

41126
5



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DE
ILUMINACIÓN DE INTERIORES Y DE EXTERIORES**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA,
ÁREA ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA**

P R E S E N T A N:

**AGUSTÍN ALVAREZ GARCÍA
RAYMUNDO HERNÁNDEZ REYES**



ASESOR: ING. FRANCISCO RAÚL ORTÍZ GONZÁLEZ

SAN JUAN DE ARAGÓN 2003

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**TESIS
CON
FALLA DE
ORIGEN**

**PAGINACION
DISCONTINUA**

CONTENIDO

	<i>Pág.</i>
INTRODUCCIÓN	VII
<i>CAPITULO I</i>	
<i>INTRODUCCIÓN A LA ILUMINACIÓN</i>	
I.A. EL ÓRGANO HUMANO ENCARGADO DE HACER POSIBLE LOS EFECTOS VISUALES	1
I.A.1. EL MECANISMO VISUAL	3
I.A.2. SENSIBILIDAD ESPECTRAL DEL OJO HUMANO	5
I.A.3. FACTORES OBJETIVOS DEL PROCESO VISUAL	6
I.B. ANTECEDENTES DE LA ILUMINACIÓN ELÉCTRICA	8
I.B.1. LA LUZ	8
I.B.2. NATURALEZA DE LA LUZ	9
I.B.3. RADIACIÓN	9
I.B.3.a. CARACTERÍSTICAS DE LA RADIACIÓN LUMINOSA	10
I.B.4. FLUJO LUMINOSO	11
I.B.5. INTENSIDAD LUMINOSA	12
I.B.6. ILUMINACIÓN	12
I.B.7. LUMINANCIA O BRILLO FOTOMÉTRICO	12
I.B.8. REFLEXIÓN	13
I.B.9. TRANSMISIÓN	14
I.B.10. POLARIZACIÓN	14
I.B.11. COLOR	15
I.B.12. TEMPERATURA DEL COLOR	15
I.C. EL DESLUMBRAMIENTO	16
I.C.1. RECOMENDACIONES PARA EVITAR EL DESLUMBRAMIENTO	17
I.D. PERCEPCIÓN DE FORMAS PLÁSTICAS	20
<i>CAPÍTULO II</i>	
<i>CONDUCTORES Y CANALIZACIONES ELÉCTRICAS</i>	
II.A. CONDUCTORES ELÉCTRICOS	21
II.A.1. CARACTERÍSTICAS PARA CONDUCTORES USADOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN	21
II.A.2. CALIBRE DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS	23
II.A.3. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE EN CONDUCTORES ELÉCTRICOS	23
II.A.4. RECOMENDACIONES PARA EL USO DE CONDUCTORES DEPENDIENDO DEL TIPO DE INSTALACIÓN	36

II.B. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS	42
II.B.1. TUBO CONDUIT	43
II.B.1.a. CAJAS Y ACCESORIOS PARA CANALIZACIÓN CON TUBO CONDUIT	48
II.B.1.a.i. CAJAS DE CONEXIÓN	49
II.B.1.a.ii. CONDULETS	50
II.B.2. DUCTOS	50
II.B.3. CHAROLAS	51
II.C. NÚMERO DE CONDUCTORES POR CANALIZACIÓN	53
II.C.1. NÚMERO DE CONDUCTORES EN UN TUBO CONDUIT	53
II.C.2. NÚMERO DE CONDUCTORES DUCTOS METÁLICOS Y NO-METÁLICOS CON TAPA	55
II.D. APLICACIÓN	56
 CAPITULO III	
ILUMINACIÓN	
III.A. ILUMINACIÓN ELÉCTRICA	58
III.B. LÁMPARAS ELÉCTRICAS	59
III.C. LÁMPARAS INCANDESCENTES	61
III.C.1. INCANDESCENTE CONVENCIONALES	61
III.C.1.a. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	63
III.C.1.b. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS	63
III.C.1.c. VENTAJAS	64
III.C.1.d. LIMITACIONES	65
III.C.2. INCANDESCENTES HALÓGENO	65
III.C.2.a. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	66
III.C.2.b. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS	67
III.C.2.c. VENTAJAS	69
III.C.2.d. LIMITACIONES	69
III.C.3. INCANDESCENTES ESPECIALES	70
III.D. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO	70
III.D.1. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO BAJA PRESIÓN	70
III.D.1.a. TUBOS FLUORESCENTES	71
III.D.1.a.i. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	74
III.D.1.a.ii. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS	79
III.D.1.a.iii. VENTAJAS	81
III.D.1.a.iv. LIMITACIONES	81
III.D.1.b. FLUORESCENTES COMPACTAS	81
III.D.1.b.i. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	82
III.D.1.b.ii. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS	83
III.D.1.b.iii. VENTAJAS	84
III.D.1.b.iv. LIMITACIONES	84

III.D.1.c. FLUORESCENTES ESPECIALES	85
III.D.1.c.i. LÁMPARAS CON REFLECTOR INTERNO	85
III.D.1.c.ii. LÁMPARAS DE MUY ALTA EMISIÓN (VHO)	85
III.D.1.c.iii. LÁMPARAS DE LUZ NEGRA	85
III.D.1.c.iv. LÁMPARAS ACTÍNICAS	86
III.D.1.c.v. LÁMPARAS ERITERMICAS	86
III.D.1.c.vi. LÁMPARAS GERMICIDAS	86
III.D.1.c.vii. LÁMPARAS PARA CRECIMIENTO DE PLANTAS	86
III.D.2. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO ALTA PRESIÓN	87
III.D.2.a. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO	87
III.D.2.a.i. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	89
III.D.2.a.ii. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS	90
III.D.2.a.iii. VENTAJAS	90
III.D.2.a.iv. LIMITACIONES	91
III.D.2.b. LÁMPARAS DE LUZ DE MEZCLA	91
III.D.2.b.i. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	92
III.D.2.b.ii. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS	93
III.D.2.b.iii. VENTAJAS	93
III.D.2.b.iv. LIMITACIONES	93
III.D.2.c. LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS	93
III.D.2.c.i. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	95
III.D.2.c.ii. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS	96
III.D.2.c.iii. VENTAJAS	96
III.D.2.c.iv. LIMITACIONES	96
III.D.2.d. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO ESPECIALES	97
III.D.2.d.i. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE AMPOLLA CLARA	97
III.D.2.d.ii. LÁMPARAS DE LUZ NEGRA	97
III.D.2.d.iii. LÁMPARAS ACTÍNICAS	97
III.D.2.d.iv. LÁMPARAS DE REPROGRAFIA Y FOTOQUÍMICA	97
III.E. LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO	97
III.E.1. BAJA PRESIÓN	98
III.E.1.a. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	100
III.E.1.b. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS	100
III.E.1.c. VENTAJAS	100
III.E.1.d. LIMITACIONES	101
III.E.2. ALTA PRESIÓN	101
III.E.2.a. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	103
III.E.2.b. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS	104
III.E.2.c. VENTAJAS	104
III.E.2.d. LIMITACIONES	105
III.F. LUMINARIAS	105
III.F.1. CLASIFICACIÓN	105
III.G. APLICACIÓN	108

**CAPITULO IV
LAS COMPUTADORAS, LOS LENGUAJES
DE PROGRAMACIÓN Y LA INFORMÁTICA**

IV.A. DESARROLLO DE LAS COMPUTADORAS	115
IV.A.1. GENERACIONES DE LAS COMPUTADORAS	116
IV.A.1.a. PRIMERA GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS	117
IV.A.1.b. SEGUNDA GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS	121
IV.A.1.c. TERCERA GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS	123
IV.A.1.d. CUARTA GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS	124
IV.A.1.e. QUINTA GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS	125
IV.A.2. TIPOS DE COMPUTADORAS	127
IV.A.2.a. SUPERCOMPUTADORAS	127
IV.A.2.b. COMPUTADORAS MAINFRAME	127
IV.A.2.c. MINICOMPUTADORAS	128
IV.A.2.d. ESTACIONES DE TRABAJO	129
IV.A.2.e. MICROCOMPUTADORAS	129
IV.A.3. CLASIFICACIÓN DE LAS COMPUTADORAS	130
IV.A.4. ELEMENTOS BÁSICOS DE LAS COMPUTADORAS	131
IV.A.4.a. HARDWARE	131
IV.A.4.b. SOFTWARE	135
IV.B. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	136
IV.B.1. SISTEMAS OPERATIVOS	136
IV.B.2. SOFTWARE DE APLICACIÓN	137
IV.B.3. EVOLUCIÓN DE LOS LENGUAJES	137
IV.B.3.a. LENGUAJES DE TERCERA GENERACIÓN	138
IV.B.3.b. LENGUAJES DE CUARTA GENERACIÓN	140
IV.B.3.c. LENGUAJES DE QUINTA GENERACIÓN	141
IV.C. INFORMÁTICA	141
IV.C.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	142
IV.C.2. TRANSFORMACIÓN DE LOS DATOS EN INFORMACIÓN	142
IV.C.2.a. CÓMO REPRESENTAN LOS DATOS LAS COMPUTADORAS	143
IV.C.2.b. BITS Y BYTES	143
IV.C.2.c. CÓDIGO DE TEXTO	144
IV.C.2.c.i. EBCDIC	144
IV.C.2.c.ii. ASCII	144
IV.C.2.c.iii. INICODE	145
IV.C.3. ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN	145
IV.C.4. SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE BASES DE DATOS	145
IV.C.4.a. LAS BASES DE DATOS	146
IV.C.4.b. LOS DBMS	147
IV.C.4.c. SQL Y QBE	148

**CAPÍTULO V
SOFTWARE DE DISEÑO**

V.A. ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA COMPUTACIONAL	154
V.B. ALGORITMOS, DIAGRAMAS DE FLUJO O TABLAS DE DECISIÓN Y PROGRAMAS	159
V.B.1. ALGORITMOS	160
V.B.2. DIAGRAMAS DE FLUJO	161
V.B.3. TABLAS DE DECISIÓN	167
V.B.4. PROGRAMAS	172
V.B.5. CAJA NEGRA	177
V.B.6. ESTRUCTURA GENERAL DEL PROGRAMA	177
V.B.7. PSEUDOCÓDIGO	179
V.B.8. ¿QUÉ ES VISUAL BASIC 5.0 ?	179
V.B.8.a. ESTRUCTURAS BÁSICAS DE CONTROL DE VISUAL BASIC 5.0	181
V.B.8.a.i. SENTENCIA IF...THEN..ELSE	181
V.B.8.a.ii. SENTENCIA SELEC CASE (INSTRUCCIÓN)	182
V.B.8.a.iii. SENTENCIA WHILE...WEND (INSTRUCCIÓN)	183
V.B.8.a.iv. SENTENCIA DO...LOOP (INSTRUCCIÓN)	184
V.B.8.a.v. SENTENCIA FOR...NEXT (INSTRUCCIÓN)	185
V.C. PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA	186
V.C.1. PROGRAMACIÓN MODULAR	188
V.C.2. MÉTODO JACKSON	193
V.C.3. MÉTODO BERTINI	194
V.C.4. MÉTODO WARNIER	195
V.D. ACOPLAMIENTO	197
V.D.1. ACOPLAMIENTO POR CONTENIDO	198
V.D.2. ACOPLAMIENTO POR ZONAS COMPARTIDAS	199
V.D.3. ACOPLAMIENTO POR CONTROL	201
V.D.4. ACOPLAMIENTO POR ZONAS DE DATOS	202
V.D.5. ACOPLAMIENTO DE DATOS	202
V.E. COHESIÓN	204
V.E.1. COHESIÓN COINCIDENTAL	205
V.E.2. COHESIÓN LÓGICA	205
V.E.3. COHESIÓN TEMPORAL	206
V.E.4. COHESIÓN DE COMUNICACIÓN	207
V.E.5. COHESIÓN SECUENCIAL	207
V.E.6. COHESIÓN FUNCIONAL	208
V.F. PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS	209
V.G. CICLO DE VIDA DEL SOFTWARE	217

***CAPÍTULO VI
SOFTWARE DE APLICACIÓN***

VI.A. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES	221
VI.B. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DE EXTERIORES	227
VI.C. IMPRESIÓN DE RESULTADOS	233
CONCLUSIONES	236
BIBLIOGRAFÍA	237

INTRODUCCIÓN

La práctica de la ingeniería siempre ha estado relacionada con la evolución de las nuevas tecnologías, ya sea para el desarrollo del área eléctrica, industrial, mecánica, etc. Los ingenieros han explotado nuevos sistemas y conceptos que han ampliado sus posibilidades, hoy en día, la tecnología de las microcomputadoras ha proporcionado un sinnúmero de nuevas herramientas poderosas que tienen un profundo efecto en la profesión.

Debido a que el alcance de la computación tiene que ver con su capacidad para la manipulación y almacenamiento de datos, la ingeniería, por su dependencia de las matemáticas y su necesidad de información exacta, es un área ideal para el uso potencial de la computadora, por lo que en esta tesis se utilizará como herramienta principal.

El presente trabajo está orientado hacia los sistemas de iluminación de interiores y exteriores con un software de aplicación que facilitará el cálculo de instalaciones de iluminación, y la mejor elección de las lámparas y las luminarias.

A continuación se describirán los aspectos principales en los que se encuentran comprendidos los capítulos de este trabajo:

El primer capítulo menciona los aspectos principales que deben ser tomados en cuenta, para obtener un mejor resultado en el ámbito de la iluminación, que van desde la visualización como las características principales de la luz.

El segundo capítulo presenta los principales elementos que constituyen un sistema de iluminación, y las principales características que deben ser consideradas para un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica, así como los cálculos necesarios para obtener dicho resultado.

En el tercer capítulo se menciona a los elementos principales para un sistema de iluminación, que son en este caso las lámparas y luminarias, indicando los tipos de ellas, sus estructuras, los elementos que las componen, sus características, ventajas y limitaciones

El cuarto capítulo documenta una historia breve de la computación, particularmente con los avances más notable en los últimos años, así como los sistemas que hacen funcionar a una computadora, como son el software y hardware. Este capítulo está más enfocado a lo que son los diferentes lenguajes de programación, clasificados desde su evolución.

El quinto capítulo ofrece los elementos principales de programación que se deben de tomar en cuenta para el desarrollo del software de diseño; para dicho software se utilizará como lenguaje de programación Visual Basic. 5.0 of Microsoft®. Mencionándose los diferentes tipos de programación, así como el ciclo de vida del software.

Y por último, en el sexto capítulo se presenta el manual del usuario en base al software diseñado para esta tesis, en el cual se indica en forma gráfica el empleo del sistema de aplicación.

Capítulo I

Introducción a la Iluminación

El principal propósito de la iluminación es hacer posible la visión, sin embargo para obtener un conocimiento lo bastante amplio acerca de este tema, es necesario comprender como funciona el ojo humano.

I.A. EL ÓRGANO HUMANO ENCARGADO DE HACER POSIBLE LOS EFECTOS VISUALES

La función principal del ojo humano (órgano visual) es traducir las vibraciones electromagnéticas que se encuentran dentro del rango de frecuencias de 4×10^{14} Hz (Hertz) hasta 7.5×10^{14} Hz, con una longitud de onda de $40 \mu\text{cm}$ (millonésimas de centímetro = μcm) hasta las $75 \mu\text{cm}$ (las cuales definen el espectro electromagnético de la luz visible, ya sea que provengan de una fuente natural o artificial), en un determinado tipo de impulsos nerviosos, los cuales son enviados al cerebro. Para ello, el ojo ó globo ocular del ser humano es en su conjunto una estructura esférica de aproximadamente 2.5 cm de diámetro, con un marcado abombamiento sobre su superficie delantera. Su parte exterior o cubierta, se compone de tres capas de tejido, las cuales se describen a continuación:

- La primera es la capa protectora o capa esclerótica, la cual cubre aproximadamente cinco sextos de la superficie ocular y se prolonga en la parte anterior hasta la córnea.
- La segunda es la capa úvea (capa media) la cual tiene a su vez tres partes diferenciadas, donde la primera es la coroides que es muy vascularizada y reviste aproximadamente las tres quintas partes posteriores del globo ocular, la segunda es el cuerpo ciliar formado por los procesos ciliares; y la tercera que es el iris, la cual se extiende por la parte frontal del ojo humano.
- Y la tercer capa, que es la capa más interna llamada retina, la cual es sensible a la luz.

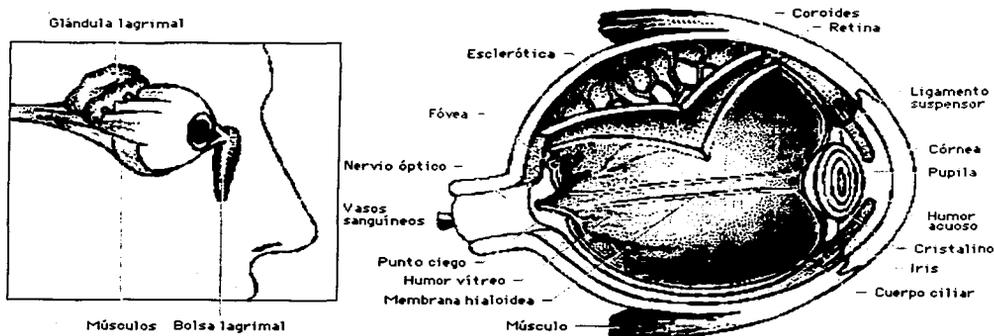


Figura 1: El ojo humano

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A continuación se describen los elementos principales del ojo humano:

- El párpado es un pliegue de piel el cual protege al ojo y que en condiciones de luz muy brillante, este ayuda a controlar la cantidad que llega a él.
- La córnea es una membrana resistente, compuesta por cinco capas, a través de la cual la luz penetra en el interior del ojo. Por detrás, hay una cámara llena de un fluido claro y húmedo (el humor acuoso) que separa la córnea de la lente del cristalino. En si misma, la lente es una esfera aplanada constituida por un gran número de fibras transparentes dispuestas en capas, está conectada con el músculo ciliar, que tiene forma de anillo y la rodea mediante unos ligamentos. El músculo ciliar y los tejidos circundantes forman el cuerpo ciliar y esta estructura se encarga de aplanar o redondear la lente, para así cambiar su longitud focal, es decir la distancia a enfocar.
- El iris es una estructura pigmentada suspendida entre la córnea y el cristalino y tiene una abertura circular en el centro que es la pupila. La pupila es el lugar por donde entra la luz al ojo. El tamaño de la pupila depende de un músculo que rodea sus bordes, aumentando o disminuyendo cuando se contrae o se relaja, controlando la cantidad de luz que entra al globo acular.
- Por detrás de la lente, el cuerpo principal del ojo está lleno de una sustancia transparente y gelatinosa (el humor vítreo), encerrado en un saco delgado que recibe el nombre de membrana hialoidea. La presión del humor vítreo mantiene distendido el globo ocular.
- La retina es una capa compleja compuesta sobre todo por células nerviosas. Las células receptoras sensibles a la luz se encuentran en su superficie exterior detrás de una capa de tejido pigmentado. Situada detrás de la pupila, la retina tiene una pequeña mancha de color amarillo, llamada mácula lútea, en su eje se encuentra la fóvea central que es la zona del ojo con mayor agudeza visual. La capa sensorial de la fóvea se compone sólo de células con forma de conos, mientras que en torno a ella se encuentran células con forma de bastones. Cuanto más se aleja del área sensible, las células con forma de cono se vuelven más escasas y en los bordes exteriores de la retina sólo existen las células con forma de bastones.
- Las células en forma de conos son los receptores de la retina que hacen posible la discriminación de los detalles finos y la percepción del color. Son insensibles a los niveles bajos de iluminación, se encuentran principalmente cerca del centro de la retina con mayor concentración en la fóvea (zona de 0.3 mm de diámetro aproximadamente), que solo esta compuesta de conos. Es la fóvea donde el ojo enfoca, involuntariamente, la imagen de un objeto que deba ser examinado minuciosamente.
- Las células en forma de bastones, al igual que los conos son receptores en la retina, estas células son sensibles a niveles bajos de iluminación, no responden al color y existen solamente fuera de la región foveana, aumentando su numero a medida que aumenta su distancia a la fóvea. La parte más superficial de la retina, compuesta principalmente de bastones, no ofrece una visión precisa, pero es muy sensible al movimiento y a las oscilaciones luminosas.

- El cristalino es una cápsula transparente situada detrás del iris, cuya forma puede cambiar para enfocar objetos a distintas distancias. El músculo ciliar, es un músculo en forma de anillo que ajusta la tensión aplicada al cristalino, cambiando así su curvatura y enfocando objetos cercanos ó lejanos.
- Y con respecto al nervio óptico que entra en el globo ocular por debajo y algo inclinado hacia el lado interno de la fovea, originando en la retina una pequeña mancha redondeada llamada disco óptico. Esta estructura forma el punto ciego del ojo, ya que carece de células sensibles a la luz.

