4.2.1 Criterio de Reposición.

Se sabe que las horas de vida de las lámparas fluorescentes, dependen de un gran número de factores. Uno de los factores más importantes es la calidad de la pasta emisiva, situada en ambos cátodos, así como su grado de adhesión a los mismos.- Cada vez que un encendido ocurre, parte de esa sustancia será consumida y cuando ésta haya desaparecido, la lámpara dejará de funcionar para siempre.- Esta situación está vinculada al estado de la técnica y es, sin duda, un problema fábril interesante.

Existen otras consideraciones de diversa índole (económica, principalmente), que han motivado la definición de términos comparativos (por ejemplo, la vida media, vida útil etc).

Asimismo debe recordarse que los modelos de simulación propuestos describen situaciones reales o potencialmente reales, y que la característica de "generalidad" de los modelos debe tratar de mantenerse frente a toda circunstancia.

Esto es especialmente cierto cuando se trata de diseños prototipo.

Como consecuencia de éstas consideraciones, el Programa Simulación en la Reposición toma como referencia únicamente

te la definición de Vida Media del conjunto de lámparas fluorescentes en ensayo.

Es necesario señalar que otros términos comparativos (por ejemplo, vida útil, vida útil media, etc) y demás consideraciones económicas (por ejemplo, precio de la lámpara, precio de la mano de obra de reposición, precio del KW-h, etc) no han sido incluidos en los modelos de simulación propuestos principalmente porque restan "generalidad" y aumentan la incertidumbre en los ensayos de simulación. Cuando se trate de un caso específico que no requiera perfeccionamiento en el tiempo, el modelo propuesto mantiene su vigencia; pero, previamente deberán modificarse las funciones del control del generador de fallas al criterio económico pre-establecido.

A continuación, profundizando en los criterios de reposición considerados en el modelo propuesto se tratará sobre Consideraciones Generales y los Criterios de Fiabilidad.

#### 4.2.1.1 Consideraciones Generales.

Se refiere esta sección a las premisas que se han tomado en cuenta, antes de proponer el Programa de Reposición (Sección 4.3).

- a) En instalaciones de características similares a la Biblioteca Modular, es particularmente cierto que resulta antiestético ver una instalación con puntos de luz con evidentes contrastes luminosos. Por esta razón se eligió un Periodo de Evaluación diario en

el Programa Simulación en la Reposición.

- b) En establecimientos similares a la Biblioteca Modular es recomendable, coincidir en el periodo de limpieza de la instalación con el de Reposición en grupo de las lámparas. Por esta razón, se eligió un periodo de simulación en el tiempo no mayor que la vida media de las lámparas seleccionadas.
- c) Dada las características de toda Simulación, los resultados obtenidos son valores que describen soluciones. Sería un error de interpretación esperar soluciones exactas. Pero sí se puede esperar, con un alto grado de confianza, que de cumplirse el Programa de Reposición se mantendrán los niveles de iluminación pre-calculados. Por ésta razón, en establecimientos como la Biblioteca Modular, se recomienda seleccionar un Periodo de Reposición menor que la vida media de las lámparas seleccionadas.

#### 4.2.1.2 Criterio de Fiabilidad.

En el Programa Simulación en la Reposición se han tomado en cuenta los siguientes criterios;

- a) La fiabilidad de la lámpara, entendida está, como la probabilidad de que la lámpara funcione adecuadamente durante un periodo dado en su aplicación prevista, debe ser referenciada cada vez que la lámpara entre en funcionamiento . Por esta razón, se ha establecido una coordinación entre el Periodo de Evaluación y de generación de fallas, en el modelo de simulación propuesto.

b) Se ha llegado a determinar que la vida media de las lámparas fluorescentes varía de acuerdo a una distribución Normal. Se entiende como Vida Media, el tiempo (en horas) que un grupo de lámparas han estado encendidas, desde que se se instalarón por primera vez, hasta que definitivamente dejarón de funcionar, en un 50% del total inicial. Este concepto se ha incluido en el reloj de control de la simulación (Sección 4, del Programa Simulación en la Reposición ).

c) Se estima que para no más de 5 encendidos diarios, la Vida Media de las lámparas fluorescentes oscilará entre 8000 y 10000 horas. La disposición depende de la perfección del proceso fabril. En el modelo de simulación propuesto se ha tomado como cifra promedio 9000 horas. Sin embargo, la cifra definitiva afectada por la distribución normal, se genera aleatoriamente, por medio del reloj de control de la simulación.

d) El concepto de fiabilidad requiere la definición de un sistema (lámparas, artefactos, grupo de artefactos, etc.), hecho esto a criterio del diseñador.