I.A.1. EL MECANISMO VISUAL

La cantidad de luz que entra en el ojo se controla por la pupila, que se dilata y se contrae con este fin. La córnea y el cristalino, cuya configuración está ajustada por el cuerpo ciliar, enfoca la luz sobre la retina, donde unos receptores la convierten en señales nerviosas que pasan al cerebro. Una malla de capilares sanguíneos (coroides), proporciona a la retina oxígeno y azúcares. Las glándulas lagrimales segregan lágrimas que limpian la parte externa del ojo de partículas y que evitan que la córnea se seque. El parpadeo comprime y libera el saco lagrimal, con ello crea una succión que arrastra el exceso de humedad de la superficie ocular.

El enfoque del ojo se lleva a cabo debido a que la lente del cristalino se aplanan o redondea, este proceso se llama acomodación. En un ojo normal no es necesaria la acomodación para ver los objetos distantes, pues se enfocan en la retina cuando la lente está aplanada gracias al ligamento suspensorio. Para ver los objetos más cercanos, el músculo ciliar se contrae y por relajación del ligamento suspensorio, la lente se redondea en forma progresiva.

Debido a la estructura nerviosa de la retina, los ojos ven con una claridad mayor sólo en la región de la fovea. Las células con forma de conos están conectadas de forma individual con otras fibras nerviosas, de modo que los estímulos que llegan a cada una de ellas se reproducen y permiten distinguir los pequeños detalles. Por otro lado, las células con forma de bastones se conectan en grupo y responden a los estímulos que alcanzan un área general (los estímulos luminosos), pero no tienen capacidad para separar los pequeños detalles de la imagen visual. La diferente localización y estructura de estas células conducen a la división del campo visual del ojo en una pequeña región central de gran agudeza y en las zonas que la rodean, de menor agudeza y con una gran sensibilidad a la luz. Así, durante la noche, los objetos confusos se pueden ver por la parte periférica de la retina cuando son invisibles para la fovea central.

El mecanismo de la visión nocturna implica la sensibilización de las células en forma de bastones gracias a un pigmento, la púrpura visual o rodopsina, sintetizado en su interior. Para la producción de este pigmento es necesaria la vitamina A y su deficiencia conduce a la ceguera nocturna. La rodopsina se blanquea por la acción de la luz y los bastones deben reconstituirla en la oscuridad, de ahí que una persona que entra en una habitación oscura procedente del exterior con luz del sol, no puede ver hasta que el pigmento no empieza a formarse, cuando los ojos son sensibles a niveles bajos de iluminación, quiere decir que se han adaptado a la oscuridad.

En la capa externa de la retina está presente un pigmento marrón o parduzco que sirve para proteger las células con forma de conos de la sobre exposición a la luz. Cuando la luz intensa alcanza la retina, los gránulos de este pigmento emigran a los espacios que circundan a estas células, revistiéndolas y ocultándolas, de este modo, los ojos se adaptan a la luz.

Los movimientos del globo ocular hacia la derecha, izquierda, arriba, abajo y a los lados se llevan a cabo por los seis músculos oculares y son muy precisos, por lo que nadie es consciente de las diferentes zonas en las que se divide su campo visual. Esto es debido a que los ojos están en constante movimiento y la retina se excita en una u otra parte, según la atención se desvía de un objeto a otro. Se ha estimado que los ojos pueden moverse para enfocar en, al menos, cien mil puntos distintos del campo visual. Los músculos de los dos ojos funcionan de forma simultánea, por lo que también desempeñan la importante función de converger su enfoque en un punto para que las imágenes de ambos coincidan; cuando esta convergencia no existe o es defectuosa se produce la doble visión. El movimiento ocular y la fusión de las imágenes también contribuyen en la estimación visual del tamaño y la distancia.

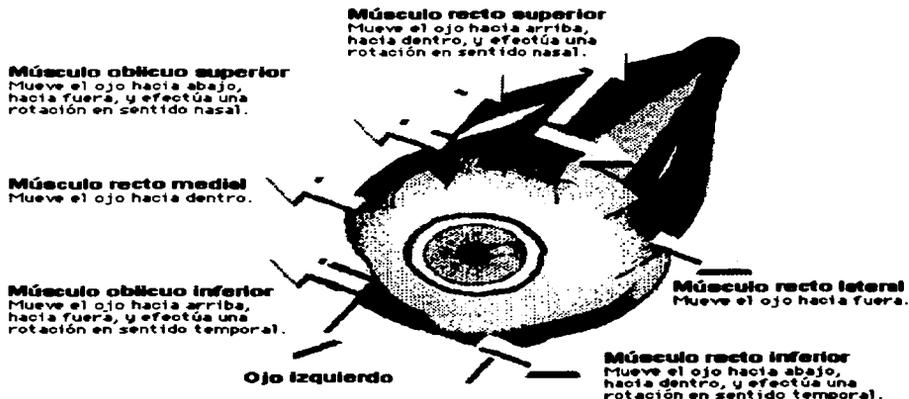


Figura 2: Músculos del ojo

Sólo un objeto cuya imagen se sitúe en el centro de la retina (región de la fovea) estará enfocado. Por tanto, es necesario un control preciso de la posición de los globos oculares. Seis músculos trabajan en grupo para mover los ojos hacia arriba, hacia abajo, en sentido central o nasal, en sentido lateral, en sentido temporal o en rotación.

Los rayos de luz que entran en el ojo son refractados, o reflejados, al pasar por el cristalino. En una visión normal, los rayos de luz se enfocan justo sobre la retina. Si el globo ocular es demasiado ancho, la imagen se enfoca mas cerca que la posición donde está la retina. Esto se llama miopía, es decir, una persona corta de vista que no distingue con claridad los objetos distantes. La condición contraria se llama hipermetropía, la cual

se produce cuando los globos oculares son demasiado estrechos; en este caso, una imagen enfocada de forma correcta queda detrás de la retina. Estas condiciones también se pueden dar si los músculos oculares son incapaces de variar la forma del cristalino para que enfoquen los rayos de luz de forma correcta.

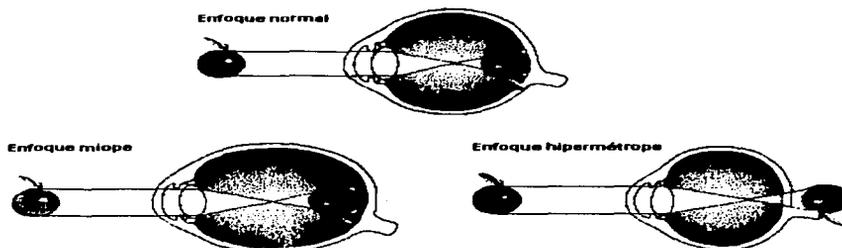


Figura 3: Enfoque del ojo

I.A.2. SENSIBILIDAD ESPECTRAL DEL OJO HUMANO

La sensibilidad del ojo humano no es constante en todo el espectro visible, sino que varía con la longitud de onda, además, también influye el grado de luminosidad en el cual se desarrolla la función visual. Así en las condiciones de luminosidad habituales en el diseño luminotécnico, la sensibilidad espectral viene indicada por la curva de la derecha (Figura 4), en tanto que en condiciones de oscuridad sería válida la curva de la izquierda, produciéndose el máximo de sensibilidad del ojo a diferentes longitudes de onda en ambas situaciones.

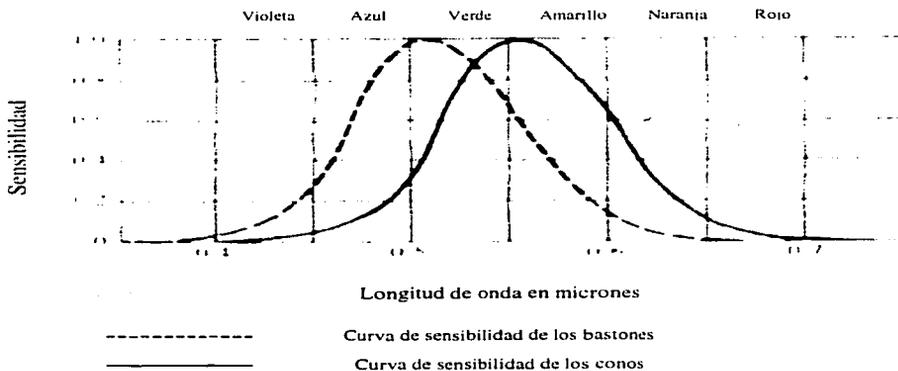


Figura 4: Sensibilidad espectral del ojo humano

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Refiriéndose únicamente a la curva de visión diurna (Figura 4, curva de la derecha), se observa que la respuesta visual es máxima en la zona verde-amarilla del espectro visible, correspondiente a una longitud de onda de 555 nm (nanómetro, nm = 10^{-9} m). Lo anterior condiciona la eficiencia de las fuentes de luz que consigan emitir la mayor parte de su radiación luminosa en las proximidades de la longitud de onda de la que corresponde a la máxima sensibilidad espectral, dicho de otro modo, para conseguir la misma sensación luminosa, se precisará menos energía emitida a 555 nm, que en cualquier otra longitud de onda.

El desplazamiento en las dos curvas lo explica el efecto Purkinje, el cual enuncia que la curva normal (fotópica) de sensibilidad del ojo esta basada en la visión de conos, esto es, en los niveles ordinarios durante el día, en los que la sensación de la visión incumbe principalmente a ellos. En niveles de iluminación muy bajos, donde el brillo es del orden de 0.00000107 Lam (Lambert, Lam = lumen por cm^2) o menos, los conos no pueden operar y los bastones se encargan de todo el proceso visual. La visión mediante los bastones, denominada, visión escotópica, se verifica de acuerdo con una nueva curva de la misma forma que la fotópica, pero desplazada 480 Å (Angstrom, Å = 10^{-10} m) hacia el extremo azul del espectro, dicha traslación, desplaza la sensibilidad máxima del ojo de los 5,550 Å a los 5,070 Å.

El resultado de dicho efecto es que en la oscuridad, a pesar de que la visión carece por completo de color, el ojo se vuelve relativamente muy sensible a la energía del extremo azul del espectro y casi ciego a la del rojo. Es decir, que si un rayo de luz roja y un rayo de luz azul, en intensidades iguales a niveles en que el trabajo visual está a cargo de los conos, se reducen en la misma proporción hasta niveles en que el trabajo visual corresponde a los bastones, la luz azul aparecerá mucho mas brillante que la roja.

I.A.3. FACTORES OBJETIVOS DEL PROCESO VISUAL

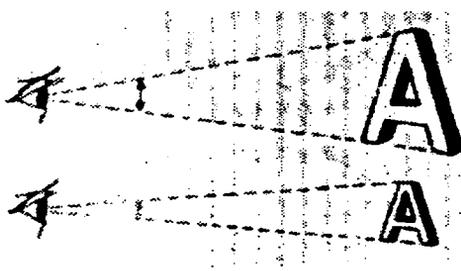


Figura 5: Diferencia del ángulo visual dependiendo del tamaño

La visión depende de cuatro variables primarias, asociadas al objeto visual: tamaño, luminancia, contraste de luminancia entre el objeto y sus alrededores y tiempo disponible para verlo. El primer caso, que es el tamaño del objeto, resulta ser el factor que generalmente tiene más importancia en el proceso visual, cuanto más grande es un objeto en relación con el ángulo visual (ángulo subtendido por el objeto desde el ojo) más rápidamente puede ser visto (Figura 5).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El segundo caso es la luminancia ó brillo fotométrico el cual también es uno de los factores primordiales de la visibilidad de un objeto. Esta depende de la intensidad de luz que incide sobre él y la de la proporción de ésta que se refleja al ojo. Una superficie blanca tendrá un brillo mucho mayor que la misma iluminación. Sin embargo, añadiendo suficiente luz a una superficie oscura es posible hacerla tan brillante como una blanca. Cuanto más oscuro es un objeto o una labor visual, más grande es la iluminación necesaria para conseguir igual brillo y, en circunstancias parecidas, para la misma visibilidad (Figura 6).

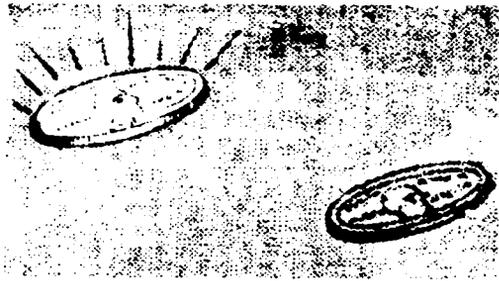


Figura 6: Un objeto con mayor brillo parece estar más iluminado

El tercer caso es el contraste que se define como el color entre el objeto visual y su fondo, la diferencia en el esfuerzo visual requerido para leer las dos mitades de la tarjeta en la Figura 7, es una simple demostración de la efectividad del contraste. Los altos niveles de iluminación compensan parcialmente los contrastes de bajo brillo y resultan de gran ayuda cuando no pueden evitarse las condiciones de deficiencia de contrastes.

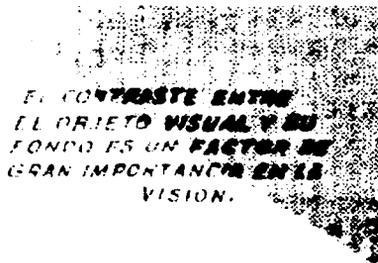


Figura 7: El texto parece estar iluminado de forma diferente gracias al contraste

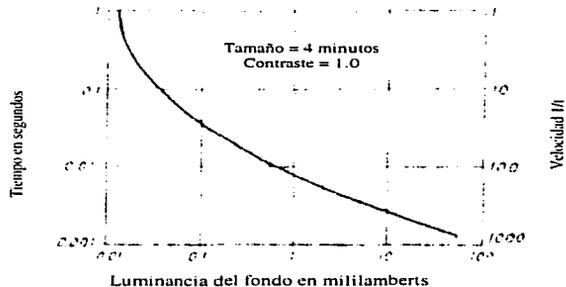


Figura 8: Gráfica velocidad de visión definida vs. tiempo disponible para ver un objeto

La visión no es un proceso instantáneo, lo cual nos lleva al último caso: el tiempo. El ejemplo de una cámara fotográfica puede ilustrar este proceso, en este caso es posible tomar una fotografía con una luz muy tenue si la exposición es suficientemente larga, pero para una exposición rápida es necesario emplear una gran cantidad de luz. El ojo puede ver detalles con niveles bajos de iluminación, si se da tiempo suficiente y se prescinde de la fatiga visual, pero para una visión rápida se requiere de más luz. El efecto de la eliminación del fondo sobre el tiempo requerido para ver un objeto en condiciones de gran contraste como se muestra en la Figura 8, la escala de la derecha representa la velocidad

de visión definida, como la recíproca del tiempo (en segundos) estrictamente requerido para ver el objeto escuetamente.

El factor de tiempo es importante, en particular, cuando el objeto visual esta en movimiento. Los niveles altos de iluminación hacen, de hecho, que los objetos en movimiento parezcan moverse más lentamente, lo que aumenta en gran medida su visibilidad, tamaño, luminancia, contraste y tiempo, están mutuamente relacionados y son interdependientes. Dentro de ciertos límites, se puede resolver una deficiencia en uno de estos factores ajustando uno ó más de los restantes. En la mayoría de los casos el factor tamaño es un factor fijo en el proceso visual, pero la luminancia, el contraste y el tiempo son susceptibles de algún grado de modificación. De estos, los dos primeros suelen estar más directamente bajo el control del ingeniero luminotécnico, y empleados con propiedad pueden ser de enorme utilidad para superar condiciones desfavorables de tamaño pequeño y de tiempo limitado para la visión.

I.B. ANTECEDENTES DE LA ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

Los primeros experimentos de iluminación eléctrica fueron realizados por el químico británico Sir Humphry Davy, quien fabricó arcos eléctricos y provocó la incandescencia de un fino hilo de platino en el aire al hacer pasar una corriente a través de él. Aproximadamente desde 1840 fueron patentadas varias lámparas incandescentes, aunque ninguna tuvo éxito comercial hasta que el inventor estadounidense Thomas Alva Edison lanza su lámpara de filamento de carbono en 1879. Durante el mismo periodo fueron presentadas varias lámparas de arco, la primera de uso práctico se instaló en un faro de Dungeness, Inglaterra, en 1862; el pionero estadounidense de la ingeniería eléctrica, Charles Francis Brush, produjo la primera lámpara de arco que se comercializó en 1878; en 1907 los filamentos de carbono fueron sustituidos por filamentos de wolframio, y en 1913 se desarrollaron las lámparas incandescentes, las cuales consistían en bulbos saturados de gas. La lámpara fluorescente se fabricó en 1938.

I.B.1. LA LUZ

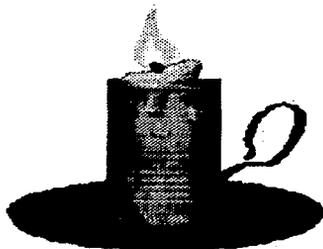


Figura 9: Energía luminosa en base a energía química (cera)

La luz es una forma de energía radiante que se evalúa en cuanto a su capacidad para producir la sensación de la visión. Se puede producir de varias maneras, calentando hasta la incandescencia cuerpos sólidos o gases (fundamento de las lámparas de incandescencia) en cuyo caso se obtiene energía calorífica, generalmente en forma de pérdidas; o bien se puede obtener energía luminosa, por medio de descargas eléctricas entre dos placas de material conductor sumergido en un gas ionizado o en un vapor metálico (de mercurio, de sodio, etc), principio de las lámparas de descarga.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En todos los casos, los materiales luminosos son alimentados ya sea con energía calorífica, eléctrica, o química, la cual transforman en energía luminosa. Así, en una lámpara eléctrica se consume energía eléctrica, en una de gas se consume energía química, la cual es suministrada por el gas utilizado como combustible.

I.B.2. NATURALEZA DE LA LUZ

La luz no necesita ningún medio de material para propagarse, esta se propaga, incluso en el vacío, es decir, en un ambiente que no contenga ninguna sustancia líquida o gaseosa.



Figura 10: Luz solar

Por esta razón, llega la luz del sol, que se propaga a través del espacio, atravesando el vacío que existe entre los planetas. La luz se propaga en tres dimensiones del espacio (largo, ancho y alto), de tal manera que un manantial luminoso cualquiera – por ejemplo una lámpara- puede considerarse como el centro del que irradian las ondas luminosas, en todas las direcciones del espacio.

Una característica que tienen las ondas luminosas, es que producen un efecto que puede ser apreciado por el ojo humano muy lejos en el espacio. Se sabe que, aunque alguna persona se encuentre alejada de una lámpara encendida (que funciona como centro productor de las ondas luminosas), esta puede seguir observando la luz producida por dicha fuente luminosa.

I.B.3. RADIACIÓN

La energía visible es una porción sumamente pequeña del espectro electromagnético, el cual es una enorme gama de energía radiante que se desplaza a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas. Todas estas radiaciones son parecidas en su naturaleza y en la velocidad en que se transmiten (300,000 km por segundo), diferenciándose tan solo en su frecuencia y longitud de onda, así como en las formas en que se manifiestan.

El término general de radiación es aplicado a la transmisión de energía a través del espacio, sin soporte material (en el vacío). Esta transmisión a distancia se realiza por medio de ondas, del tipo de: perturbaciones periódicas en el espacio recorrido por la radiación. La radiación se transmite siempre en el vacío, y en muchas ocasiones a través de medios materiales sólidos, líquidos y gaseosos; por ejemplo la luz solar que primeramente se ha transmitido a través de un medio gaseoso, hasta llegar a la superficie de la tierra, sin necesitar por ello de este medio para su transmisión.

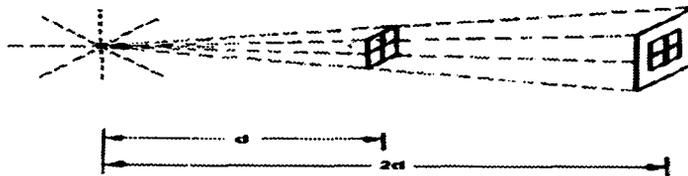


Figura 11: Una fuente luz cambia su intensidad en un punto a medida que la distancia aumenta entre ambos

I.B.3.a. CARACTERÍSTICAS DE LA RADIACIÓN LUMINOSA

La radiación luminosa es aquella que, al ser captada por el ojo humano, produce sensación de visión. Las características físicas fundamentales son las siguientes:

- La longitud de onda.* La luz está compuesta de una mezcla de radiaciones simples, cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 3,800 Å, que corresponden al color violeta y 7,600 Å, que corresponde al color rojo.
- Velocidad de propagación.* La luz se propaga, como se sabe, a la velocidad de 300,000 km por segundo.