Ya que en el modelo propuesto se ha considerado como el factor más importante de duración de las lámparas fluorescentes la calidad de la pasta emisiva situada en ambos cátodos, así como su grado de adhesión a los mismos, se ha definido como sistema a cada lámpara ensayada en cada uno de los módulos integrantes de la Biblioteca Modular.

#### 4.2.2 Características del Modelo Propuesto.

En esta Sección se tratará sobre las Características Generales del Modelo y sobre las Opciones del mismo.

El programa de simulación en sí no será tratado en detalle; sólo se harán comentarios sobre las Secciones del programa, de tal modo que se facilite su comprensión.- De todas maneras se incluirá posteriormente el Diagrama de Bloques y el Programa GPSS, debidamente comentados.

El Programa Simulación en la Reposición se encuentra muy beneficiado por la presencia del bloque GPSS (PRIORITY) que asigna una cierta prioridad a las transacciones. Esto se ha utilizado con el concepto de que una falla tiene prioridad sobre la operación normal de una lámpara.

Asimismo el modelo propuesto hace uso de la selección aleatoria de funciones previamente definidas, siendo esto algo muy ventajoso para la lógica seguida en el modelo diseñado.

En lo referente a las Opciones, se verá otras posibilidades de inclusión y modificación del Programa Simulación en la Reposición.

##### 4.2.2.1 Características Generales del Modelo.

El Programa Simulación en la Reposición de una instalación eléctrica de iluminación ha sido dividido en 4 Secciones (únicamente por razones didácticas) a saber:

a) Sección 1 : Datos.

En esta Sección se presentan los datos necesarios para realizar el ensayo de operación de un grupo de lámparas hasta el periodo fijado por la vida media de las mismas.

Los principales datos que se incluyen son :

a.1) Número Total de Lámparas menos 1 (XH1).

Esta cantidad variará de acuerdo a las características de cada Módulo. Representa éste número las copias que se hacen de una lámpara de características específicas previamente seleccionadas.

a.2) Horas Diarias de Operación de las Lámparas (XH2).

Valor promedio definido para no más de 5 encendidos diarios para cada Módulo en ensayo.

a.3) Horas de Evaluación (XH4).

Establecido en base a las características de la fiabilidad del sistema establecido ( en este caso, cada lámpara); por lo tanto, debe existir concordancia entre éste valor y el número de horas diarias de operación de las lámparas.

a.4) Funciones de Fiabilidad (FN10/20/30/40).

Son funciones discretas de argumento aleatorio que cubren dos únicas posibilidades : lámparas funcionando (1) y lámparas falladas (2).

a.5) Función Normal (FN\$NORML).

El modelo propuesto incluye la función de distribución acumulada normal estándar, de argumento aleatorio, que será referenciado por el reloj de control de la simulación.

b) Sección 2 : Lámpara Funcionando.

En ésta Sección se han dispuesto los bloques de tal forma que simulan el funcionamiento diario normal de las lámparas de un Módulo Integrante de la Biblioteca Modular.

Dos bloques más representativos que se incluyen son:

b.1) Bloque N.2

Crea copias ('SPLIT') de las lámparas hasta completar el número necesario para el ensayo en el Módulo correspondiente.

b.2) Bloque N.5.

Cada una de las transacciones (Lámparas, en éste caso ) al ingresar a éste bloque ('ADVANCE') funciona normalmente, durante el periodo especificado por el parámetro N.2 de la transacción.

c) Sección 3 : Generación de Fallas.