La luz se desplaza en línea recta, a menos que su trayectoria sea modificada o redirigida por medio reflectante, refráctate y/o algún difusor. Las ondas luminosas pasan unas a través de otras sin sufrir alteración. Por ejemplo, un rayo de luz rojo pasa directamente a través de otro de luz sin cambiar de dirección ni de color. La luz es invisible a su paso por el espacio, a menos que algún medio (tal como el polvo) la disperse en dirección del ojo.

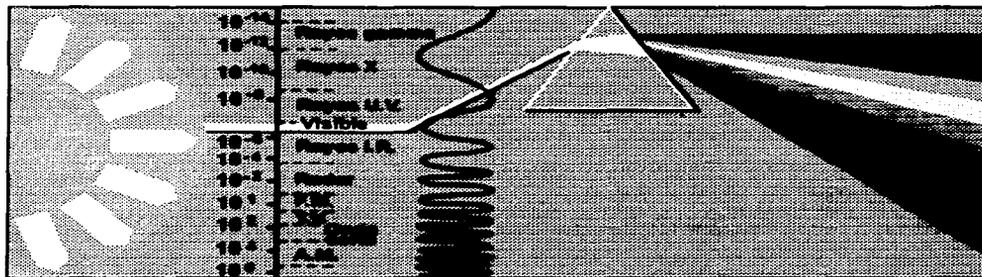


Figura 12: Pequeña parte del espectro electromagnético que al incidir en el ojo humano provoca las sensaciones de claridad y color

I.B.4. FLUJO LUMINOSO

La luz es una forma de energía radiante en movimiento, ordinariamente el elemento tiempo puede despreciarse, y el flujo luminoso se considera comúnmente como una magnitud definida. Por lo tanto, el flujo luminoso, es la medida de la potencia luminosa, es decir, que se podrá definir como la energía luminosa radiada al espacio por unidad de tiempo.

Un lumen es el flujo de luz que incide sobre una superficie de 1 m^2 , en la totalidad de cuyos puntos diste 1 metro en una fuente puntual teórica que tenga una intensidad luminosa de 1 candela en todas direcciones, Figura 13 (a). El mismo concepto puede expresarse diciendo que un lumen es el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido unidad por una fuente puntual uniforme de una candela. La diferencia entre un lumen y una candela reside en que el lumen es una medida de flujo luminoso independientemente de la dirección.

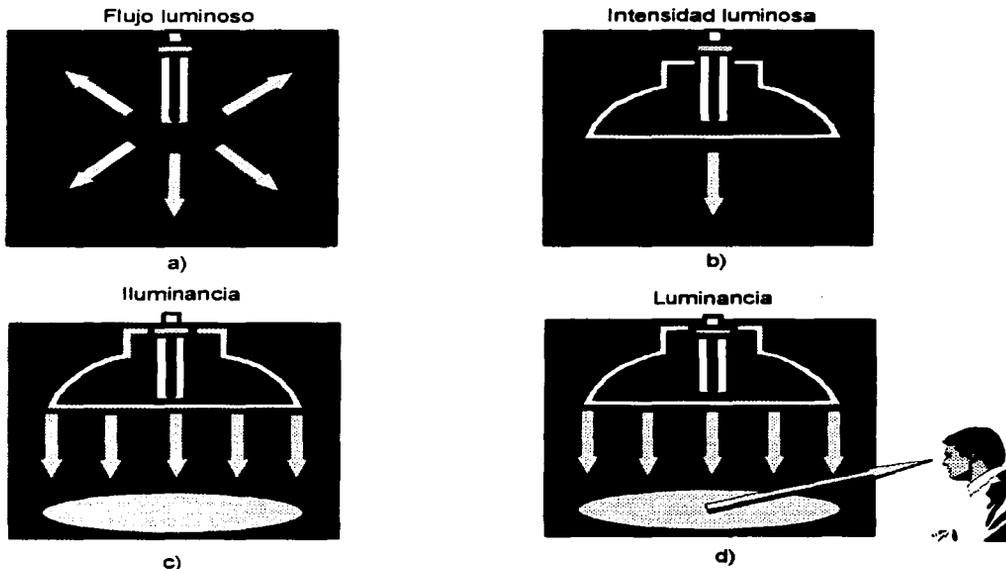


Figura 13: Gráficos ilustrativos de los conceptos de (a) flujo luminoso, (b) intensidad luminosa, (c) iluminación y (d) luminancia

El lumen sirve para expresar cantidades de flujo luminoso, la emisión total de una fuente, la emisión en una zona angular determinada, la cantidad de luz reflejada, absorbida o transmitida por un objeto, y la cantidad de luz incidente sobre una superficie.

I.B.5. INTENSIDAD LUMINOSA

La intensidad luminosa es una propiedad característica de una fuente de luz, y de la iluminación relativa al flujo luminoso en su origen, Figura 13 (b). La densidad de luz dentro de un ángulo sólido extremadamente pequeño, en una dirección, donde la intensidad luminosa de una fuente expresada en candelas es su "potencia en candelas"

La candela es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz, las demás unidades se derivan de ella. Su valor está determinado por la luz emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro, trabajando a una temperatura específica.

La intensidad luminosa se emplea no sólo para indicar la intensidad de una fuente en una determinada dirección, sino que frecuentemente se toman medidas de potencia en candelas desde distintos ángulos alrededor de la fuente o luminaria, y se representa gráficamente los resultados para obtener la curva de distribución luminosa. Esta curva muestra la intensidad luminosa en cualquier dirección, y a partir de ella pueden hacerse cálculos de iluminación.

I.B.6. ILUMINACIÓN

La iluminación es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie, también la iluminación es un punto sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular, un metro de una fuente puntual uniforme de una candela; por lo que del lumen se deduce que un lumen uniformemente distribuido en un m^2 de superficie produce una iluminación de un lux, Figura 13 (c).

Las lecturas en lux sirven para indicar la iluminación, en un punto determinado o la iluminación media sobre una superficie. La ley de la inversa del cuadrado constituye la base del cálculo en el método "punto por punto" para proyectos de alumbrado.

I.B.7. LUMINANCIA O BRILLO FOTOMÉTRICO

Luminancia es la intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la misma, Figura 13 (d). El ojo solo ve brillo, no iluminación. Todos los objetos visibles tienen brillo, que normalmente es independiente de las distancias de observación. La iluminación se expresa de dos formas: la primera, en candelas por unidad de superficie o lúmenes por unidad de superficie. Una superficie que emite o refleja luz en una dirección determinada a razón de una candela por cm^2 de área proyectada tiene un brillo en dicha dirección de un stilb (stilb, candela por cm^2), una superficie que tiene un brillo en una dirección dada igual al brillo uniforme de una superficie difusora que emite o refleja un lumen por ft^2 , tiene en dicha dirección un brillo de un footlambert (lambert-pie), donde un lambert es la luminancia o brillo de una superficie que emite o refleja un lumen por cm^2 .

La segunda son las luminancias relativamente altas, tales como las de las fuentes de luz, se expresan normalmente en stilbs. Como la luminancia de una superficie mate puede calcularse en mililamberts multiplicando la iluminación en lux por el factor de reflexión y dividiendo el producto entre 10; esta unidad es muy adecuada para expresar los brillos o luminancias de superficies iluminadas.

Lo anterior se puede expresar con las Fórmulas 1 y 2:

$$B = \frac{Er}{10}$$

Fórmula 1

$$B = \frac{Fr}{S}$$

Fórmula 2

Donde: *B*: brillo en Lamberts
E: nivel de iluminación en lux
F: flujo luminoso en lúmenes
S: superficie en cm²
r: factor de reflexión

I.B.8. REFLEXIÓN

Cuando una superficie devuelve un rayo de luz que incide sobre ella, se dice que el rayo es reflejado. La reflexión puede ser de varios tipos: especular (es la más usual), difusa, difusa dirigida y mixta.

El factor de reflexión es la relación entre la luz reflejada en una superficie y la luz incidente sobre ella. Donde este factor de reflexión de una superficie dada puede variar considerablemente de acuerdo con la dirección y la naturaleza de la luz incidente. La reflexión especular aumenta con el ángulo de incidencia (α), hasta obtenerse una casi total reflexión con ángulos rasantes.

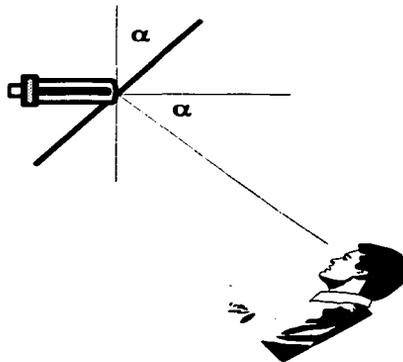


Figura 14: La dirección de visión del observador forma un ángulo α con la normal

En la reflexión especular o normal el ángulo de incidencia es igual al de reflexión. En la reflexión difusa la intensidad máxima es perpendicular a la superficie independientemente del ángulo del rayo incidente. La reflexión difusa dirigida, como en el vidrio de arena, es intermedia entre la especular y la difusa. Las superficies difusas con una capa superficial vitrificada, como la porcelana esmaltada, muestra una reflexión mixta que es combinación de la especular y la difusa.

I.B.9. TRANSMISIÓN

Cuando los rayos de luz pasan a través de materiales transparentes o traslúcidos se dice que son transmitidos. El grado de la difusión de los rayos depende del tipo y densidad del material. El factor de transmisión, es la relación entre la luz transmitida por un material y la luz que incide sobre él; depende en cierta medida de la dirección y del tipo de luz.

En la transmisión normal o regular (vidrio transparente y plásticos) no cambia la dirección de la luz incidente. Para los medios difusores tales como el vidrio opalino denso, que esparce la luz transmitida de forma que su intensidad máxima es normal a la superficie. Al igual que en la reflexión, entre los dos extremos de transmisión regular y transmisión perfectamente difusa están comprendidos todos los diferentes grados de difusión.

I.B.10. POLARIZACIÓN

La luz cuyas ondas vibran solamente en un plano se denomina luz polarizada. Produciendo vibraciones que originan el movimiento de las ondas en un rayo de luz que tienen lugar perpendicularmente a la dirección en que se desplaza la luz y en un haz ordinario, donde dichas vibraciones se efectúan según todas las direcciones posibles en el plano perpendicular al mismo.

En un sistema de polarización suelen emplearse dos pantallas polarizadas. La primera llamada polarizador, produce la polarización, mientras que la segunda, denominada analizador, selecciona o rechaza la luz polarizada según sea la posición en que se le coloque.

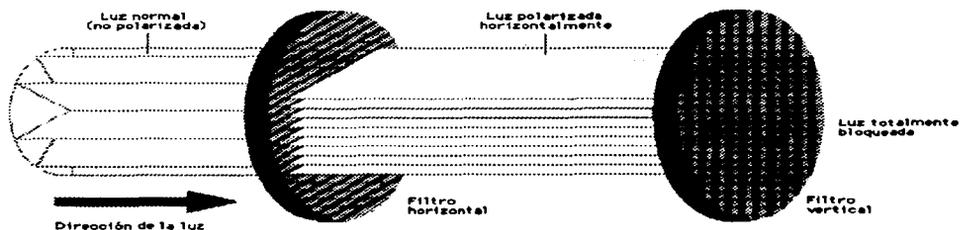


Figura 15: Polarización de la luz

I.B.11. COLOR

El color afecta a todo lo que se ve y hacemos. El entendimiento del color y el método de explotarlo para crear el efecto deseado son herramientas de gran valor. Por ello existen dos cualidades que definen las propiedades del color de una fuente de luz:

- 1° La apariencia del color de la fuente, es decir, el color que presenta la propia fuente de luz.
- 2° La reproducción cromática obtenida con una fuente de luz determinada, o lo que es lo mismo, cómo son reproducidos los colores de los objetos iluminados por esa fuente de luz.

La apariencia del color y la reproducción cromática son, en determinados casos, independientes, de tal modo que conocida una de ellas, no se puede asegurar nada sobre la otra. El color de la luz se determina por su longitud de onda. La región del espectro inmediata al extremo de las largas longitudes de onda de la banda visible se conoce como infrarroja, junto al final de la longitud de onda corta de la banda visible, está la ultravioleta.

Por ejemplo, el color rojo puede hacer que nos detengamos, el tono de las paredes de una habitación afecta a nuestro estado de humor, también influye en las decisiones de nuestras compras según el color del objeto.

I.B.12. TEMPERATURA DEL COLOR

La temperatura del color es un término que se usa para describir el color de una fuente luminosa comparándola con el de un cuerpo negro, que es teóricamente "el radiante perfecto". Como cualquier cuerpo incandescente, un cuerpo negro cambia de color al aumentar su temperatura, poniéndose primero rojo oscuro y después rojo claro, naranja, amarillo y finalmente blanco azulado y azul.

La temperatura y el color de la luz

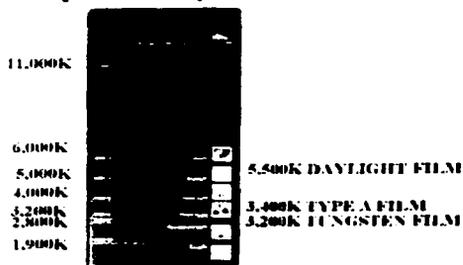


Figura 16: Temperatura del color

La temperatura del color no es una medida de la temperatura real ya que define solamente el color y que se puede aplicar únicamente a fuentes que se parezcan mucho al cuerpo negro. La temperatura del color de una fuente de luz se determina por comparación con una fuente patrón.

Para las lámparas que basan su funcionamiento en la termo radiación, la fuente patrón es una lámpara con unas características de emisión próximas a las del cuerpo negro o radiador integral. El cuerpo negro va tomando diferentes colores (emite en diferentes longitudes de onda) a diferentes temperaturas, que se denominan temperaturas de color.

Cuando la apariencia de color de la fuente de luz ensayada y la patrón es la misma, se asigna a aquélla la temperatura de color de esta.

Las lámparas de mercurio, sodio y las más intensamente coloreadas no se igualan con el cuerpo negro a ninguna temperatura, y por ello no se les puede asignar ninguna temperatura. Los valores de temperatura de color que a veces se dan por conveniencia a varios tipos de lámparas fluorescentes "blancas", solo pueden considerarse como aproximaciones.

I.C. EL DESLUMBRAMIENTO

El concepto de deslumbramiento está íntimamente ligado con el brillo; pero el deslumbramiento no depende del brillo intrínsecamente considerado, sino de las diferencias de brillo. Se presenta este fenómeno cuando en el campo de la visión hay objetos iluminados o manantiales luminosos con grandes diferencias de brillo; por ejemplo, en una habitación completamente a oscuras, la luz directa de una lámpara de incandescencia de 50 W (Watts) produce deslumbramiento, mientras que en una habitación bien iluminada, la luz de la misma lámpara no provocará este fenómeno.

El deslumbramiento se produce en los siguientes casos, que se habrán que evitar cuando se proyecte una instalación de alumbrado:

1. Brillo excesivo de un manantial luminoso. Por ejemplo, la visión directa de una lámpara de incandescencia. El límite tolerable de brillo, para su visión directa, es el producido por una luminancia de 7,500 nits.
2. Situación inadecuada de manantiales luminosos de brillo intenso, es decir, próximas al órgano visual del observador o en el centro de su campo visual. Por ejemplo en la Figura 17, un aparato de alumbrado que produce deslumbramiento, y en la Figura 18 otro aparato de alumbrado que no lo produce. Como norma para evitar el deslumbramiento por esta causa, podemos definir el ángulo límite (Figura 19) como el ángulo formado por la dirección visual horizontal y la dirección de la visual al foco luminoso; para evitar el deslumbramiento, este ángulo límite, ha de ser superior a 30° , tal como se representa en la Figura 19. Las lámparas de luminancia elevada,

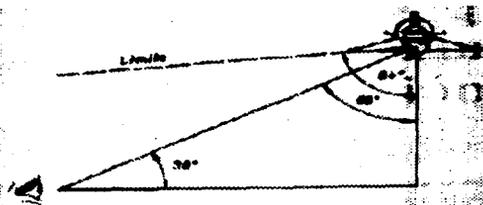


Figura 17: Aparato de iluminación que produce deslumbramiento.

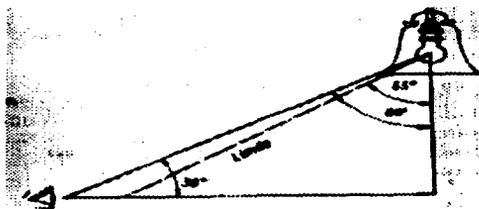


Figura 18: Aparato de alumbrado que no produce deslumbramiento

que hayan de quedar dentro de ángulos inferiores a 30° , deben protegerse mediante globos difusores, reflectores, etc., es decir con algún dispositivo que reduzca su luminancia hasta que ésta alcance el límite admisible y oriente los rayos luminosos de modo que se aumente el valor del ángulo límite hasta que éste sea superior a 30° .

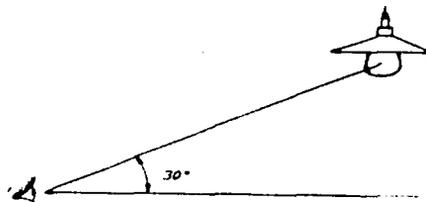


Figura 19: Concepto del ángulo límite

3. Contrastes excesivos de luz y sombras en el campo visual.
4. Brillo reflejado por superficies metálicas o excesivamente pulidas, es decir, el brillo producido por reflexión especular.

Los efectos que produce el deslumbramiento son:

1. Disminución de la percepción visual. El observador concentra involuntariamente su atención hacia el objeto más brillante y disminuye, por tanto, la percepción en el resto del campo visual. Este efecto que, generalmente, debe evitarse, se utiliza sin embargo, en casos especiales, como son los anuncios luminosos de tipo publicitario.
2. Efectos desagradables a la vista.
3. Fatiga visual y, por lo tanto, menor rendimiento en el trabajo o tarea encomendada.
4. Dar un aspecto falso y perjudicial a los objetos excesivamente iluminados.

I.C.1. RECOMENDACIONES PARA EVITAR EL DESLUMBRAMIENTO

En relación con el factor brillo y su consecuencia directa, el deslumbramiento acondicionado, se puede evitar con las siguientes recomendaciones:

- a) A ser posible, no deben entrar objetos brillantes en el campo visual del observador; es decir, que las lámparas y demás objetos luminosos deben quedar ocultos a los ojos del observador. Si esto no es posible, por lo menos debe conseguirse que los manantiales luminosos presentes en el campo visual, queden por encima del ángulo límite (mayor a los 30° respecto a la línea horizontal de la visión).
- b) Además de suprimir o disminuir el deslumbramiento directo, debe evitarse también, en lo posible, el deslumbramiento reflejado o sea el producido sobre superficie reflectoras (espejos, cristales, superficies metálicas, etc.). Para ello se situarán los manantiales luminosos de tal manera que los rayos límites reflejados no lleguen a los ojos del observador con objeto de que la imagen reflejada quede fuera de su campo visual.

Para aclarar mejor estos conceptos, veamos las Figuras 20, 21 y 22. En las tres Figuras se trata de iluminar el objeto H, que puede ser un espejo, un cuadro, etc., y se supone que la línea visual es A-A', estando situado el observador en Z.

La Figura 20 es la más imperfecta en lo que se refiere a la buena iluminación del objeto H; no se ha podido suprimir el deslumbramiento directo ni el reflejado; como consecuencia inmediata, el observador sentirá molestias, se fatigará visualmente y no percibirá con claridad el objeto iluminado.

En la Figura 21 se ha solucionado el problema del deslumbramiento directo, ocultando el manantial luminoso a los ojos del observador por medio de un aparato de iluminación adecuado. Pero no se ha podido evitar el deslumbramiento reflejado, ya que el órgano visual del observador queda en el interior del cono de luz reflejado por el objeto que se ha de iluminar.

Situando debidamente el foco luminoso (más alto y con mayor inclinación) el resultado sería el de la Figura 22, donde se ha solucionado perfectamente el problema ya que no existe deslumbramiento directo ni reflejado.

Para evitar el deslumbramiento, las máximas relaciones de luminancia, admisibles en el campo visual del observador son las siguientes:

Concepto	Relación
Entre la tarea visual y la superficie de trabajo	3:1
Entre la tarea visual y el espacio circundante.....	10:1
Entre el manantial luminoso y el fondo.....	20:1
Máxima relación de luminancia en el campo visual.....	40:1

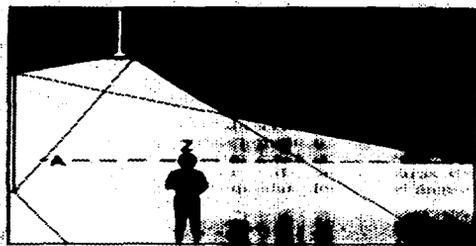


Figura 20: Iluminación de un cuadro, en el que no se ha evitado el deslumbramiento directo ni el reflejado.



Figura 21: Iluminación de un cuadro en el que se ha evitado el deslumbramiento directo pero no el reflejado.

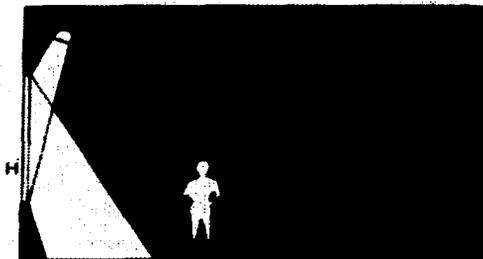


Figura 22: Iluminación de un cuadro en el que se ha evitado el deslumbramiento directo y el reflejado.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En la Tabla 1 se expresan las características de luminancia de algunos manantiales luminosos. Recordamos que el límite tolerado al ojo humano para la visión directa de un manantial luminoso es de 7,500 nits.

TABLA 1: luminancia de los manantiales luminosos.

Manantiales luminosos	Luminancia en nits
Exteriores	
Sol en el cenit	1,000,000,000 a 1,500,000,000
Sol en el horizonte	400,000,000
Cielo Sur cerca del Sol	350,000
Cielo Norte	3,500
Césped con luz de Sol	2,400
Tierra con luz de Sol	2,300
Luz de luna	2,500
Lámpara	
Filamento de lámpara incandescente	1,000,000,000
Lámpara incandescente 500 W, mateada	320,000
Lámpara incandescente 500 W, opal	50,000
Lámpara de vapor de mercurio 200 W	1,400,000
Lámpara fluorescente blanca 100 W	7,000
Lámpara fluorescente blanca 40 W	6,000
Lámpara de vapor de sodio 85 W	190,000
Equipos de alumbrado	
Lámpara incandescente 500 W con difusor de cristal opal	17,000
Lámpara fluorescente 100 W con difusor de cristal opal	1,500
Lámpara incandescente 40 W con difusor de cristal opal	1,000
Materiales: Iluminación 400 lux	
Papel blanco (factor de reflexión 0.80)	100
Papel gris (factor de reflexión 0.40)	50
Papel negro (factor de reflexión 0.40)	5

* Fuente NOM-SEDE-1999

I.D. PERCEPCIÓN DE FORMAS PLÁSTICAS

Para que los objetos presentes en el campo visual den una sensación tridimensional o, en otros términos, sensación plástica, es indispensable la existencia de sombras o zonas de menor iluminación. Esto equivale a decir que las variaciones en la forma de los objetos se hacen visibles por el contraste de brillos existentes entre las zonas de sombra y las zonas sometidas a la luz reflejada. Para estudiar esta cuestión con más detenimiento, vamos a estudiar los conos dibujados en la Figura 23.

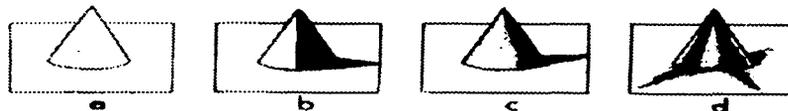


Figura 23: Diferentes tipos de iluminación de un objeto tridimensional.

Una luz completamente difusa conduce al resultado representado en (a), la forma de la figura es difícil de reconocer ya que, por la ausencia de sombras, el objeto se observa plano; para el observador aparecería como un triángulo, es decir, como una figura de dos dimensiones, intensamente iluminada. Una luz completamente direccional, es decir, un solo foco luminoso con una dirección preferente del flujo luminoso, proporciona el resultado expresado en (b), donde se ha considerado al foco situado a la izquierda del cono, el objeto se distingue perfectamente por el fuerte contraste de luz y sombra, pero la apreciación de la forma es dura y rudimentaria, y resulta poco agradable a la vista.

Una combinación adecuada de los dos procedimientos anteriores, puede dar el resultado ideal representado en (c); pero podemos conseguirlo con una iluminación difusa, a la que se superpone una iluminación complementaria unidireccional o, también, con una iluminación difusa con dirección preferente, por ejemplo, un globo difusor situado a la izquierda de la figura. La iluminación direccional desde varias direcciones a la vez debe evitarse, puesto que se produce una imagen confusa y con muchas sombras, semejante a la representada en (d); además si la superficie es lisa puede aumentar aún más la confusión en la percepción de la Figura 23, debido a los reflejos que se producen en las direcciones del espacio.

Por consiguiente, el caso presentado en (c) podemos considerarlo ideal; pero se puede afinar más todavía en el análisis de esta cuestión. Para conseguir el mejor efecto estético con la mezcla de luz difusa y luz direccional, la dirección principal de iluminación debe desviarse ligeramente de la dirección de observación. Si ambas direcciones, la de observación y la de iluminación coinciden, se obtienen sombras demasiado débiles; por el contrario, si la desviación es grande, una parte de las sombras percibidas se hace demasiado oscura y los contornos entre sombra y luz resultan demasiado duros. Entre ambos casos extremos, existen muchas formas intermedias y, para cada caso particular, el luminotécnico debe efectuar un detenido estudio de la cuestión, según se pretenda resaltar vigorosamente las formas del objeto (dirección de iluminación bastante desviada de la dirección de observación) o, por el contrario, se intente diluir las sombras y los contrastes para dar sensación de suavidad y delicadeza (dirección de iluminación poco desviada de la dirección de observación).

Capítulo II

Conductores y Canalizaciones Eléctricas

Un conductor eléctrico es cualquier material que ofrezca poca resistencia al flujo de electricidad. En general la palabra conductor se usa con un sentido distinto al de alambre, que por lo general es de sección circular, además puede tener otras formas, por ejemplo barras rectangulares o circulares, sin embargo es común que a los alambres se les designe como conductores.

II.A. CONDUCTORES ELÉCTRICOS

La diferencia entre un conductor y un aislante, es relativa, ya que todas las sustancias conducen electricidad en mayor o en menor medida. Por ejemplo, dos buenos conductores de la electricidad, son la plata y el cobre, los cuales pueden tener una conductividad de aproximadamente mil millones de veces superior a la de un aislante, como el vidrio o la mica.

El cable eléctrico es un medio para la conducción de corriente compuesto por uno o más conductores eléctricos, cubiertos por un aislante o sin él; en ocasiones también son protegidos por un revestimiento o vaina, el cual es utilizado para transmitir energía eléctrica o impulsos de un sistema de comunicaciones eléctrico; a su vez un alambre eléctrico es un filamento o barra fina de un metal flexible que tiene una sección uniforme. Los metales que suelen utilizarse para hacer alambres o cables son cobre, aluminio y acero. Comparativamente el cobre es aproximadamente un 16% mejor conductor que el aluminio, pero al ser mucho más liviano este, resulta un poco más económico cuando se hacen estudios comparativos, ya que a igualdad de peso se tiene hasta cuatro veces más longitud de conductor que con el cobre.

El cobre tiene una gran variedad de aplicaciones a causa de sus ventajosas propiedades, como son: su elevada conductividad del calor y la electricidad, la resistencia a la corrosión, así como su maleabilidad y ductilidad. Debido a su extraordinaria conductividad, sólo superada por la plata, el uso más extendido del cobre se da en la industria eléctrica. Su ductilidad permite transformarlo en cables de cualquier diámetro, a partir de 0.025 mm. La resistencia a la tracción del alambre de cobre estirado es de unos 4,200 kg/cm², puede usarse tanto en cables y líneas de alta tensión exteriores como en el cableado eléctrico en interiores, cables de lámparas y maquinaria eléctrica en general (generadores, motores, reguladores, equipos de señalización, aparatos electromagnéticos y sistemas de comunicaciones).

II.A.1. CARACTERÍSTICAS PARA CONDUCTORES USADOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN

En las instalaciones eléctricas residenciales los elementos que proveen las trayectorias de circulación de la corriente eléctrica son conductores o alambres forrados con un material aislante, desde luego que el material aislante no es un conductor, con esto se garantiza que el flujo de corriente sea a través del conductor. El material que normalmente se usa en los conductores para instalaciones eléctricas es el cobre y se aplican en el caso específico de las instalaciones eléctricas residenciales dentro de la categoría de las instalaciones de baja tensión que son aquellas cuyos voltajes de operación no exceden a 1,000 volts entre conductores o hasta 600 volts a tierra.

Los conductores usados en instalaciones eléctricas de baja tensión deben cumplir con ciertos requerimientos para su aplicación según la norma NOM-001-SEDE-1999, en su artículo 310, que habla de los conductores para alambrado en general. A continuación se mencionan algunas de estas características:

- a) Los conductores deben estar aislados, exceptuado entre otros los usados para el sistema de tierras.
- b) Los conductores deben ser de cobre o de aluminio. El tamaño nominal mínimo de los conductores para voltajes de 0 a 2,000 V, debe ser de 2.082 mm² (14 AWG) para conductores de cobre o de 13.3 mm² (6 AWG) para conductores de aluminio. Los conductores de aluminio en tamaño nominal de 13.3 mm² (6 AWG) y mayores, de tipos XHHW, XHHW-2, RHW, RHH y RHW-2, conductores para entrada de acometida tipo SE estilo U y SE estilo R, deben ser de aleación de aluminio AA 8000.
- c) Los conductores aislados que se utilicen en lugares mojados deben ser:
 - Recubiertos con plomo
 - De los tipos RHW, TW, THW, THW-LS, THHW, THHW-LS, THWN, XHHW.
 - De un tipo aprobado y listado para uso en lugares mojados.
- d) Los conductores expuestos a aceites, grasas, vapores, gases, humos, líquidos u otras sustancias que tengan un efecto corrosivo sobre el conductor o el aislamiento, deben ser de un tipo adecuado para esa aplicación.
- e) Se debe respetar la máxima caída de voltaje permitida recomendada que es del 3% del punto de alimentación al punto más distante de la instalación.
- f) Ningún conductor se debe utilizar de modo que su temperatura de funcionamiento supere la del diseño para el tipo de conductor aislado al que pertenezca. En ningún caso se deben unir los conductores de modo que se supere el límite de temperatura de cualquier conductor con respecto al tipo de circuito, método de alambrado aplicado o número de conductores. La temperatura nominal de un conductor es la temperatura máxima, en cualquier punto de su longitud, que puede soportar durante un período prolongado de tiempo sin que se produzca una fuerte degradación. Los principales determinantes de la temperatura de operación de los conductores son:
 - La temperatura ambiente puede variar a lo largo del conductor y con el tiempo.
 - El calor generado interiormente en el conductor por el paso de la corriente eléctrica, incluidas las corrientes fundamentales y sus armónicas.
 - El factor de disipación del calor generado al medio ambiente. El aislamiento térmico que cubre o rodea a los conductores puede afectar ese factor de disipación.
 - Conductores adyacentes que transportan carga. Los conductores adyacentes tienen el doble efecto de elevar la temperatura ambiente y de impedir la disipación de calor.

II.A.2. CALIBRE DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

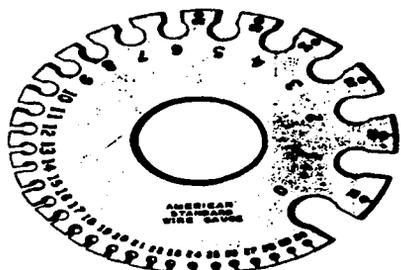


Figura 24: Calibrador para conductores eléctricos

El diámetro de un alambre o un cable determina su calibre. Los calibres de conductores dan una idea de la sección o diámetro de los mismos y se designan usando el sistema norteamericano de calibres (AWG) por medio de un número al cual se hace referencia. La equivalencia en mm^2 y mm del área y el diámetro respectivamente, se debe hacer en forma independiente de la designación usada por la America Wire Gauge (AWG). Es conveniente notar que en el sistema de designación de los calibres de los conductores usado por la AWG, a medida que el número de designación es más grande la sección es menor.

Para la mayoría de las aplicaciones de los conductores en instalaciones eléctricas residenciales, los calibres de conductores de cobre que normalmente se usan son los designados por los números 12 y 14. Los calibres 6 y 8 que se pueden encontrar, ya sea como conductores sólidos o cable y se aplican para instalaciones industriales o para manejar alimentadores a grupos de casas habitación (departamentos). En la Figura 24 se muestra un calibrador o galga para conductores eléctricos sólidos.

II.A.3. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE EN CONDUCTORES ELÉCTRICOS

La norma NOM-001-SEDE-1999 indica que son adecuados para el cálculo de la capacidad de conducción de corriente en conductores eléctricos los siguientes procedimientos:

En la selección del tamaño nominal de los conductores para ser utilizados en instalaciones eléctricas de baja tensión, se deben considerar como máximo los valores especificados en las Tablas 2 y 3. Estas son tablas de aplicación y se pueden consultar para seleccionar el tamaño nominal de los conductores con cargas calculadas, sin tomar en cuenta la caída de tensión eléctrica.

La Tabla 2 indica la capacidad de conducción de corriente en amperes (A) permisible de conductores aislados para empleo en instalaciones eléctricas de 0 a 2,000 V nominales y temperatura de trabajo del aislante de 60°C a 90°C . No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30°C

La Tabla 3 muestra la capacidad de conducción de corriente en amperes (A) permisible de conductores aislados individualmente empleados en instalaciones eléctricas de 0 a 2,000 V nominales, al aire libre y para una temperatura ambiente de 30°C .

Tabla 2: Capacidad de conducción de corriente para conductores instalados dentro de una canalización.

Tamaño nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor						Tamaño nominal AWG kcmil
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	TIPOS TW* TWD* CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, LS, THW- 2*, XHHW*, XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	
Cobre			Aluminio				
0.8235	---	---	14	---	---	---	18
1.307	---	---	18	---	---	---	16
2.082	20*	20*	25*	---	---	---	14
3.307	25*	25*	30*	---	---	---	12
5.26	30	35*	40*	---	---	---	10
8.367	40	50	55	---	---	---	8
13.3	55	65	75	40	50	60	6
21.15	70	85	95	55	65	75	4
26.67	85	100	110	65	75	85	3
33.62	95	115	130	75	90	100	2
42.41	110	130	150	85	100	115	1
53.48	125	150	170	100	120	135	1/0
67.43	145	175	195	115	135	150	2/0
85.01	165	200	225	130	155	175	3/0
107.2	195	230	260	150	180	205	4/0
126.67	215	255	290	170	205	230	250
152.01	240	285	320	190	230	255	300
177.34	260	310	350	210	250	280	350
202.68	280	335	380	225	270	305	400
253.35	320	380	430	260	310	350	500
304.02	355	420	475	285	340	385	600
354.69	385	460	520	310	375	420	700
380.03	400	475	535	320	385	435	750
405.37	410	490	555	330	395	450	800
456.04	435	520	585	355	425	480	900
506.71	455	545	615	375	445	500	1000
633.39	495	590	665	405	485	545	1250
760.07	520	625	705	435	520	585	1500
886.74	545	650	735	455	545	615	1750
1013.42	560	665	750	470	560	630	2000

* Fuente NOM-001-SEDE-1999

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °C
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	21-25
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	26-30
31-35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	31-35
36-40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	36-40
41-45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	41-45
46-50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	46-50
51-55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	51-55
56-60	....	0.58	0.71	....	0.58	0.71	56-60
61-70	....	0.33	0.58	....	0.33	0.58	61-70
71-80	....	....	0.41	....	....	0.41	71-80

* Fuente NOM-001-SEDE-1999

- La protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar 15 A para 2,082 mm² (14 AWG); 20 A para 3,307 mm² (12 AWG) y 30 A para 5.26 mm² (10 AWG), todos de cobre.

Tabla 3: Capacidad de conducción de corriente para conductores instalados al aire libre.

Tamaño nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor						Tamaño nominal AWG kcmil
	60°C TIPOS TW* TWD* CCE TWD-UV	75°C TIPOS RHW* THHW* THW* THW-LS, THWN* XHHW* TT	90°C TIPOS RHH* RHW-2, THHN* THHW-LS, THW-2* XHHW* XHHW-2,	60°C TIPOS UF*	75°C TIPOS RHW* XHHW* BM-AL	90°C TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	
	Cobre			Aluminio			
0.8235	....	---	18	....	....	....	18
1.307	....	---	24	....	....	....	16
2.082	25*	30*	35*	....	....	....	14
3.307	30*	35*	40*	....	....	....	12
5.26	40	50*	55*	....	....	....	10
8.367	60	70	80	....	....	....	8
13.3	80	95	105	60	75	80	6
21.15	105	125	140	80	100	110	4
26.67	120	145	165	95	115	130	3
33.62	140	170	190	110	135	150	2
42.41	165	195	220	130	155	175	1
53.48	195	230	260	150	180	205	1/0
67.43	225	265	300	175	210	235	2/0
85.01	260	310	350	200	240	275	3/0
107.2	300	360	405	235	280	315	4/0

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

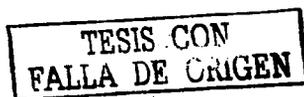
Tamaño nominal	Temperatura nominal del conductor						Tamaño nominal
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
mm ²	TIPOS TW*, TWD*, CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2.	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	AWG kcmil
	Cobre			Aluminio			
126.67	340	405	455	265	315	355	250
152.01	375	445	505	290	350	395	300
177.34	420	505	570	330	395	445	350
202.68	455	545	615	355	425	480	400
253.35	515	620	700	405	485	545	500
304.02	575	690	780	455	540	615	600
354.69	630	755	855	500	595	675	700
380.03	655	785	855	515	620	700	750
405.37	680	812	920	535	645	725	800
456.04	730	870	985	580	700	785	900
506.71	780	935	1055	625	750	845	1000
633.39	890	1065	1200	710	855	960	1250
760.07	980	1175	1325	795	950	1075	1500
886.74	1070	1280	1445	875	1050	1185	1750
1013.42	1155	1385	1560	960	1150	1335	2000

* Fuente NOM-001-SEDE-1999

FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes.						Temperatura ambiente en °C
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	21-25
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	26-30
31-35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	31-35
36-40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	36-40
41-45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	41-45
46-50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	46-50
51-55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	51-55
56-60	....	0.58	0.71	....	0.58	0.71	56-60
61-70	....	0.33	0.58	....	0.33	0.58	61-70
71-80	....	....	0.41	....	....	0.41	71-80

* Fuente NOM-001-SEDE-1999

- La protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar 15 A para 2,082 mm² (14 AWG); 20 A para 3,307 mm² (12 AWG) y 30 A para 5.26 mm² (10 AWG), todos de cobre.



Con respecto a las unidades de vivienda, se permite utilizar los conductores de las Tablas 2 y 3 como conductores de entrada de acometida monofásica a 120/240 V, tres hilos, conductores de acometida lateral y conductores del alimentador que sirven como principal fuente de alimentación de la unidad de vivienda y vayan instalados en canalización o cables con o sin conductor de puesta a tierra de los equipos. Para la aplicación de esta regla, no se exige que los alimentadores a una unidad de vivienda sean de mayor tamaño nominal a los de la entrada de acometida. Se permite que el conductor puesto a tierra sea de menor tamaño nominal que los conductores de fase.

La capacidad de conducción de corriente permanentemente admisible, es el resultado de tener en cuenta uno o más de los siguientes factores:

1. La compatibilidad en temperatura con equipo conectado, sobre todo en los puntos de conexión.
2. La coordinación con los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito y de la instalación.
3. El cumplimiento de los requisitos del producto de acuerdo con su norma específica correspondiente.
4. El cumplimiento de las normas de seguridad establecidas por las prácticas industriales y procedimientos normalizados.
5. Conductividad del metal conductor.

Desde el punto de vista de conductividad se han elaborado tablas que proporcionan la resistencia eléctrica de los cables de cobre (Tabla 4), factor que es muy importante en virtud de que determina las pérdidas de potencia eléctrica al paso de una corriente eléctrica (efecto Joule), según la Fórmula 3:

$$P = RI^2 \dots\dots\dots \text{Fórmula 3}$$

Donde: R = Resistencia eléctrica en ohms [Ω]
 I = Corriente eléctrica en amperes [A]
 P = Potencia en watts [W]

Esta potencia por un periodo de tiempo determinado es una energía que se disipa en forma de calor.

Tabla 4: Propiedades de los conductores.