En ésta Sección se generan las fallas de acuerdo al criterio de fiabilidad asociado a cada una de las lámparas, para cada uno de los Módulos integrados de la Biblioteca Modular.

Los Bloques más representativos que se incluyen son :

c.1) Bloque N.11

Crea copias ('SPLIT') de las fallas de ocurrencia posible en cada una de las lámparas ensayadas en el Módulo correspondiente.

c.2) Bloque N.15.

Asigna prioridad (PRIORITY) superior a las fallas so-

bre el funcionamiento normal de las lámparas.

c.3) Bloque N. 16.

Representa el hecho de que cada una de las falladas finalmente removida (PREEMPT') del sistema.

d) Sección 4 : Reloj control de la Simulación.

En esta Sección se han dispuesto los Bloques de tal forma que la simulación termine cuando se haya alcanzado la vida media del grupo de lámparas ensayadas, para cada uno de los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular.

Para otros bloques, no comentados en las secciones anteriores, puede consultarse el programa fuente, incluido posteriormente.

#### 4.2.2.2 Opciones

Como se sabe, todo programa de Simulación tiene múltiples opciones, las que, sin alterar sustancialmente el modelo, adecúa el mismo a otras circunstancias específicas.

En esta Sección se tratará únicamente de 3 Opciones (periodo de evaluación, Funciones de Fiabilidad y Operaciones Simultáneas), por interesar éstas para el perfeccionamiento del Modelo propuesto, en el transcurso del tiempo.

a) Periodo de Evaluación (XH4).

El periodo de evaluación de las lámparas (lámparas funcionando/lámparas quemadas) puede acortarse o alargarse a criterio del diseñador, coordinando previamente con otros



tiempos del sistema en ensayo. Es necesario que este período no supere la vida media del grupo de lámparas ensayadas, si desea mantenerse la lógica del modelo propuesto.

b) Funciones de Fiabilidad.

Se construyen estas funciones para que las lámparas ensayadas satisfagan el concepto de vida media, tomado esto como referencia en el modelo de simulación propuesto. Estas funciones pueden variar en su estructura cuando, a criterio del diseñador, se defina como sistema a un elemento diferente, o a un conjunto de elementos diferentes. Por otro lado, es recomendable mantener el argumento de tipo aleatorio en las funciones, por contribuir éste al criterio generalizado en los datos y en los resultados obtenidos de los modelos de simulación.

c) Operaciones Simultáneas.