Tamaño nominal		Conductores				Resistencia a la C.C. a 75°C		
mm ²	AWG kcmil	Alambres componentes		Dimensiones totales		Cobre		Aluminio
		Cantidad	Diám. mm	Diám. mm	Área mm ²	Sin estañar Ω /km	Estañado Ω /km	Ω /km
0.8235	18	1	1.02	1.02	0.82	25.5	26.5	
0.8235	18	7	0.381	1.17	1.07	26.1	27.7	
1.307	16	1	1.29	1.29	1.31	16.0	16.7	
1.307	16	7	0.483	1.47	1.70	16.4	17.4	
2.082	14	1	1.83	1.83	2.08	10.1	10.5	
2.082	14	7	0.61	1.85	2.70	10.3	10.7	

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tamaño nominal		Conductores				Resistencia a la C.C. a 75°C		
		Alambres componentes		Dimensiones totales		Cobre		Aluminio
mm ²	AWG kcmil	Cantidad	Diám. mm	Diám. mm	Área mm ²	Sin estañar Ω/km	Estañado Ω/km	Ω/km
3.307	12	1	2.05	2.05	3.32	6.33	6.59	
3.307	12	7	0.762	2.34	4.29	6.50	6.73	
5.26	10	1	2.59	2.59	5.26	3.97	4.13	
5.26	10	7	0.965	2.95	6.82	4.07	4.23	
8.367	8	1	3.26	3.26	8.37	2.51	2.58	
8.367	8	7	1.24	3.71	10.8	2.55	2.65	
13.3	6	7	1.55	4.67	17.2	1.61	1.67	2.65
21.15	4	7	1.96	5.89	27.3	1.01	1.05	1.67
26.67	3	7	2.21	6.60	34.3	0.804	0.833	1.32
33.62	2	7	2.46	7.42	43.2	0.636	0.659	1.05
42.41	1	19	1.68	8.43	55.9	0.505	0.525	0.830
53.48	1/0	19	1.88	9.45	70.1	0.400	0.417	0.659
67.43	2/0	19	2.13	10.6	88.5	0.317	0.331	0.522
85.01	3/0	19	2.39	11.9	112	0.252	0.261	0.413
107.2	4/0	19	2.69	13.4	141	0.199	0.205	0.328
126.67	250	37	2.08	14.6	168	0.169	0.176	0.278
152.01	300	37	2.29	16.0	201	0.141	0.146	0.232
177.34	350	37	2.46	17.3	235	0.120	0.125	0.198
202.68	400	37	2.64	18.5	269	0.105	0.109	0.174
253.35	500	37	2.95	20.7	335	0.0846	0.0869	0.139
304.02	600	61	2.51	22.7	404	0.0702	0.0731	0.116
354.69	700	61	2.72	24.5	471	0.0604	0.0620	0.0994
380.03	750	61	2.82	25.3	505	0.0561	0.0577	0.0925
405.37	800	61	2.90	26.2	538	0.0528	0.0544	0.0869
456.04	900	61	3.10	27.8	606	0.0469	0.0482	0.0771
506.71	1000	61	3.25	29.3	672	0.0423	0.0433	0.0695
633.39	1250	91	2.97	32.7	842	0.0338	0.0348	0.0544
760.07	1500	91	3.25	35.9	1010	0.0281	0.0289	0.0462
886.74	1750	127	2.97	38.8	1180	0.0241	0.0248	0.0397
1013.42	2000	127	3.20	41.4	1350	0.021	0.0217	0.0348

* Fuente NOM-001-SEDE-1999

Se conoce que la resistencia eléctrica de los conductores varía por la temperatura, y los datos de resistencia que proporciona la Tabla 4, son para una temperatura de 75°C, por lo que para calcular la resistencia a temperaturas diferentes se debe usar la Fórmula 4:

$$R_2 = R_{75^\circ\text{C}} [1 + \alpha(T_2 - 75)] \quad [\Omega/\text{m}] \dots \dots \dots \text{Fórmula 4}$$

- Donde:
- R_2 = Resistencia del conductor a temperatura deseada en [°C].
 - $R_{75^\circ\text{C}}$ = Resistencia a 75°C del conductor en [Ω/m] (Tabla 4).
 - T_2 = Temperatura de trabajo del conductor (temperatura final) en [°C].
 - α = 0.00323 para el cobre y
 - α = 0.00330 para el aluminio

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

También se debe tener en cuenta que los datos proporcionados indican una resistencia en corriente directa y que cuando una corriente alterna circula por un conductor se produce en éste un efecto que se conoce como efecto superficial, el cual desarrolla un efecto inductor en él, dicho fenómeno produce una corriente en sentido contrario a la normal, manifestándose un aumento de la resistencia del conductor.

Dicha resistencia puede calcularse con las Fórmulas 5, 6 y 7:

$$X_s = \sqrt{\frac{8\pi f \mu_r k_s \times 10^{-4}}{R_{CD(50^\circ C)}}}$$

Fórmula 5

$$Fs = \frac{X_s^4}{192 + 0.8 X_s^4}$$

Fórmula 6

$$Rac_{(50^\circ C)} = Rdc_{(50^\circ C)} (1 + Fs) \quad [\Omega/m] \quad \dots\dots\dots \text{Fórmula 7}$$

- Donde:
- $Rac(50^\circ C)$ = Resistencia en AC del conductor a $50^\circ C$ en $[\Omega/m]$
 - $Rdc(50^\circ C)$ = Resistencia en DC del conductor a $50^\circ C$ en $[\Omega/m]$
 - f = Frecuencia del sistema en $[Hz]$
 - k_s = Factor de forma = 1
 - μ_r = Permeabilidad relativa = 1

6. Capacidad térmica del aislamiento.

La capacidad de conducción de corriente en un conductor está íntimamente ligada a la capacidad del aislamiento a temperaturas elevadas, esto considerando también que por lo general los conductores se encuentran dentro de canalizaciones en las instalaciones eléctricas, que se comportan como emisoras de calor y también por temperaturas ambiente superiores a los $40^\circ C$. Teóricamente un conductor desnudo soportado por aisladores de porcelana puede transmitir una gran corriente hasta el punto en que por el efecto Joule se alcance la temperatura de fusión del material; en realidad esto no ocurre, ya que los conductores conducen la corriente permisible de acuerdo a su capacidad, pero en el caso de sobrecargas el calor producido es disipado por el aire circundante fuera del conductor.

En el caso de las instalaciones eléctricas de baja tensión, los conductores se encuentran alojados en un medio de canalización en donde además se encuentran alojados otros conductores, consideremos como ejemplo un tubo conduit, en este caso el calor generado tiende a disiparse en el medio envolvente, es decir, el propio aislamiento del conductor, el aislamiento de los conductores vecinos y el aire que está contenido en el tubo mismo. Para este caso el calor generado por sobrecargas permanentes destruirá a los aislamientos mucho antes que el material conductor llegue a su temperatura de fusión, debido a que la capacidad térmica del aislamiento es mucho menor que la del conductor, por lo que es muy importante limitar la temperatura de trabajo de los conductores hasta el punto en que el calor

que se genera no llegue a la temperatura de fusión de los aislamientos, es decir, que siempre se debe controlar la corriente que fluye a través del conductor para que éste nunca alcance la temperatura de fusión del aislamiento.

Desde el punto de vista teórico se pueden establecer las bases para el cálculo del calibre del conductor de acuerdo con su capacidad de conducción de corriente, considerando el efecto térmico en los términos que se describió anteriormente. Este cálculo establece una analogía con la ley de Ohm para circuitos eléctricos, y a semejanza de la ecuación conocida para la misma ley, que expresa la caída de voltaje en un circuito (V), cuando circula una corriente (I) a través de una resistencia (R) (Fórmula 8).

$$V = R I \dots\dots\dots \text{Fórmula 8}$$

Se tiene una ecuación para un medio en el cual está circulando calor y que establece que un incremento de temperatura es igual al calor circundante en el medio multiplicado por la resistencia térmica del mismo y que se expresa como:

$$\Delta t = R_x W \dots\dots\dots \text{Fórmula 9}$$

donde: Δt = Incremento o caída de temperatura en [°C]
 W = Calor circulante en [watts/m]

R_x = Resistencia térmica del medio en $\left[\frac{^{\circ}\text{C} - \text{m}}{\text{Watt}} \right]$

Considerando el caso de un conductor aislado dentro de un tubo conduit y que la temperatura ambiente T_a es menor que la producida por el conductor T_c , entonces el calor fluye del conductor hacia el medio ambiente pasando por su aislamiento, el aire contenido en el tubo y el tubo mismo, cada uno de estos elementos tendrá una resistencia al paso del calor de acuerdo con sus características propias, Figura 25.

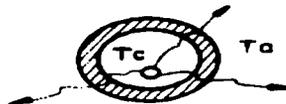


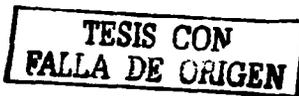
Figura 25: Disipación del calor generado en un conductor dentro de un tubo conduit.

La variación de la temperatura desde el punto más caliente hasta el punto más frío está dada por:

$$\Delta T = T_c - T_a \dots\dots\dots \text{Fórmula 10}$$

El calor que se produce en el conductor es exclusivamente el debido al efecto Joule.

$$P = RI^2 \dots \left[\frac{\text{Watts}}{\text{m}} \right] \dots\dots\dots \text{Fórmula 11}$$



Donde: R = resistencia del conductor en $[\Omega / m]$
 I = corriente que circula por el conductor en amperes [A].
 P = pérdidas por efecto Joule

La resistencia térmica R_x es la suma de las resistencias térmicas de los distintos medios desde el punto mas caliente hasta el punto mas frío.

$$R_x = R_{x_1} + R_{x_2} + R_{x_n} = \sum_{i=1}^n R_{x_i} \dots \dots \dots \text{Fórmula 12}$$

De las fórmulas anteriores se tiene que:

$$T_c - T_a = (RI^2) * \sum_{i=1}^n R_{x_i} = RI^2 * R_x \dots \dots \dots \text{Fórmula 13}$$

De la expresión anterior se puede despejar la corriente I , que representa el valor admisible de corriente en el conductor, obteniéndose:

$$I = \sqrt{\frac{T_c - T_a}{R * R_x}} \dots \dots \dots \text{Fórmula 14}$$

Con la Fórmula 14 se pueden prefiar la temperatura de operación deseada y calcular la corriente admisible de un conductor para un calibre determinado y que se indican en tablas de características de conductores, ya sean de normas o de fabricantes.

7. Caída de voltaje por perdidas del conductor

El voltaje en las terminales de la carga es por lo general menor que el voltaje de alimentación, la diferencia de voltaje entre estos dos puntos se conoce como caída de voltaje. La norma NOM-0001-SEDE-1999 en su artículo 215-2 menciona con respecto a los conductores de circuitos derivados que estos deberán estar dimensionados para evitar una caída de tensión eléctrica superior al 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión eléctrica de los circuitos alimentadores y derivados hasta la toma de corriente eléctrica más lejana no supere al 5%, de ésta forma dichos circuitos proporcionarán una razonable eficacia de funcionamiento.

Una caída de voltaje excesiva (mayor al 5%) conduce a resultados indeseables debido a que el voltaje en la carga se reduce. En las lámparas incandescentes se reduce notablemente el nivel de iluminación, en las lámparas fluorescentes se tienen problemas, como dificultad para arrancar, parpadeo, calentamiento de las balastras, etc., en el equipo de control, los reveladores pueden no operar, en los motores, la reducción de voltaje se traduce en un incremento en la corriente, lo cual produce sobrecalentamiento y algunas veces causa problemas de arranque, por esta razón no es suficiente calcular los conductores por corriente (ampacidad), es decir, seleccionar el calibre de un conductor de acuerdo con la corriente que

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

circulará por él. También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no exceda los valores establecidos en la norma NOM-001-SEDE-1999, que son del 2% de caída de voltaje en instalaciones residenciales y un máximo del 5% en instalaciones industriales, desde el punto de alimentación hasta el último punto. Para estar seguros de que las caídas de voltaje no excedan esos valores es necesario calcular las caídas de voltaje en los circuitos derivados y en los alimentadores, para lo cual contamos con las Fórmulas 15 y 16:

$$E\% = \frac{E * 100}{Vn} = \frac{Ef * 100}{Vf} \dots\dots\dots \text{Fórmula 15}$$

$$S = \frac{2cLI}{eV} \dots\dots\dots \text{Fórmula 16}$$

- Donde:
- E* = Caída de voltaje de fase a neutro en volts [V]
 - Ef* = Caída de voltaje entre fases en volts [V]
 - Vn* = Voltaje de línea a neutro en volts [V]
 - Vf* = Voltaje entre fases en volts [V]
 - L* = Longitud del conductor en metros [m]
 - I* = Corriente en el conductor en amperes [A]
 - S* = Sección del conductor en [mm²]
 - c* = 2 para circuitos monofásicos y bifásicos
 - c* = $\sqrt{3}$ para circuitos trifásicos en conexión delta
 - e* = Caída de voltaje (número entero del porcentaje)

Para sistemas monofásicos:

$$E\% = \frac{4LI}{VnS} \dots\dots\dots \text{Fórmula 17}$$

Para sistemas trifásicos de 3 hilos:

$$E\% = \frac{2\sqrt{3}LI}{SVf} \dots\dots\dots \text{Fórmula 18}$$

Para sistemas trifásicos de 4 hilos

$$E\% = \frac{2LI}{SVn} \dots\dots\dots \text{Fórmula 19}$$

8. Alimentadores con cargas distribuidas

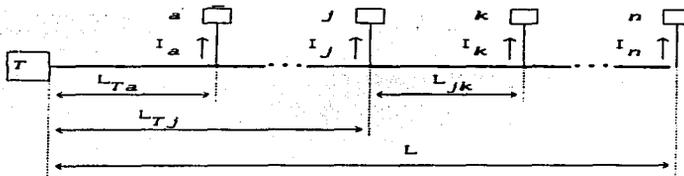


Figura 26: Distribución de cargas a lo largo de un conductor.

Es común que un circuito derivado tenga cargas distribuidas a lo largo de su extensión. También es una práctica normal que el calibre de las últimas unidades sea menor que el calibre con el que sale del tablero de distribución. Lo que no es común es realizar un cálculo exacto de la sección de los conductores del circuito, considerando la carga, la distancia y la caída de voltaje en los tramos respectivos. Por lo que se propone una metodología para el cálculo del calibre de los conductores utilizados en este tipo de circuitos. Para esto se analiza el circuito de la Figura 26.

En el establecimiento de las relaciones para el cálculo del calibre, se estudian dos casos: densidad de corriente constante y sección constante (alimentador tipo anillo), donde para el primer caso se tiene que:

La expresión para la densidad de corriente entre dos puntos consecutivos de la Figura 26 es:

$$\frac{I_{jk}}{S_{jk}} = \delta = \text{constante} \dots\dots\dots \text{Fórmula 20}$$

Donde: $k = j+1$.
 S_{jk} = Sección transversal del conductor entre j y k .
 I_{jk} = Corriente que circula entre los puntos j y k .

Analizando la caída de voltaje en esta sección se puede indicar que:

$$e_{jk} = \frac{2c}{v} L_{jk} \frac{I_{jk}}{S_{jk}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 21}$$

La caída total de voltaje será:

$$e = \sum_{j=T}^{j=n-1} e_{jk} = \frac{2c}{V} \delta \sum_{j=T}^{j=n-1} L_{jk} \dots\dots\dots \text{Fórmula 22}$$

La longitud total desde el tablero hasta la última salida puede escribirse así:

$$L = \sum_{j=T}^{j=n-1} L_{jk} \dots\dots\dots \text{Fórmula 23}$$

Obteniendo la siguiente relación:

$$\frac{e_{jk}}{e} = \frac{L_{jk}}{L} \dots\dots\dots \text{Fórmula 24}$$

Por lo que de las Fórmulas 24 y 16, se obtiene:

$$S_{jk} = \frac{2c}{V} I_{jk} \frac{L}{e} \dots\dots\dots \text{Fórmula 25}$$

Esta fórmula facilita el cálculo de las secciones de los diferentes tramos de conductores ya que el único parámetro que cambia es la corriente en el tramo respectivo, resulta de gran utilidad en circuitos de alumbrado, especialmente en áreas extensas.

En caso de tener un circuito con varias ramificaciones radiales (conductores que parten de un mismo punto), se puede considerar la longitud de la ramificación más larga, de esta manera quedan cubiertas todas las demás. Este método debe aplicarse respetando los criterios para el cálculo de la sección, sobre todo es importante vigilar que el último tramo del circuito quede protegido por el interruptor seleccionado. La revisión final de la caída total de voltaje puede hacerse con alguna de las siguientes Fórmulas (26 y 27):

$$e = \frac{2c}{V} \sum_{j=T}^{j=n-1} \frac{L_{jk} I_{jk}}{S_{jk}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 26}$$

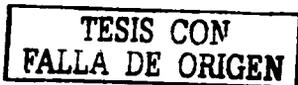
$$e = \frac{2c}{V^2} \sum_{j=T}^{j=n-1} \frac{L_{jk} P_{jk}}{S_{jk}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 27}$$

Y para el segundo caso se tiene que:

Se pueden escribir las siguientes expresiones para la Figura 26, y donde $k=j+1$:

$$e = \sum_{j=T}^{j=n-1} e_{jk} = \frac{2c}{VS} \sum_{j=T}^{j=n-1} L_{jk} I_{jk} \dots\dots\dots \text{Fórmula 28}$$

$$S = \frac{2c}{eV} \sum_{j=T}^{j=n-1} L_{jk} I_{jk} \dots\dots\dots \text{Fórmula 29}$$



Esta relación resulta útil para calcular circuitos en anillo. Para el cálculo de la sección en función de la potencia, se puede utilizar la siguiente expresión:

$$S = \frac{2c}{eV^2} \sum_{j=1}^{j=n-1} L_{jk} P_{jk} \dots\dots\dots \text{Fórmula 30}$$

La sección transversal del alimentador tipo anillo debe calcularse en condiciones normales (ambas terminales del anillo energizadas) y en condiciones de emergencia (por ejemplo con alimentación por un solo punto del anillo), para finalmente seleccionar la sección mayor.

9. Fuerza de tiro en el proceso de cableado

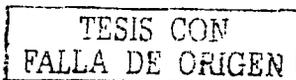
Más que un criterio para calcular un conductor se trata de un elemento que se debe considerar al momento de decidir las distancias entre registros o cajas, el número de cambios de dirección (codos), los recorridos verticales y en general cualquier obstáculo que provoque una tensión mecánica en el conductor a la hora de instalarlo. La fuerza de tiro máxima que puede aplicarse antes de ocasionar elongamientos o rupturas en los cables depende del tipo de conductor utilizado.

La tensión mecánica permitida en los conductores de cobre depende del temple. Este puede ser: suave, semiduro o duro. El suave es el del cobre recocido. Los temples semiduro y duro se obtienen mediante un proceso de estirado en frío del cobre recocido. Los conductores usados en líneas aéreas, por lo general, son de temple semiduro o duro. Los conductores forrados para instalaciones interiores o subterráneas son de cobre recocido, que presenta la ventaja de ser el de conductibilidad eléctrica más alta (el temple duro tiene aproximadamente el 96% de la conductibilidad del temple suave).

Si un conductor se somete durante el proceso de cableado a una fuerza de tiro descontrolada, puede cambiar su temple y aumentar su resistencia eléctrica, y si esta fuerza es muy grande se puede inclusive provocar la ruptura del cable. La carga de ruptura no es siempre proporcional al área transversal ya que en los calibres más delgados el esfuerzo se distribuye más uniformemente que en los calibres gruesos.

En el Catálogo "Alambres y Cables Desnudos" de Conductores Monterrey se presenta una tabla con la carga de ruptura para cada temple y calibre. Por ejemplo en esta tabla la tensión de ruptura para temple duro oscila entre 47 kg/mm² para el calibre No. 18, y de 34.5 kg/mm² para el calibre No. 4/0. Para el temple suave la ruptura se da a una tensión de 27 kg/mm² para el calibre No. 23 y de 25.3 kg/mm² para el calibre No. 4/0. En la práctica se consideran como aceptables los esfuerzos del proceso de cableado que estén en el rango del 40 al 50% de la carga de ruptura. Con los datos mencionados anteriormente se puede, conservadoramente, escoger un esfuerzo de tensión permisible de 7.5 kg/mm², (Boletín 401, tabla 11 de Industrias Conelec).

Para obtener la fuerza de tiro se puede utilizar el esfuerzo mencionado anteriormente en la siguiente fórmula:



$$F_{\text{tiro}} = Ku \delta A \dots\dots\dots \text{Fórmula 31}$$

- Donde: Ku = Coeficiente de uniformidad (menor que la unidad).
 δ = Esfuerzo unitario en [kg/mm²].
 A = Sumatoria de la sección transversal de todos los conductores.

Al cablear varios conductores juntos, es muy importante que tengan la misma longitud para evitar que aquél o aquellos que queden más cortos se sometan a esfuerzos mayores.

El tipo de forro de los conductores puede ayudar compartiendo parte de los esfuerzos, o puede fracturarse con un ligero estiramiento de los conductores. De cualquier forma es indispensable vigilar que en el proceso de cableado no se dañe por el rozamiento con las paredes de los tubos o ductos.