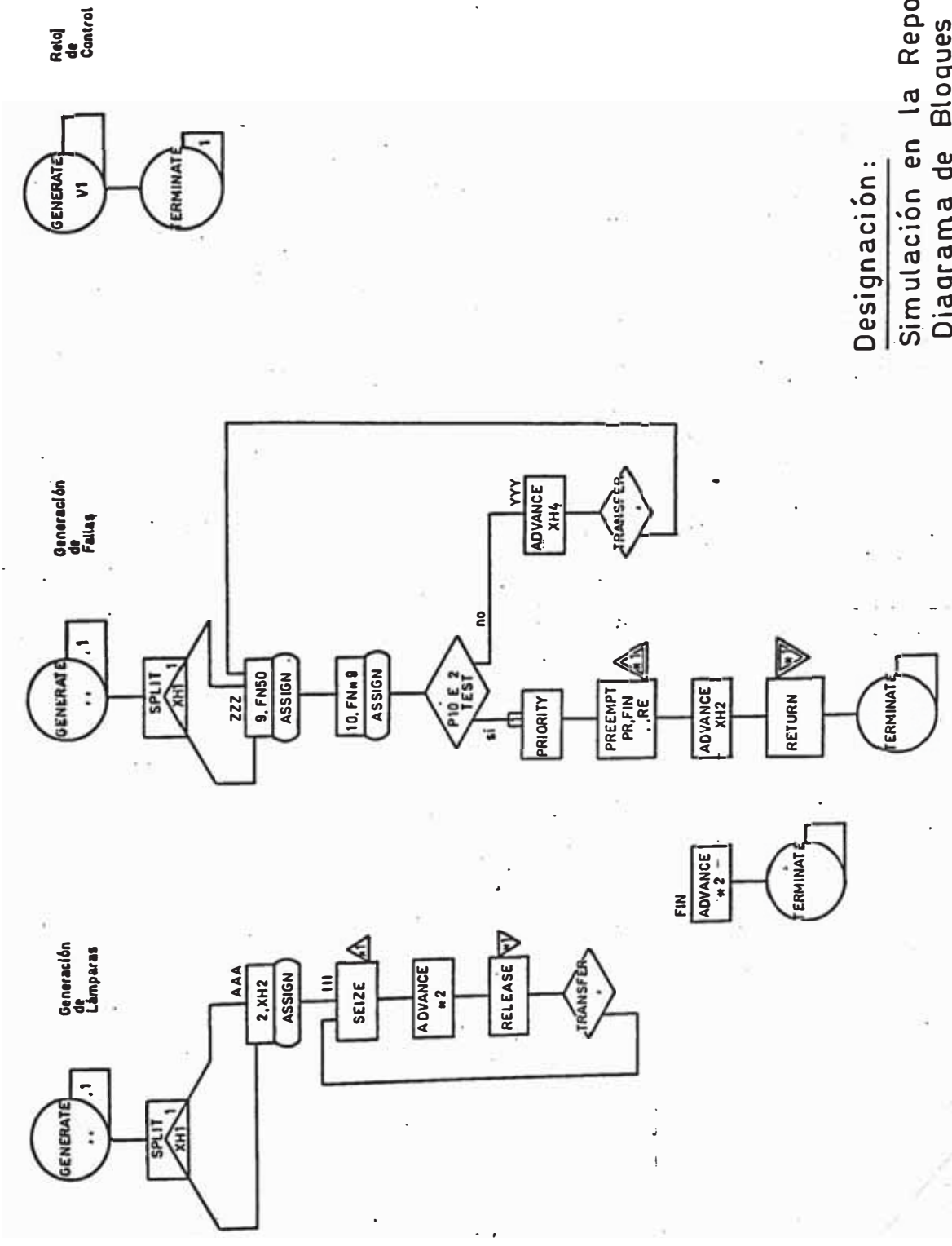
Esta Opción es de suma importancia y es posible, por ejemplo, haciendo extensivo del bloque copiador ('SPLIT') de transacciones, del cual ya se ha hecho referencia anteriormente.

El uso de ésta Opción estaría acompañado ya sea de un cambio en las características del Módulo en ensayo, como de una alternativa diferente en el tipo de instalación eléctrica de iluminación ensayada (tal es el caso de ambientes que puedan tener diferentes tipos de lámparas, luminarias, etc).

Dado que para estos casos, la interpretación de los resultados puede verse algo complicado, el empleo de ésta Opción queda a discreción del diseñador.

Para facilitar la decisión de incluir éstas u otras Opciones, puede consultarse el Diagrama de Bloques, incluido posteriormente.

#### 4.2.3 Diagrama de Bloques y Programa GPSS.



Designación:  
 Simulación en la Reparación  
 Diagrama de Bloques GPSS.

R.C.E.

### 4.3 Interpretación de los Resultados.

En esta Sección se interpretarán los resultados de los Programas Simulación en el Tiempo y Simulación en la Reposición, en base a los criterios fundamentados en las Secciones anteriores.

Finalmente se incluirán 2 tablas resúmenes (Tabla 4.3 y Tabla 4.3.A) las cuales posibilitan la comprensión de las facilidades que ofrecen los programas de simulación ensayados.

#### 4.3.1 Simulación en el Tiempo

Como se mencionó anteriormente, se han definido 2 Opciones referentes al tipo de Atmósfera (Atmósfera Muy Limpia y Atmósfera Limpia), de acuerdo al criterio del diseñador.

Asimismo para el diseño prototipo se ha considerado una Atmósfera Muy Limpia ( $XH8 = 2\phi$ )

A continuación se comentarán los resultados en cada uno de los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular.

##### 4.3.1.1 Módulo Sala de Lectura Silenciosa.-

- a) Iluminación general (recomendada) = 500 lx
- b) Año 1 - Iluminación general (esperada) = 363 lx.
- c) Año 2 = Iluminación general (esperada) = 313 lx.
- d) Puede garantizarse que la iluminación general en cualquier

momento (dentro del periodo de simulación) no es menor del 60 % del nivel general recomendado.

#### 4.3.1.2 Módulo Sala de Dibujo.-

- a) Iluminación general (recomendada) = 300 lx
- b) Año 1 - Iluminación general (esperada) = 213 lx
- c) Año 2 - Iluminación general (esperada) = 184 lx
- d) Puede garantizarse que la iluminación general en cualquier momento (dentro del periodo de simulación) no es menor del 60 % del nivel general recomendado.

#### 4.3.1.3 Módulo Sala de Estudio en Grupo.-

- a) Iluminación general (recomendada) = 250 lx.
- b) Año 1 - Iluminación general (esperada) = 176 lx
- c) Año 2 - Iluminación general (esperada) = 149 lx
- d) Puede garantizarse que la iluminación general en cualquier momento (dentro del periodo de simulación) no es menor del 60% del nivel general recomendado.

#### 4.3.1.4 Módulo Sala de Conferencias.-

- a) Iluminación general (recomendada) = 500 lx
- b) Año 1 - Iluminación general (esperada) = 355 lx
- c) Año 2 - Iluminación general (esperada) = 306 lx
- d) Puede garantizarse que la iluminación general en cualquier momento (dentro del periodo de simulación) no es menor del 60% del nivel general recomendado.

nor del 60 % del nivel general recomendado.

Posteriormente (Sección 4.3.3) se ha incluido una tabla resumen (Tabla 4.3) con valores que representan las salidas trimestrales del programa (periodos simulados) para las dos Opciones del tipo de Atmósfera (Atmósfera Muy Limpia/ $XH8 = 2\phi$  ; Atmósfera Limpia/ $XH8 = 15$ ).

#### 4.3.2 Simulación en la Reposición

Como se mencionó anteriormente (Sección 4.2), el Programa Simulación en la Reposición permite tomar decisiones sobre las características finales de la reposición.

Los programas de reposición así confeccionados son de tipo aleatorio, y se fundamentan en los conceptos de fiabilidad de cada una de las lámparas y vida media del grupo de lámparas en cada uno de los Módulos integrantes de la Biblioteca Modular.

A continuación se comentarán los resultados en cada uno de los Módulos.

##### 4.3.2.1 Módulo Sala de Lectura Silenciosa.-

- a) Número de lámparas (diseño) = 120
- b) Año 1 - Nro. lámparas a reemplazar = 18
- c) Año 2 - Nro. lámparas a reemplazar = 43
- d) El reemplazo de las lámparas coincide con los perio-

dos de limpieza de las luminarias y de las paredes del local.

- e) Se requiere en la reposición (Año 2 - alrededor 5280 h.) unas 43 lámparas, para garantizar niveles de iluminación no inferiores a los recomendados.

#### 4.3.2.2 Módulo Sala de Dibujo.-

- a) Número de lámparas (diseño) = 16
- b) Año 1 - Nro. lámparas a reemplazar = 3
- c) Año 2 - Nro. lámparas a reemplazar =
- d) El reemplazo de las lámparas coincide con los periodos de limpieza de las luminarias y de las paredes del local.
- e) Se requiere en la reposición (Año 2 - alrededor 5280 h) más 5 lámparas, para garantizar niveles de iluminación no inferiores a los recomendados.

#### 4.3.2.3 Módulo Sala de Estudio en Grupo.-

- a) Número de lámparas (diseño) = 8
- b) Año 1 - Nro. de lámparas a reemplazar = 1
- c) Año 2 - Nro. de lámparas a reemplazar = 4
- d) El reemplazo de las lámparas coincide con los periodos de limpieza de las luminarias y de las paredes del local.
- e) Se requiere en la reposición (Año 2 - alrededor 5280 h). unas 4 lámparas, para garantizar niveles de iluminación no inferiores a los recomendados.