Además la norma NOM-001-SEDE-1999, permite calcular la capacidad de conducción de corriente de los conductores mediante la Fórmula 32:

$$I = \sqrt{\frac{TC - (TA + \Delta TD)}{RCD (1 + YC) RCA}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 32}$$

- Donde: TC = Temperatura del conductor en [°C].
 TA = Temperatura ambiente en [°C].
 ΔTD = Incremento de la temperatura por pérdidas del dieléctrico.
 RCD = Resistencia de c.c. del conductor a la temperatura TC .
 YC = Componente de resistencia de c.a. debida a los efectos superficial y de proximidad.
 RCA = Resistencia térmica efectiva entre el conductor y el ambiente que lo rodea.

II.A.4. RECOMENDACIONES PARA EL USO DE CONDUCTORES DEPENDIENDO DEL TIPO DE INSTALACION

Por lo general, los aislantes de los conductores son a base de hule ó termoplásticos y se le designan comercialmente con letras. Las recomendaciones para su uso que proporciona la NOM-001-SEDE-1999 en su artículo 310-13, se muestran en la Tabla 5.

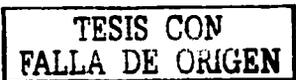


Tabla 5: Conductores - Aislamientos y usos

Nombre genérico	Tipo	Temp. Máx. de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño nominal		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
					mm ²	AWG-kcmil		
Etileno Propileno Fluorado	FEP o	90	Lugares secos o húmedos	Etileno Propileno Fluorado	2.082 - 5.260 8.367 - 33.620	(14 - 10) (8 - 2)	0.51 0.76	Ninguna
	FEP B	200	Lugares secos Aplicaciones especiales	Etileno Propileno Fluorado	2.082 - 8.367 13.300 - 33.620	(14 - 8) (6 - 2)	0.36 0.36	Malla de fibra de vidrio Malla de material adecuado
Termoplástico para tableros.	TT	75	Alambrado de tableros de distribución	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio y de emisión reducida de humos y gas ácido	0.5191 - 3.307	20 - 12	0.76	Ninguna
Cable para acometida aérea	CCE	60	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea.	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	3.307 - 5.26		1.2	Termoplástico resistente a la humedad y a la intemperie
					13.3 - 21.15		1.6	
Polímero sintético resistente al calor	SIS	90	Alambrado de tableros de distribución	Polímero sintético de cadena cruzada resistente al calor	2.082 - 5.260	14 - 10	0.76	Ninguna
					8.367	8	1.14	
Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendios	TW	60	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendios	2.082 - 5.260	14 - 10	0.76	Ninguna
					13.30 - 33.62	8	1.14	
					8.367	6 - 2	1.52	

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Nombre genérico	Tipo	Temp. Máx. de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño nominal		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
					mm ²	AWG-kcmil		
Termoplástico resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama	MT W	60	Alambrado de máquinas herramienta en lugares mojados	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama	0.32 - 3.307	(22 -12)	(A) (B) 0.76 0.38	(A) Ninguna (B) Cubierta de nylon o equivalente
		90	Alambrado de máquinas herramienta en lugares secos		5.26 8.367 13.30 21.15 - 33.62 42.41 - 107.2 126.7 - 253.4 304.0 - 506.7	(10) (8) (6) (4 - 2) (1 - 4/0) (250 - 500) (600 - 1000)	0.76 0.51 1.14 0.76 1.52 0.76 1.52 1.02 2.03 1.27 2.41 1.52 2.79 1.78	
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	RHH	90	Lugares secos o húmedos	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y a la flama	2.082 - 5.26 8.367 - 33.62 42.41 - 107.2 126.7 - 253.4 304.0 - 506.7 633.3 - 1013.6	(14 - 10) (8 - 2) (1 - 4/0) (250 - 500) (600 - 1000) (1250 - 2000)	1.14 1.52 2.03 2.41 2.79 3.18	Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	RH W	75	Lugares secos o mojados	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor, a la humedad y a la flama	2.082 - 5.26 8.367 - 33.62 42.41 - 107.2 126.7 - 253.4 304.0 - 506.7 633.3 - 1013.6	(14 - 10) (8 - 2) (1 - 4/0) (250 - 500) (600 - 1000) (1250 - 2000)	1.14 1.52 2.03 2.41 2.79 3.18	Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama
Silicón - FV	SF	150 200	Lugares secos y húmedos En aplicaciones donde existan condiciones de alta temperatura	Hule Silicón	0.8235 - 3.307 8.367 - 33.62 42.41 - 107.2	18 - 12 8 - 2 1 - 4/0	0.762 1.524 2.032	Malla de fibra de vidrio o material equivalente

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Nombre genérico	Tipo	Temp. Máx. de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño nominal		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
					mm ²	AWG-kcmil		
Cable plano termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios	TW D	60	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendios	0.519 - 1.307	20 - 16	0.64	Ninguna
					2.082 - 5.260	14 - 10	0.9	
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	TH WN	75	Lugares secos y mojados	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	2.082 - 3.307	(14 - 12)	0.38	Cubierta de nylon o equivalente
					5.26	(10)	0.51	
					8.367 - 13.30	(8 - 6)	0.76	
					21.15 - 33.62	(4 - 2)	1.02	
					42.41 - 107.2	(1 - 4/0)	1.27	
					126.7 - 253.4	(250 - 500)	1.52	
304.0 - 506.7	(600 - 1000)	1.78						
Cable para acometida aérea	BM - AL	75	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea.	Termoplástico resistente a la humedad y a la intemperie	13.3 - 33.62	(6 - 2)	1.14	Ninguna
Cable plano para acometida aérea y sistemas fotovoltaicos	TW D - UV	60	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea. Sistemas fotovoltaicos.	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios	3.307 - 8.367	(12 - 8)	1.14	Ninguna

Nombre genérico	Tipo	Temp. Máx. de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño nominal		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
					mm ²	AWG-kcmil		
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	THH W-LS	75	Lugares mojados.	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	2.082 - 5.260	(14 - 10)	0.76	Ninguna
		90	Lugares secos		8.367	(8)	1.14	
					13.30 - 33.62	(6 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2	(1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4	(250 - 500)	2.41	
					304.0 - 506.7	(600 - 1000)	2.79	
Cable mono-conductor para acometida subterránea	BTC	90	Lugares secos y mojados Acometida subterránea.	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	15 - 35	(4 - 2)	1.60	Ninguna
		Cable mono-conductor y multi-conductor para acometida subterránea	DRS		90	Lugares secos y mojados Entrada de acometida subterránea.	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama		21.15 - 33.62	1.58	Ninguna
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios	TH W			75				Lugares secos y mojados Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1,000 V o menos en circuito abierto y a tamaños nominales de 2.082 a 8.367 mm ² (14-8 AWG)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios	2.082 - 5.26		14 - 10	0.76	Ninguna
		90	8.367	8	1.14			
			13.30 - 33.62	6 - 2	1.52			
			42.41 - 107.2	1 - 4/0	2.03			
			126.7 - 253.4	250 - 00	2.41			
			304.0 - 506.7	600 - 1000	2.79			

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Nombre genérico	Tipo	Temp. Máx. de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño nominal		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
					mm ²	AWG-kcmil		
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	TH W-LS	75	Lugares secos y mojados. Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1,000V o menos en circuito y áreas de las secciones transversales de 2.082 a 8.367 mm ² (14-8 AWG)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	2.082-5.260	(14 -10)	0.76	Ninguna
					8.367	(8)	1.14	
					13.30-33.62	(6 -2)	1.52	
					42.41-107.2	(1 - 4/0)	2.03	
					126.7-253.4	(250 - 500)	2.41	
					304.0-506.7	(600 - 1000)	2.79	
	THH W	75	Lugares secos y mojados.	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios.	2.082-5.260	(14 -10)	0.76	
					8.367	(8)	1.14	
					13.30 - 33.62	(6 -2)	1.52	
					42.41-107.2	(1 - 4/0)	2.03	
					126.7-253.4	(250 - 500)	2.41	
					304.0-506.7	(600 - 1000)	2.79	
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama	THH N	90	Lugares secos	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama.	2.082 - 3.307	(14 -12)	0.38	Cubierta de nylon o equivalente
					5.26	(10)	0.51	
					8.367 - 13.30	(8 - 6)	0.76	
					21.15 - 33.62	(4 -2)	1.02	
					42.41 - 107.2	(1 - 4/0)	1.27	
					126.7 - 253.4	(250 - 500)	1.52	
					304.0 - 506.7	(600- 1000)	1.78	

Nombre genérico	Tipo	Temp. Máx. de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño nominal		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
					mm ²	AWG-kcmil		
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor	XHH W	90	Lugares secos o mojados	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	2.082 - 5.260	(14 -10)	0.76	Ninguna
					8.367 - 33.62	(8 -2)	1.14	
		42.41 - 107.2	(1 - 4/0)		1.4			
		126.7 - 253.4	(250 - 500)		1.65			
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor	XHH W-2	75	Lugares mojados	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	304.0 - 506.7	(600-1000)	2.03	Ninguna
					126.7 - 253.4	(250 - 500)	1.65	
		42.41 - 107.2	(1 - 4/0)		1.4			
		8.367 - 33.62	(8 -2)		1.14			
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor	XHH W-2	90	Lugares secos y mojados	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	2.082 - 5.260	(14 -10)	0.76	Ninguna
					8.367 - 33.62	(8 -2)	1.14	
		42.41 - 107.2	(1 - 4/0)		1.4			
		126.7 - 253.4	(250 - 500)		1.65			
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor	XHH W-2	75	Lugares mojados	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	304.0 - 506.7	(600-1000)	2.03	Ninguna
					126.7 - 253.4	(250 - 500)	1.65	
42.41 - 107.2	(1 - 4/0)	1.4						
8.367 - 33.62	(8 -2)	1.14						

* Fuente NOM-001-SEDE-1999

II.B. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

Se entiende por canalizaciones eléctricas a los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores de manera que éstos queden protegidos contra deterioro mecánico y contaminación, además de proteger las instalaciones contra incendios por arcos eléctricos que se presentan en condiciones de corto circuito (Figura 27 y 28).

Los medios de canalización más comunes en las instalaciones eléctricas son:

- Tubos conduit
- Ductos
- Charolas

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

ELEMENTOS PARA CANALIZACION DE CONDUCTORES ELECTRICOS

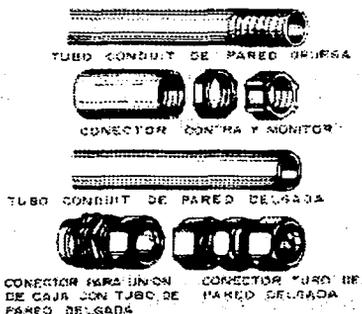


Figura 27: Tubo y conexiones conduit

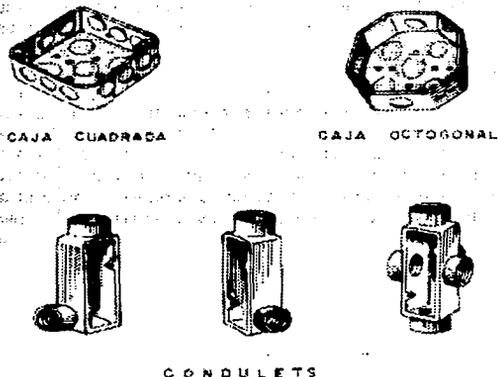


Figura 28: Cajas y condulets

II.B.1. TUBO CONDUIT

El tubo conduit es un tipo de tubo (de metal o plástico) usado para contener y proteger los conductores eléctricos usados en las instalaciones. Los tubos conduit metálicos pueden ser de aluminio, acero o aleaciones especiales, los tubos de acero a su vez se fabrican en los tipos pesado, semipesado y ligero, distinguiéndose uno de otro por el espesor de la pared. La norma NOM-001-SEDE-1999, permite el uso de diferentes tipos de tubo conduit, entre los cuales están:

- Tubo (conduit) no-metálico, Art.: 331

Un tubo (conduit) no-metálico es una canalización corrugada y flexible, de sección transversal circular, con acoplamientos, conectadores y accesorios integrados o asociados, aprobado para la instalación de conductores eléctricos. Está compuesto de un material resistente a la humedad, a atmósferas químicas y resistente a la propagación de la flama. Dicho tubo puede ser doblado a mano aplicando una fuerza razonable, pero sin herramientas. El tubo (conduit) no-metálico debe ser de material que no exceda las características de ignición, inflamabilidad, generación de humo y toxicidad del cloruro de polivinilo rígido (no-plasticado). Está permitido el uso de tubo (conduit) no-metálico y sus accesorios, en los siguientes casos:

1. En cualquier edificio que no supere tres pisos sobre el nivel de la calle.
2. En instalaciones expuestas que no estén sujetas a daño físico.
3. En instalaciones ocultas dentro de las paredes, pisos y techos

- Tubo (conduit) de polietileno, Art.: 332

El tubo (conduit) de polietileno es una canalización semi-rígida, lisa, con sección transversal circular y sus correspondientes accesorios aprobados para la instalación de conductores eléctricos. Esta compuesto de un material que es resistente a la humedad, y atmósferas químicas. Este tubo (conduit) no es resistente a la flama. Está permitido el uso de tubo (conduit) de polietileno y sus accesorios, en los siguientes casos:

1. En cualquier edificio que no supere los tres pisos sobre el nivel de la calle.
2. Embebidos en concreto colado, siempre que se utilicen para las conexiones accesorios aprobados para ese uso.
3. Enterrados a una profundidad no-menor a 50 cm condicionado a que se proteja con un recubrimiento de concreto de 5 cm de espesor como mínimo.

NOTA: Las temperaturas bajas pueden hacer que cierto tipo de tubo (conduit) no-metálicos se haga más quebradizo y, por tanto, más susceptible a daños por contacto físico.

- Tubo (conduit) no-metálico con cables preensamblados para usos subterráneos, Art.: 343

Tubo (conduit) no-metálico con cables pre-ensamblados para usos subterráneos; un ensamble hecho en fábrica de conductores o cables dentro de un tubo no-metálico de sección circular y paredes lisas. El tubo (conduit) no-metálico debe estar fabricado de un material resistente a la humedad y a los agentes corrosivos. También puede suministrarse en carretes sin que se dañe o se deforme y debe ser de resistencia suficiente para soportar el trato, como impactos o aplastamientos, tanto durante su manejo como durante su instalación, sin que sufran daños ni el tubo (conduit) ni los conductores. Se permite el uso de tubo (conduit) no-metálico con cables pre-ensamblados para usos subterráneos y sus accesorios en los siguientes casos:

1. En instalaciones directamente enterradas. Para los requisitos mínimos de cobertura.
 2. Empotrados o embebidos en concreto.
 3. En relleno de escoria.
 4. En instalaciones subterráneas sometidas a condiciones corrosivas severas y sujetas a productos químicos para los que el ensamble esté específicamente aprobado.
- Tubo (conduit) metálico tipo semipesado, Art.: 345

Un tubo (conduit) metálico tipo semipesado es una canalización metálica, de sección circular, con juntas, conectadores y accesorios integrados o asociados, aprobada para la instalación de conductores eléctricos. Se permite el uso de tubo (conduit) metálico tipo semipesado en todas las condiciones atmosféricas y en edificios de cualquier uso. Cuando sea posible, se debe evitar que haya en la instalación metales distintos en contacto para evitar la posibilidad de reacciones

galvánicas. Se permite utilizar tubo (conduit) metálico tipo semipesado como conductor de puesta a tierra del equipo. Además se permite instalar tubo (conduit) metálico tipo semipesado, codos, juntas y accesorios en concreto, en contacto directo con la tierra o en zonas sometidas a condiciones corrosivas graves, si están protegidos contra la corrosión y se juzgan adecuados para esas condiciones. También se permite la instalación de tubo (conduit) metálico tipo semipesado dentro o debajo del relleno de escoria en donde está sujeto a la humedad permanente, siempre y cuando esté embebido en concreto sin escorias, de espesor no-menor de 5 cm o que se coloque a no-menos de 50 cm por debajo del relleno o que se proteja contra la corrosión y se estime adecuado para esta condición.

- Tubo (conduit) metálico tipo pesado, Art.: 346

Se permite el uso de tubo (conduit) metálico tipo pesado (Figura 29) en todas las condiciones atmosféricas y en edificios de cualquier ocupación, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

1. Protegidos por esmalte. Si el tubo (conduit) y accesorios de metales ferrosos sólo están protegidos contra la corrosión por un esmalte, se permite su uso únicamente en interiores y en edificios no sometidos a condiciones corrosivas graves.
2. De otros metales. Cuando sea posible se debe evitar que haya metales distintos en contacto dentro de la misma instalación, para eliminar la posibilidad de reacción galvánica.
3. Protección contra la corrosión. Se permite instalar tubo (conduit), codos, acoplamientos y accesorios de metales ferrosos y no-ferrosos en concreto, en contacto directo con la tierra o en zonas sometidas a corrosión grave, si están protegidos contra la corrosión y se juzgan adecuados para esas condiciones.

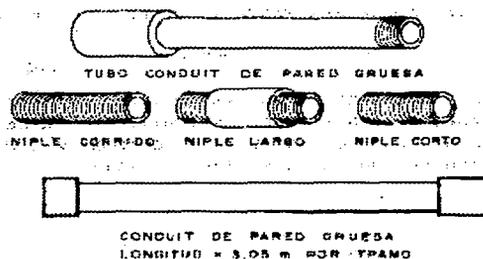


Figura 29: Tubo (conduit) metálico tipo pesado ó de pared gruesa

- **Tubo (conduit) rígido no-metálico, Art.: 347**

El tubo rígido no-metálico es una canalización de sección transversal circular de policloruro de vinilo (PVC) con accesorios aprobados para la instalación de conductores eléctricos. Debe ser de material resistente a la flama, a la humedad y a agentes químicos. Por encima del piso, debe ser además resistente a la propagación de la flama, resistente a los impactos y al aplastamiento, resistente a las distorsiones por calentamiento en las condiciones que se vayan a dar en servicio y resistente a las bajas temperaturas y a la luz del Sol. Para uso subterráneo, el material debe ser aceptablemente resistente a la humedad y a los agentes corrosivos y de resistencia suficiente para soportar impactos y aplastamientos durante su manejo e instalación. En instalaciones subterráneas se permite tubo (conduit) aprobado para este objetivo en longitudes continuas de un carrete. Cuando esté diseñado para enterrarlos directamente, sin empotrarlos en concreto, el material del tubo (conduit) debe ser además capaz de soportar las cargas continuas previstas para después de su instalación. Se permite el uso de tubo (conduit) rígido no-metálico tipo pesado o ligero aprobado y sus accesorios, en las siguientes condiciones:

1. Ocultos en paredes, pisos y techos.
2. En lugares expuestos a atmósferas corrosivas intensas, y sometidos a productos químicos para los que estén aprobados específicamente esos materiales.
3. Con relleno de escoria.
4. En instalaciones como centrales lecheras, lavanderías, fábricas de conservas u otros lugares mojados y en lugares en los que se laven frecuentemente las paredes, todo el sistema de conducción, incluidas las cajas y accesorios usados en ellos, deben estar instalados y equipados de manera que eviten que entre el agua en la tubería. Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, deben ser de material resistente a la corrosión o estar protegidos por materiales aprobados como resistentes a la corrosión.
5. En lugares secos y húmedos.
6. Para instalaciones expuestas no sometidas a daño físico, si están aprobados e identificados para dicho uso.
7. En instalaciones subterráneas.

NOTA: Las temperaturas extremadamente frías pueden hacer que algún tubo (conduit) rígido no-metálico tipo pesado o ligero se vuelva quebradizo y por tanto sea más susceptible a daños por contacto físico.

- **Tubo (conduit) metálico tipo ligero, Art.: 348**

Se permite el uso de tubo (conduit) metálico tipo ligero (Figura 30) en instalaciones expuestas y ocultas, sin embargo no se autoriza su uso en las siguientes condiciones:

1. Cuando durante su instalación o después pueda verse sometido a daño físico grave.
2. Cuando estén protegidas contra la corrosión sólo por un esmalte.

3. En concreto de escoria o relleno de escoria cuando estén sometidos a humedad permanente, si no están embebidos en concreto sin escoria de 51 mm de espesor mínimo o si la tubería no está como mínimo a 46 cm bajo el relleno.
4. En cualquier lugar peligroso.
5. Como soporte de aparatos u otros equipos, excepto de registros no mayores al tubo (conduit) de mayor tamaño nominal. Cuando sea posible, se debe evitar que haya metales distintos en contacto dentro de la misma instalación, para eliminar la posibilidad de reacción galvánica.