#### 4.3.2.4 Módulo Sala de Conferencias.-

- a) Número de lámparas (diseño) = 30
- b) Año 1 - Nro. de lámparas a reemplazar = 6
- c) Año 2 - Nro. de lámparas a reemplazar = 12
- d) El reemplazo de las lámparas coincide con los periodos de limpieza de las luminarias y de las paredes del local.
- e) Se requiere en la reposición (Año 2 - alrededor 5280 h.) unas 12 lámparas, para garantizar niveles de iluminación no inferiores a los recomendados.

Es necesario recalcar que el periodo de simulación (Año 2 - alrededor 5280 h) es inferior a la vida media del grupo de lámparas en ensayo (alrededor 9000 h).

Información adicional sobre la reposición puede hallarse en los Programas GPSS (Sección 4.2.3).

TABLA 4.3 SIMULACION EN EL TIEMPO

Módulo	Sala de Lectura Silenciosa E(LX)	Sala de Dibujo E(LX)	Sala de Estudio en Grupo E(LX)	Sala de Conferencias E(LX)
Periodo	Atmósfera Muy Limpia XH = 20			
1	425	249	206	416
2	402	236	194	393
3	382	224	185	374
4	363	213	176	355
5	352	207	170	345
6	343	201	166	336
7	320	188	155	312
8	313	184	149	306
Periodo	Atmósfera Limpia XH8 = 15			
1	415	243	201	406
2	383	225	185	375
3	360	211	174	352
4	323	190	153	315
5	315	186	149	307
6	308	181	146	301
7	301	177	143	294
8	296	174	140	289

TABLA 4.2.A SIMULACION EN LA REPOSICION

MODULO	SALA DE LECTURA SILENCIOSA	SALA DE DIBUJO	SALA DE ESTUDIO EN GRUPO.	SALA DE CONFERENCIAS
Nro. LAMPARAS DISEÑO	N(Lámp.) = 12∅	N(Lámp.) = 16	N(Lámp.) = 8	N(Lámp) = 3∅
HRO. LAMPARAS A REEMPLAZAR				
Periodo	Entradas			
1	165	∅	∅	4
2	33∅	3	1	6
3	495	5	4	8
4	66∅	5	4	12

## CONCLUSIONES

- (1) Se ha mostrado, a través de los ensayos de simulación propuestos, que el carácter descriptivo de un lenguaje de simulación (tal como GPSS) facilita sobremedida la confección de modelos aplicables a situaciones de diseño, instalación y operación de instalaciones eléctricas de iluminación, que se justifiquen por la intención de perfeccionar situaciones en el tiempo.
- (2) Se ha mostrado, en cada uno de los ensayos de simulación propuestos, cómo el carácter generalizado de un lenguaje de simulación (tal como GPSS) posibilita la relación interdisciplinaria en un proyecto específico. Es fácil intuir la diversidad de interpretaciones que puede atribuirse a cada uno de los bloques GPSS, en los afanes de la Ingeniería y de otras ramas del conocimiento humano.
- (3) Se ha logrado una re-interpretación del método general de iluminación IES, posibilitada por el estado actual de la técnica y la creciente utilización de programas de aplicación. De aquí se sigue que se ha abierto una posibilidad de investigación y legislación en el campo de la Iluminación en el medio.

- (4) Se ha conseguido relacionar al usuario final con la instalación , en el afán de proponer un método de establecer relaciones estímulo - sensación. Esta tarea se ha visto favorecida por la interpretación probabilística y estadística de los modelos ensayados, y por los resultados obtenidos a través de la Opción Estándar de Salida de los programas GPSS. Todo esto es posible llevarse a cabo, dado el estado actual de la técnica.
- (5) Se ha mostrado un medio de cuasi-independización de las instalaciones (y de su funcionamiento normal) versus el diseño arquitectónico definitivo. Esto es de mucha utilidad cuando sea necesario establecer comparaciones entre soluciones alternativas. El lenguaje de simulación GPSS hace posible esta tarea principalmente por la definición de recursos múltiples ( STORAGES ) y por el bloque copiador ( SPLIT ).
- (6) Se ha conseguido darle realismo al cálculo de iluminación por la utilización de los generadores de números aleatorios del programa de control. Se ha tratado con eventos aleatorios o pseudo-aleatorios, cuyo efecto está siempre presente en todo diseño, y cuya incidencia ( peso ) ha sido cuidadosamente considerada en cada uno de los modelos de simulación propuestos.
- (7) Se ha logrado caracterizar la depreciación de una instalación eléctrica de iluminación, simulando su funcionamiento en el tiempo. Esta opción, posibilitada por el estado actual de la técnica, tiende a constituirse en un requisito indispensable para todo proyecto que justifique el empleo de la Simulación de Sistemas.