Se permite instalar tubo (conduit) metálico tipo ligero, codos, acoplamientos y accesorios de metales ferrosos o no-ferrosos en concreto, en contacto directo con la tierra o en zonas expuestas a ambientes corrosivos severos cuando estén protegidos contra la corrosión y se consideren adecuados para esas condiciones. Además se permite su instalación en lugares mojados. Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, deben ser de material resistente a la corrosión o estar protegidos por materiales resistentes contra la corrosión.

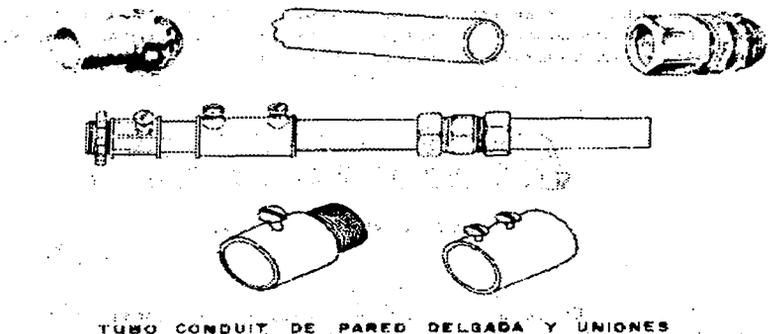


Figura 30: Tubo (conduit) metálico tipo ligero ó de pared delgada

- Tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero, Art.: 349

Se permite usar tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero en circuitos derivados usados en:

1. Lugares secos,
2. Lugares ocultos,
3. Lugares accesibles y
4. En instalaciones de 1,000 V máximo.

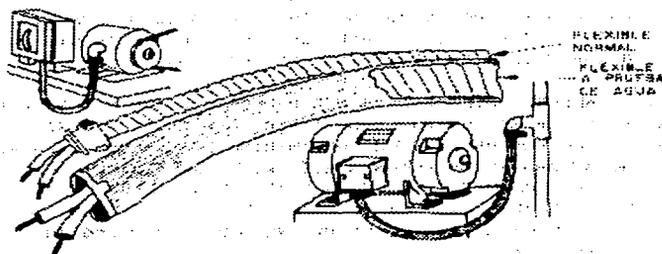
- Tubo (conduit) metálico flexible, Art.: 350

Un tubo (conduit) metálico flexible es una canalización de sección circular hecha de una banda metálica devanada helicoidalmente, preformada y engargolada. El tubo (conduit) metálico flexible se puede usar en lugares expuestos y ocultos.

- Tubo (conduit) flexible hermético a los líquidos metálico y no metálico, Art.: 351

Un tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos (Figura 31), es una canalización de sección circular que lleva una cubierta exterior hermética a los líquidos, no-metálica y resistente a la luz del Sol sobre un núcleo metálico flexible con sus acoplamientos, conectadores y accesorios y aprobado para la instalación de conductores eléctricos. Se permite usar tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos en instalaciones expuestas u ocultas:

1. Cuando las condiciones de instalación, funcionamiento o mantenimiento requieran flexibilidad o protección contra líquidos, vapores o sólidos.
2. En otros lugares peligrosos.
3. Enterrado directamente, cuando esté aprobado e identificado para ese uso.



TUBO CONDUIT FLEXIBLE USADO PARA CONEXION DE MOTORES

Figura 31: Tubo (conduit) flexible y flexible hermético.

II.B.1.a. CAJAS Y ACCESORIOS PARA CANALIZACIÓN CON TUBO CONDUIT

En los métodos modernos para instalaciones eléctricas se puede decir que todas las conexiones de conductores o uniones entre conductores se deben realizar en cajas de conexión aprobadas para tal fin y que deben estar instaladas en donde puedan ser accesibles para poder hacer cambios en el alumbrado. Por otra parte todos los apagadores y salidas para lámparas se deben encontrar alojados en cajas y en forma similar los contactos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.B.1.a.¿. CAJAS DE CONEXIÓN

Las cajas se construyen metálicas y de plástico según se usen para instalaciones con tubo conduit metálico o con tubo de pvc o polietileno. Las cajas metálicas se construyen de acero galvanizado de cuatro formas principalmente: cuadradas, octagonales, rectangulares y circulares. se fabrican de varios anchos, profundidades y perforaciones para acceso de tubería, hay perforaciones para acceso de tubería, hay perforaciones en las caras laterales y en el fondo. La norma NOM-001-SEDE-1999, autoriza el uso de los siguientes tipos de cajas:

- Cajas redondas. No se deben usar cajas redondas donde los tubos o conectadores requieran el uso de tuercas o boquillas para conectarse en un lado de la caja.
- Cajas no-metálicas. Sólo se permite utilizar cajas no-metálicas en alambrados expuestos, sobre aisladores, en alambrados ocultos sobre aisladores, con cables de recubrimiento no-metálico y con canalizaciones no-metálicas.
- Cajas metálicas. Todas las cajas metálicas deben estar puestas a tierra.
- Cajas de paso de radio reducido. Las cajas de paso, como los codos con tapas y los codos de entrada de acometidas dentro de los cuales se instalen conductores de tamaño nominal de 13.30 mm^2 (6 AWG) o menores, y que sólo estén previstos para completar la instalación de la canalización y los conductores contenidos en ella, no deben contener empalmes, salidas ni dispositivos y deben ser de tamaño suficiente como para dejar espacio libre para todos los conductores incluidos en ellos.

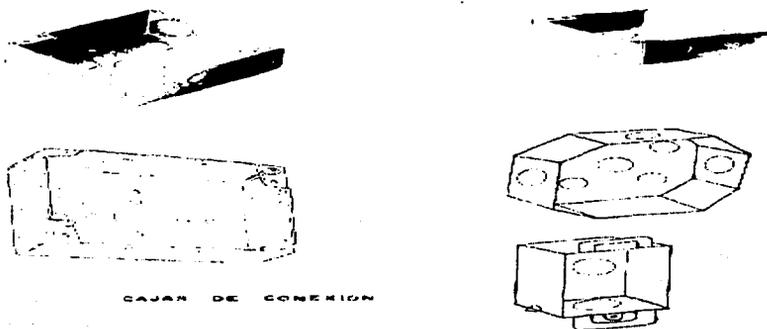


Figura 32: Caja de conexión.

II.B.1.a. *ll*. CONDULETS

Los condulets se fabrican en tres tipos distintos principalmente:

- Ordinario
- A prueba de polvo y vapor
- A prueba de explosión

Por otra parte las cajas de los condulets pueden ser:

- De paso: tapa ciega
- De cople exterior: tapa con niple macho
- De contacto: tapa de contacto doble ó sencillo.

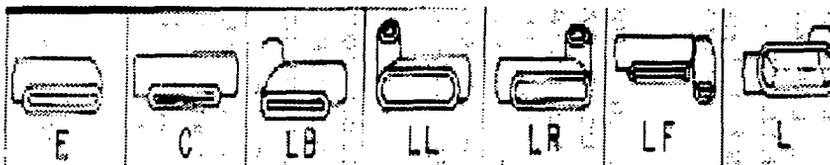


Figura 33: Condulets más comunes con su designación.

II.B.2. DUCTOS

Los ductos son otros medios de canalización de conductores eléctricos que se usan sólo en las instalaciones eléctricas visibles debido a que no se pueden montar embutidos en pared o dentro de lazos de concreto. Se fabrican de canales de lámina de acero de sección cuadrada o rectangular con tapas atomilladas y su aplicación se encuentra en instalaciones industriales y laboratorios. Los conductores se llevan dentro de los ductos en forma similar al caso de los tubos conduit y se pueden usar para circuitos alimentadores y circuitos derivados y su uso no está restringido ya que se puede emplear también a edificios multifamiliares y de oficinas, su instalación requiere de algunas precauciones, como por ejemplo, que no existan tuberías de agua cercanas, o bien, se restringe su uso en áreas catalogadas como peligrosas. Los ductos ofrecen ventajas en comparación con los tubos conduit debido a que ofrecen mayor espacio para alojar conductores, y son más fáciles de alambrar esto en sistemas menores de distribución en donde por un mismo ducto se pueden tener circuitos múltiples, ofreciendo además la ventaja de ser fácil de alambrar, teniéndose un mejor aprovechamiento de la capacidad conductiva de los conductores al tener mejor disipación de calor, tienen la desventaja de que requieren de mayor mantenimiento, se permiten un máximo de 30 conductores hasta ocupar un 20% del interior del ducto, en el caso de empalmes o derivaciones puede ser hasta un 15%. En la Tabla 6 se muestra comparativamente la capacidad de conducción de corriente con respecto al tubo conduit.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Número de conductores	Capacidad de corriente permitida en conduit en %	Capacidad de corriente permitida en ductos en %
1-3	100	100
4-6	80	100
7-24	70	100
25-30	60	100
31-32	60	100
43 ó más	50	100

* Fuente NOM-001-SEDE-1999

Tabla 6: Capacidad de corriente en conductores en tubo conduit y ductos

El empleo de ductos en las instalaciones industriales, de laboratorios, edificios de viviendas o edificios de oficinas tienen ventajas como:

- Fácil de instalar.
- Se surte en tramos de diferentes medidas lo que hace versátil su instalación.
- Se tiene facilidad y versatilidad para la instalación de conductores dentro del ductos teniendo la posibilidad de agregar más circuitos a las instalaciones ya existentes.
- Los ductos son 100% recuperables cuando se modifican las instalaciones y se vuelven a usar.
- Son fáciles de abrir y conectar derivaciones para alumbrado o fuerza.
- Se tiene ahorro en herramienta ya que no es necesario usar tarrajas, dobladora de tubo, etc.
- Facilitan la ampliación en las instalaciones eléctricas.

II.B.3. CHAROLAS

La norma NOM-001-SEDE-1999, define a las charolas como una unidad o conjunto de unidades o secciones y accesorios, que forman un sistema estructural rígido utilizado para soportar cables y canalizaciones. Los soportes tipo charola para cables no se limitarán a los establecimientos industriales y la norma permite su uso en los siguientes casos:

- 1) Cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral.
- 2) Tubo (conduit) no-metálico.
- 3) Cables blindados.
- 4) Cables con cubierta metálica.
- 5) Cables con cubierta no-metálica.
- 6) Cables multiconductores para entrada de acometida.
- 7) Cables multiconductores para alimentadores subterráneos y circuitos derivados.
- 8) Cables de energía y control para uso en soporte tipo charola.
- 9) Cables de instrumentos para uso en soporte tipo charola.
- 10) Cables de baja energía para uso en soporte tipo charola.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- 11) Otros cables multiconductores de energía, señales y control montados en fábrica, específicamente aprobados para su instalación en soportes tipo charola para cables.
- 12) Cables monoconductores tipos THW-LS, THHW-LS, XHHW-LS para interiores o exteriores donde se requiera mayor protección contra la propagación de incendio y de baja emisión de humos. Cuando no se requieran las características anteriores pueden usarse conductores con aislamiento tipo THHN y THWN.
- 13) Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
- 14) Tubo (conduit) metálico tipo pesado.
- 15) Tubo (conduit) no-metálico tipo pesado.
- 16) Tubo (conduit) metálico tipo ligero.
- 17) Tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero.
- 18) Tubo (conduit) metálico flexible uso general.
- 19) Cables de fibra óptica.
- 20) Tubo (conduit) flexible hermético a los líquidos metálico y no-metálico.

Cuando los conductores o cables del listado anterior quedan expuestos a los rayos directos del sol, deben ser aprobados como resistentes a los rayos solares.

En instalaciones industriales, las charolas se pueden utilizar cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que el sistema de soporte tipo charola para cables es atendido sólo por personas calificadas, además se permite instalar cualquiera de los siguientes cables en soporte tipo charola para cables, en los tipos escalera, malla o de fondo ventilado.

- Cables monoconductores. Los cables monoconductores deben ser de 21.15 mm^2 (4 AWG) o mayor y de un tipo aprobado para su uso en soportes tipo charola para cables. Cuando se instalen cables monoconductores de tamaño nominal de 53.48 mm^2 (1/0 AWG) a 107.2 mm^2 (4/0 AWG) en soportes tipo escalera, la separación de los travesaños debe ser de 23 cm, como máximo. Cuando se instalen cables monoconductores de tamaño nominal menores a 53.48 mm^2 (1/0 AWG) y hasta 21.15 mm^2 (4 AWG) en soportes tipo escalera, la separación de los travesaños debe ser de 15 cm, como máximo.
- Multiconductores. Los cables multiconductores de tipo MV, cuando estén expuestos directamente al Sol, deben estar aprobados e identificados como resistentes a los rayos solares.
- Se permite utilizar soportes tipo charola no-metálicos para cables en zonas corrosivas y en las que requieran aislamiento a la tensión eléctrica.

En el uso de charolas se tienen aplicaciones parecidas a las de los ductos con algunas limitantes propias de los lugares en que se hace la instalación. En cuanto a la utilización de charolas se dan las siguientes recomendaciones:

- Procurar alinear los conductores de manera que guarden siempre la misma posición relativa en todo el trayecto de la charola, especialmente los de grueso calibre.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- En el caso de muchos conductores delgados es conveniente hacer amarres a intervalos de 1.5 a 2.0 m aproximadamente, procurando colocar etiquetas de identificación cuando se traten de conductores de varios circuitos, en el caso de conductores de calibre grueso los amarres se pueden hacer cada 2.0 ó 3.0 m.
- En la fijación de conductores que vayan a través de charolas por trayectorias verticales muy largas es recomendable que los amarres se hagan con abrazaderas especiales en lugar de usar hilo de cáñamo.

De acuerdo con las normas técnicas para instalaciones eléctricas en ductos verticales (también aplicable a charolas) los conductores deberán estar sostenidos a intervalos no mayores que los indicados en la Tabla 7:

Tabla 7: Sostén de conductores en ductos verticales

Calibres	Separación de sostenes
Hasta calibre 1/0	30m.
Hasta calibre 4/0	25m.
Hasta calibre 350 MCM	18m.
Hasta calibre 500 MCM	15m.
Hasta calibre 150 MCM	2m.

* Fuente NOM-001-SEDE-1999

Una variante de los ductos en donde se alojan los conductores que llevan corriente, son los llamados electroductos en donde los conductores son barras ya integradas en fábrica para ser armados en la obra y se usan por lo general, para la conducción de grandes corrientes, por ejemplo del orden de 4,000 amperes. Se fabrican en una gran variedad de estilos incluyendo los llamados enchufables o atornillables su uso se da en los mismos casos de aplicación de los ductos.

II.C. NÚMERO DE CONDUCTORES POR CANALIZACIÓN

Como se mencionó, los conductores en las instalaciones eléctricas se encuentran alojados ya sea en tubos conduit o en otros tipos de canalizaciones, se explicó también que los conductores están limitados en su capacidad de conducción de corriente por el calentamiento, a su vez el aislamiento con el que cuentan, presenta limitaciones de tipo térmico, debido a las restricciones que se tienen en la disipación de calor.

II.C.1. NÚMERO DE CONDUCTORES EN UN TUBO CONDUIT

Debido a estas restricciones térmicas, el número de conductores dentro de un tubo conduit se limita de manera tal que permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit, facilitando su alojamiento y manipulación durante la instalación. Para obtener la cantidad de aire necesaria para disipar el calor, se debe establecer la relación adecuada entre la sección del tubo y la de los conductores, para esto se procede en la forma siguiente:

- Si A es el área interior del tubo en mm^2 o plg^2 y A_c es el área total de los conductores en mm^2 o plg^2 , el factor de relleno se expresa como:

$$F = \frac{A_c}{A} \dots\dots\dots \text{Fórmula 33}$$

Este factor de relleno tiene los siguientes valores establecidos para instalaciones en tubos conduit (Tabla 8):

Tabla 8: Factores de relleno establecidos según NOM-001-SEDE-1999, para instalaciones eléctricas en tubo conduit.

Número de conductores	Uno	Dos	Más de dos
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

* Fuente NOM-001-SEDE-1999

La Tabla 8 se basa en las condiciones más comunes de cableado y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables están dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los conductos.

La norma NOM-001-SEDE-1999, menciona que en el cálculo del factor de relleno para tubo conduit, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Para calcular el por ciento de ocupación de los cables en tubo (conduit), se debe tener en cuenta los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando se utilicen. En los cálculos se debe utilizar la dimensión real y total de los conductores, tanto si están aislados como desnudos.
2. Cuando entre las cajas, gabinetes y envolventes similares se instalan tramos de tubo (conduit) cuya longitud total no supera 60 cm., se permite que esos tramos estén ocupados hasta 60% de su sección transversal total.
3. Cuando se calcula el número máximo de conductores permitidos en tubo (conduit), todos del mismo tamaño (incluido el aislamiento), si los cálculos del número máximo de conductores permitido dan un resultado decimal de 0,8 o superior, se debe tomar el número inmediato superior.
4. Para calcular el por ciento de ocupación en tubo (conduit), un cable de dos o más conductores se considera como un solo conductor. Para cables de sección transversal elíptica, el cálculo del área de su sección transversal se hace tomando el diámetro mayor de la elipse como diámetro de un círculo.
5. Cuando se instalen tres conductores o cables en la misma canalización, si la relación entre el diámetro interior de la canalización y el diámetro exterior del cable o conductor está entre 2.8 y 3.2, se podrían obstruir los cables dentro de la canalización, por lo que se debe instalar una canalización de tamaño inmediato superior.



Tabla 9. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores propuestos por la NOM-001-SEDE-1999.

Tamaño nominal mm	Diámetro interior mm	Área interior total mm ²	Área disponible para conductores mm ²		
			Uno conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de dos conductores fr = 40%
16 (1/2)	15.8	196	103	60	78
21 (3/4)	20.9	344	181	106	137
27 (1)	26.6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35.1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40.9	1313	697	407	526
53 (2)	52.5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62.7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77.9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90.1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102.3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128.2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154.1	18639	9879	5778	7456

* Fuente NOM-001-SEDE-1999

Para tubo (conduit) flexible metálico o no-metálico y para tubo (conduit) de PVC y de polietileno, los cálculos deberán basarse en las dimensiones interiores reales proporcionadas por el fabricante o indicadas en la norma de producto.

II.C.2. NÚMERO DE CONDUCTORES DUCTOS METÁLICOS Y NO-METÁLICOS CON TAPA

Los ductos no deben contener más de 30 conductores de fase en ninguna parte. No se consideran conductores de fase los de circuitos de señalización o los conductores de control y su controlador, utilizados únicamente para el arranque del motor.

La suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en cualquier lugar del ducto no debe superar 20% del área de la sección transversal interior del mismo. No se deben aplicar los factores de corrección de las Tablas 2 y 3 de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2,000 V, a los 30 conductores de fase que ocupen 20% del espacio.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

II.D. APLICACIÓN

A continuación se presenta una aplicación de lo expuesto en este capítulo:

Descripción del problema:

Se desea iluminar un andador al aire libre de 20 m de largo por 3 m de ancho, para ello previamente se han seleccionado 6 lámparas de vapor de sodio de 150 W cada una, la distancia entre ellas empezando por la última es de 8 m, 10 m, 10 m, 10 m, 8 m y la distancia del tablero a la primera es de 30 m, una además se establece una alimentación de 127 V y según la norma se permite una caída de potencial del 3%, se desea usar poliducto conduit como canalización (Figura 34).