- (8) Se ha logrado constituir un diseño prototipo, definiendo características de diversa índole (luminotécnicas, arquitectónicas, psicológicas, etc.). Todas estas características se han considerado base para otros posibles diseños (de mayor o menor envergadura) y, por lo tanto, se encuentran asociadas a la prioridad natural de las transacciones. Para decidir sobre diferentes alternativas, es posible hacer uso de alguno de los 127 niveles de prioridad que ofrece el programa GPSS.
- (9) El empleo del Programa GPSS Simulación del Funcionamiento Normal u otro modelo similar hace posible describir la trayectoria y la actividad de los usuarios, en el establecimiento, de forma fundamentalmente cuantitativa. La relación con la instalación eléctrica de iluminación se fundamenta inicialmente en eventos de ocurrencia probable. Como interesa perfeccionar la relación usuario - instalación, se debe seguir la evolución del proyecto para ajustar las funciones empleadas y predecir "funcionamientos normales" en otros establecimientos similares a la Biblioteca Modular.
- (10) Se ha logrado configurar el modelo Simulación en el Diseño, dándole capacidad suficiente para resolver diversas situaciones particulares en establecimientos similares a la Biblioteca Modular. Si bien la interpretación y las técnicas empleadas son nuevas, se encuentran éstas ya presentes en el medio, y prontas a convertirse en una herramienta valiosa de la Ingeniería Eléctrica y Mecánica.

- (11) Ha sido posible diseñar el Programa Simulación en el tiempo como una técnica de predicción del comportamiento de la instalación y de sus posibles efectos sobre el usuario. Debido a las características de las sensaciones visuales y de los establecimientos generales a la Biblioteca Modular, se le ha dado una capacidad cuidadosamente considerada para las situaciones particulares de ocurrencia más probable.
- (12) Se ha conseguido configurar el modelo Simulación en la Reposición como fundamento de un programa de reposición aleatoria. Esto justifica toda decisión respecto a la vida media del grupo de lámparas ensayadas. Este modelo, como los otros presentados en la Tesis, han sido preparados para solucionar diversas situaciones particulares, en pocos instantes, partiendo de simples observaciones y haciendo uso efectivo de las técnicas de simulación GPSS. En todos los casos debe considerarse que la corrección de las deficiencias de diseño en el tiempo, es el método más directo para mejorar la fiabilidad de los ensayos de simulación, probabilística y estadísticamente diseñados.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) AECC : Normas - Alumbrado Fluorescente  
Rama Electrónica/Subcomité de Iluminación  
España, 1979.
- (2) AMSTADTER, Bertram : Matemáticas de la Fiabilidad  
Editorial Reverté S.A., 1976
- (3) CEAC : Luminotécnica  
Enciclopedia CEAC de Electricidad  
Editorial CEAC, España, 1974.
- (4) EILER, Steen : Experiencia de la Arquitectura  
Editorial Labor S.A.  
España , 1974.
- (5) ESTRELLA, Fermin : Arquitectura de Sistemas  
Ediciones CEVEUR  
México, 1983.
- (6) GREENBERG, Stanley : GPSS Primer  
John Wiley & Sons.Inc., 1972.
- (7) IES , Lighting Handbook  
Compendio/Curso Básico de Iluminación/  
AEP, 1983.
- (8) IBM, Corporation : User's Manual  
IBM Publications, 1970.
- (9) MESHKOV, V.V. : Fundamentals of Illumination Engineering.  
MIR Publishers - Moscow, 1981
- (10) PHILIPS : Manual de Alumbrado  
Editorial Paraninfo S.A.  
Madrid, 1983.