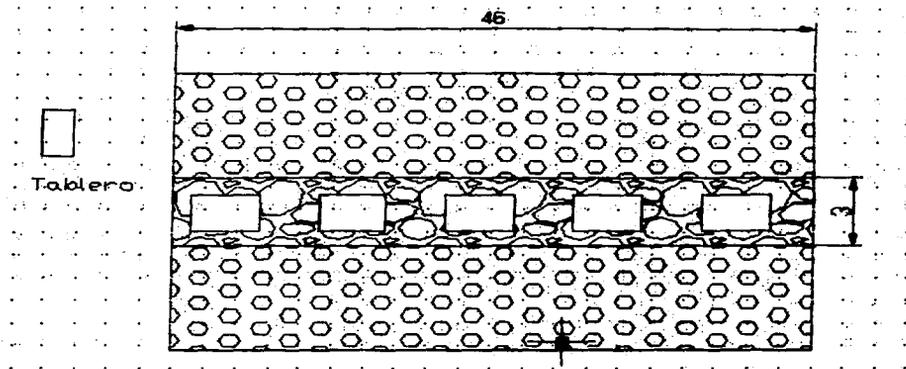


Figura 34: Andador a iluminar

Para calcular la potencia total, se utiliza la fórmula:

$$P = 6 \times 150 = 900 \text{ [Watts]}$$

Por lo tanto la corriente es de:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{900}{127} = 7.087 \text{ [Amps]}$$

Por lo que según la Tabla 2 se pueden utilizar conductores calibre 12 AWG. Para obtener la caída de voltaje en un circuito de corriente constante como el presente circuito, podemos utilizar la Fórmula 27 y obtener la sección del conductor de la Tabla 4:

$$e = \frac{2(2)}{127^2} \left[\frac{1(8)(150)}{3.3071} + \frac{2(10)(150)}{3.307} + \frac{3(10)(150)}{3.307} + \frac{4(10)(150)}{3.307} + \frac{5(8)(150)}{3.307} + \frac{6(30)(150)}{3.307} \right]$$

Factorizando la ecuación se tiene:

$$e = \frac{2(2)(150)}{127^2 \times (3.307)} [(1)(8) + ((2)(10)) + ((3)(10)) + ((4)(10)) + ((5)(8)) + ((6)(30))] = 3.57\%$$

Dicha caída de potencial es mayor que la permitida, por lo que se debe optar por uno de dos caminos, el primero cambiar todo el conductor por uno de mayor tamaño y el segundo cambiar en una o varias secciones del circuito la sección del conductor por una de mayor tamaño. En este ejemplo se selecciona el segundo caso, cambiando el tamaño del conductor de la sección del tablero a la primer lámpara por un conductor calibre 10 AWG, obteniendo:

$$e = \frac{2(2)}{127^2} \left[\frac{1(8)(150)}{3.307} + \frac{2(10)(150)}{3.307} + \frac{3(10)(150)}{3.307} + \frac{4(10)(150)}{3.307} + \frac{5(8)(150)}{3.307} + \frac{6(30)(150)}{5.26} \right]$$

Factorizando la ecuación se obtiene:

$$e = \frac{2(2)(150)}{127^2(3.307)} [(1)(8) + ((2)(10)) + ((3)(10)) + ((4)(10)) + ((5)(8))] + \frac{2(2)(150)(6)(30)}{5.26(127^2)} = 2.82\%$$

Caída que resulta aceptable.

Con respecto a la canalización se tienen dos conductores de diferente calibre, por lo que se selecciona el de mayor calibre, es decir el de calibre 10 AWG. Según la Tabla 8, el factor de relleno para 2 conductores en tubo conduit es del 31% y en la Tabla 4 se especifica que un conductor calibre 10 AWG tiene un área total de 2.70 mm², utilizando la Fórmula 33 para calcular el área interior de tubo conduit a utilizar tenemos:

$$A = \frac{Ac}{F} = \frac{2(2.70)}{0.31} = 17.42 \text{ mm}^2$$

Con el resultado anterior buscamos un tubo conduit con mayor o igual área disponible en la Tabla 9, encontrando que un tubo conduit de 16 mm (1/2") satisface los requerimientos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo III

Iluminación

Desde la primera lámpara de Edison, hace ya más de 100 años, se ha ido acumulando una gran experiencia en el campo de la iluminación, que considera como una parte muy importante en el conjunto de la electricidad moderna. A lo largo de estos años se han descubierto nuevos tipos de lámparas a las que se han ido adaptando una serie de componentes y aparatos auxiliares, tales como casquillos, portalámparas, reactancias, etc.

III.A. ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

Un sistema de iluminación debe producir luz en cantidad y calidad suficiente para que se ejerzan las funciones deseadas en el espacio iluminado. La cantidad y la calidad del alumbrado debe considerar los siguientes factores:

- a) Rendimiento o eficacia visual.
- b) Bienestar y placer visuales.
- c) Economía.

En cada caso particular, estos factores podrán tener prioridades diferentes. En cuanto a la cantidad de luz, el valor fundamental a fijar en el proyecto, es el nivel de iluminación o iluminancia. En la curva de la Figura 27 se indica la variación de la iluminancia media en una instalación, después de un cierto número de horas de utilización. Esta curva permite definir tres valores de iluminancia media:

- 1° *Iluminación media inicial*.- Es la obtenida en el momento de la puesta en servicio de la instalación.
- 2° *Iluminación media en servicio*.- Es la que corresponde a la obtenida entre el momento inicial y la intervención para el mantenimiento (es la más utilizada).
- 3° *Iluminación media mínima*.- Es la que se obtiene en el momento en que se interviene con el mantenimiento.

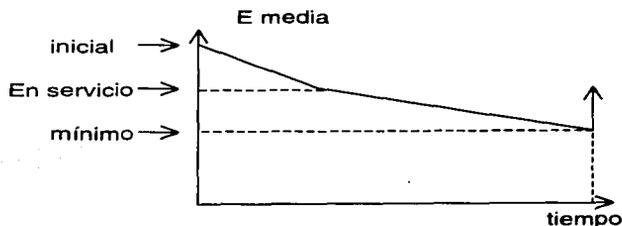


Figura 35: Iluminación media de una instalación

Existen otras series de factores que inciden en los aspectos cualitativos o en el grado de calidad de la instalaciones de alumbrado. Estas son:

- a) Distribución de luminancias en el campo visual.
- b) Deslumbramiento.
- c) El modelado.

Donde el equilibrio de luminancias dentro del campo visual es un factor importante en cuanto a la calidad de la visión y el confort de las personas, por lo que las luminarias a instalar se fijarán según su clase fotométrica, así como las características de la reflexión de la tarea y su entorno.

Para el deslumbramiento que es una alteración de proceso de visión provocada por un estímulo excesivo, como puede ser una fuente de luz de alta luminancia. Se denomina directo o reflejado, atendiendo a que la fuente de luz sea primaria (lámparas, luminarias, ventanas, etc.) o secundaria (reflexión en superficies de alta reflectancia). El control de deslumbramiento mediante materiales translúcidos o mediante apantallamiento, condicionará el tipo de lámparas y luminarias a utilizar.

Y por último el modelado que es la capacidad del sistema de iluminación de captar el relieve de los objetos, esto se consigue mediante la apropiada combinación de luz difusa y luz direccional.

Además de estas características en cuanto a cantidad y calidad, el sistema de iluminación debe ser *eficaz energéticamente*, y para ello deben considerarse los siguientes aspectos:

- a) Diseñar correctamente los sistemas de iluminación, con el objeto de obtener de la forma más eficaz posible el nivel de iluminación deseado.
- b) Utilizar la fuente de luz, idónea para cada aplicación que sea más eficaz.
- c) Utilizar luminarias eficaces lumínicamente.
- d) Conservar en perfecto estado el equipo de alumbrado, con programas de mantenimiento adecuados.
- e) Utilizar racionalmente la instalación de alumbrado, mediante controles apropiados.

Un sistema ideal de *control* sería aquel que proporcionase suficiente luminancia para que la tarea se realice con suficiente confort, comodidad y seguridad, durante el tiempo que se realice la misma.

III.B. LÁMPARAS ELÉCTRICAS

Los tipos de dispositivos de iluminación eléctrica utilizados con mayor frecuencia son las lámparas incandescentes, las lámparas fluorescentes y los distintos modelos de lámparas de arco y de vapor por descarga eléctrica.

Si una corriente eléctrica pasa a través de cualquier conductor que no sea perfecto, se consume una determinada cantidad de energía que aparece en forma de calor en el conductor. Por lo tanto cualquier cuerpo caliente despedirá una cierta cantidad de luz a temperaturas superiores a los 525° C, un conductor que se calienta por encima de dicha temperatura mediante una corriente eléctrica actuará como fuente luminosa.

Las lámparas de descarga eléctrica dependen de la ionización y de la descarga eléctrica resultante en vapores o gases a bajas presiones en caso de ser atravesados por una

corriente eléctrica. Los ejemplos más representativos de este tipo de dispositivos son las lámparas de arco rellenas con vapor de mercurio (lámparas de vapor de mercurio), que generan una intensa luz azul verdosa y que se emplean para fotografía e iluminación de carreteras, así como las lámparas de neón, utilizadas para carteles decorativos, publicitarios y escaparates. En las más modernas lámparas de descarga eléctrica se añaden otros metales al mercurio y al fósforo de los tubos o ampollas para mejorar el color y la eficacia. Los tubos de cerámica translúcida, similar al vidrio, han permitido fabricar lámparas de vapor de sodio de alta presión con una potencia luminosa sin precedentes.



Figura 36: antigua lámpara de vacío

La lámpara fluorescente es otro tipo de dispositivo de descarga eléctrica con aplicaciones generales en iluminación. Es una lámpara de vapor de mercurio de baja presión contenida en un tubo de vidrio, revestido en su interior con un material fluorescente como el fósforo. La radiación del arco de la lámpara de vapor hace que el fósforo se torne fluorescente. La mayor parte de la radiación del arco es luz ultravioleta invisible, pero esta radiación se convierte en luz visible al excitar al fósforo. Las lámparas fluorescentes cuentan con una serie de ventajas importantes. Si se elige el tipo de fósforo adecuado, la luz que generan estos dispositivos puede ser de calidad similar a la luz solar. Además, su eficacia es muy elevada. Un tubo fluorescente que consume 40 vatios de potencia genera tanta luz como una bombilla incandescente de 150 vatios. Debido a su potencia luminosa, las lámparas fluorescentes producen menos calor que las incandescentes para generar una luminosidad semejante.

Un avance en el campo de la iluminación eléctrica es el uso de la luminiscencia, que da lugar a la llamada iluminación de paneles. En este caso, las partículas de fósforo se hallan suspendidas en una fina capa de material aislante, por ejemplo, plástico. Esta capa se intercala entre dos placas conductoras, una de las cuales es una sustancia translúcida, como el vidrio, revestida en su interior con una fina película de óxido de estaño. Como los dos conductores actúan como electrodos, el fósforo se ilumina al ser atravesado por una corriente alterna. Los paneles luminiscentes se utilizan en una amplia variedad de objetos: para iluminar relojes y sintonizadores de radio, para destacar los peldaños o los pasamanos de las escaleras y para generar paredes luminosas. Sin embargo, el uso de la iluminación de paneles está limitado por el hecho de que las necesidades de corriente para grandes instalaciones son excesivas.

Se han desarrollado una serie de tipos diferentes de lámparas eléctricas para fines específicos, como la fotografía y el alumbrado de alta intensidad. En general, estas lámparas han sido diseñadas de manera que puedan actuar como reflectores al ser revestidas de una capa de aluminio. Un ejemplo es la utilizada en fotografía, una lámpara incandescente que funciona a una temperatura superior a la normal para obtener una mayor emisión de luz. Su vida útil está limitada a 2 ó 3 horas, frente a las 750 a 1,000

horas que dura una lámpara incandescente normal. Las lámparas utilizadas para fotografía de alta velocidad generan un único destello (flash) de luz de alta intensidad que dura escasas centésimas de segundo. Entre los fotógrafos cada vez es más popular la lámpara estroboscópica de descarga de gas a alta velocidad conocida como flash electrónico.

III.C. LÁMPARAS INCANDESCENTES

Una bombilla o lámpara incandescente está formada por un filamento de material de punto de fusión muy elevado dentro de una ampolla de vidrio, en cuyo interior se ha hecho el vacío o está llena de un gas inerte. Se deben utilizar filamentos con puntos de fusión elevados porque la proporción entre la energía luminosa y la energía térmica generada por el filamento aumenta a medida que se incrementa la temperatura, obteniéndose la fuente luminosa más eficaz a la temperatura máxima del filamento. En las

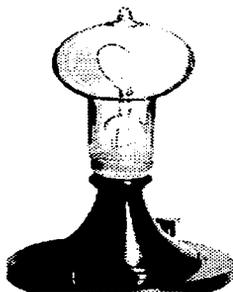


Figura 37: Lámpara incandescente

primeras lámparas incandescentes se utilizaban filamentos de carbono, aunque las modernas se fabrican con hilos muy finos de wolframio o tungsteno, con un punto de fusión de $3,410^{\circ}\text{C}$. El filamento debe estar al vacío o en una atmósfera inerte, ya que de lo contrario reaccionaría químicamente con el entorno al calentarse. El uso de gas inerte en lugar de vacío en estas lámparas tiene como ventaja una evaporación más lenta del filamento, lo que prolonga la vida de la lámpara. La mayoría de las lámparas incandescentes modernas se rellenan con una mezcla de argón y gases halógenos, o bien con una pequeña cantidad de nitrógeno o de criptón. La sustitución de las ampollas de vidrio por tubos compactos de vidrio de cuarzo fundido han permitido cambios radicales en el diseño de las lámparas incandescentes.

III.C.1. INCANDESCENTE CONVENCIONALES

Las lámparas incandescentes generan luz como consecuencia del paso de corriente a través de un filamento conductor, de modo que su temperatura se eleve, dando origen a la emisión por termo radiación. Una gran parte de la energía eléctrica absorbida por la lámpara se pierde en calor, lo que da lugar a una eficacia luminosa muy reducida (10-20 lm/W).

Los componentes más significativos de este tipo de lámparas son:

a) *Filamento.*- Fabricado de tungsteno (wolframio), que tiene un punto de fusión de $3,653^{\circ}\text{K}$; sin embargo, su temperatura de funcionamiento es bastante más reducida (generalmente inferior a $3,000^{\circ}\text{K}$) para asegurar una duración adecuada. El factor que condiciona la vida del filamento es la evaporación que se produce degradando sus condiciones iniciales. Además, el tungsteno volatizado se deposita sobre la pared interna de la ampolla ennegreciéndola, lo que reduce el flujo luminoso emitido.

Las ejecuciones habituales de filamento son el hilo, en espiral y doble espiral, con el objeto de incrementar la superficie de radiación.

b) Ampolla.- En general, de vidrio soplado, aunque existen estándar especiales de vidrio prensado (lámparas PAR). Su misión es aislar el filamento del medio ambiente y, al mismo tiempo, permitir la evacuación del calor generado por aquél. Dentro de la amplia variedad existente, las formas más comunes son:

- a) Estándar (pera).
- b) Esférica.
- c) Globo.
- d) Vela.
- e) Tubular
- f) Elíptica (reflectores de vidrio soplado) y
- g) PAR (Parabolic Aluminized Reflector) constituida por dos piezas de vidrio prensado, una de ellas con recubrimiento reflector (aluminio) y, la otra, una lente que permite dirigir el flujo luminoso en un haz ancho (extensiva) o estrecho (intensiva).

En cuanto a la transparencia, las ampollas pueden ser:

- a) Clara.
- b) Mateada.
- c) Opalizada.

Estas dos últimas producen una disminución del flujo luminoso (1 y 8%, respectivamente) pero consiguen reducir de manera significativa la luminancia de la lámpara clara y, por lo tanto, su deslumbramiento.

c) Gas de llenado.- Las lámparas de potencia inferior a 2 W son de vacío; para las potencias superiores, con objeto de atenuar la volatilización de tungsteno del filamento, se emplean como gases de llenado:

- a) Argón.
- b) Criptón.
- c) Xenón.

Todos ellos mezclados con nitrógeno.

d) Casquillo.- Entre los diversos tipos existentes, destacan:

- a) E, rosca Edison.
- b) B, bayoneta o Swan.

Ambos tipos se constituyen en diversos tamaños normalizados.

III.C 1.a. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

El encendido en este tipo de lámparas es a cualquier tensión de red y para dicho encendido no precisan equipos auxiliares y tanto el encendido como el reencendido son instantáneos, presentan una sobre intensidad de encendido del orden de 10-15 veces la intensidad nominal.

Un incremento de la tensión de alimentación ocasiona mayor flujo luminoso (lm), mayor potencia absorbida (W), mayor eficacia luminosa, puesto que el incremento del flujo es superior al de la potencia (lm/W) y menor duración (h). Las disminuciones de la tensión por debajo del valor nominal produce el efecto contrario.

La temperatura del colores del orden de $2,700^{\circ}K$ (cálida) y su índice de rendimiento de color es del 100%

La duración en las lámparas de incandescencia el concepto de duración que se maneja es el de vida media, que corresponde al tiempo esperable de ruptura del filamento.

La vida media, según tipos de lámparas, es de:

- 1,000 horas, estándar y reflectoras de vidrio soplado.
- 2,000 horas, reflectoras PAR.

III.C.1.b. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS

Lámparas estándar:

a) **Tabla 10:** Lámparas de ampolla clara, con tensión de alimentación de 220 V.

<i>Potencia (W)</i>	<i>Flujo luminoso (lm)</i>	<i>Eficacia luminosa (lm/w)</i>
25	250	10
40	430	10.75
60	730	12
75	960	12.8
100	1,380	13.8
150	2,200	14.7
200	2,950	14.8
300	4,750	15.8
500	8,400	16.8
750	13,400	17.8
1,000	18,800	18.8
1,500	30,000	20
2,000	40,000	20

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

b) **Tabla 11:** Lámparas reflectoras de vidrio soplado.

<i>Potencia (W)</i>	<i>Diámetro (mm)</i>	<i>Flujo luminoso (lm)</i>
25	50	180
30	39	220
40	50-80	320
60	80	530
75	80	730
100	80	1,080
150	95-125	1,520
300	125	3,300

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

c) **Tabla 12:** Lámparas reflectoras de vidrio prensado (PAR).

<i>Potencia (W)</i>	<i>Flujo luminoso (lm)</i>	<i>Sustituye a (W)</i>
60	600	75
80	800	100
120	1,200	150

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

III.C.1.c. VENTAJAS

Sus ventajas más importantes son:

- Bajo precio.
- Sencillez de funcionamiento e instalación y ausencia de equipos auxiliares.
- Encendido y reencendido instantáneo.
- Ausencia de efecto estroboscópico.
- Excelente rendimiento de color.
- Gama amplia de potencias y tensiones de alimentación.

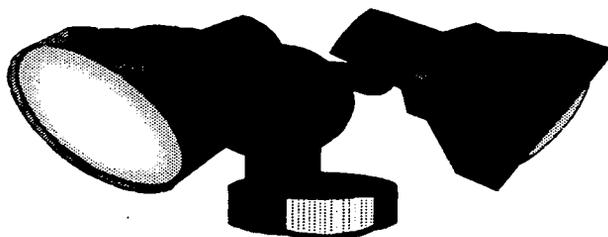


Figura 38: Lámparas reflectoras

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

III.C.1.d. LIMITACIONES

Sus limitaciones más importantes son:

- a) Reducida eficacia luminosa que, en general, hace inviable su aplicación cuando se desea altos niveles de iluminación.
- b) Poca adaptabilidad a sistemas de iluminación por proyección, incluso con lámparas reflectoras.
- c) Escasa duración.
- d) Aportación de calor considerable, a tener en cuenta en instalaciones que requieren gran número de puntos de luz.

Los perfeccionamientos más espectaculares en lámparas incandescentes ya han tenido lugar, llegando a duplicar su eficacia luminosa que van desde nuevas formas de ampollas (meramente comercial), nuevas lámparas reflectoras (con doble reflexión reduciendo su ángulo de apertura), lámparas de neodimio (contienen óxido de neodimio que absorbe gran parte de la radiación amarillo-naranja del espectro visible), etc.

III.C.2. INCANDESCENTES DE HALÓGENO

Esencialmente son lámparas incandescentes que contienen un aditivo de halógeno o compuesto halogenado (generalmente yodo). La acción del yodo consiste combinarse con el tungsteno vaporizado del filamento, en las proximidades de la ampolla (a temperaturas superiores a 250°C) formando un yoduro de tungsteno, que se disocia al aproximarse al filamento (a temperaturas superiores a 2,000°C).

Esta doble reacción química tiene un triple efecto regenerador:

- a) Retorno de tungsteno vaporizado al filamento.
- b) Limpieza del interior de la ampolla al evitar el depósito de partículas de tungsteno (mantenimiento del flujo luminoso).
- c) El incremento de la duración de la lámpara.

El filamento trabaja a mayor temperatura que en las lámparas convencionales, lo que se traduce en una mayor emisión luminosa, con una mejora sustancial de la eficacia (20 lm/W) y una mayor temperatura de color.

Los componentes más significativos de este tipo de lámparas son:

a) *Filamento.*- Tungsteno como en las convencionales, montado en sentido longitudinal en el eje de la lámpara. Su temperatura de funcionamiento es más alta (superior a los 3,000°K).

b) *Ampolla.*- De cuarzo, capaz de soportar altas temperaturas que requiere el ciclo de halógeno. Esta ampolla puede ser accesible (lámparas de cuarzo-yodo) o estar situada en el interior de la otra ampolla de vidrio normal (lámpara de doble envoltura) que aporta ventajas en cuanto a la posición de funcionamiento y manipulación de la lámpara. La forma de la ampolla es tubular (cilíndrica), y en general, se emplea la ampolla clara aunque existen versiones mateadas y opalizadas.

c) *Gas de llenado*.- Las reducidas dimensiones de este tipo de lámparas permite la utilización de gases inertes de mayor precio, básicamente criptón y xenón (también se emplea el argón como en las convencionales). En las de doble envoltura se emplea nitrógeno como gas de llenado entre las dos ampollas.

d) *Casquillo*.- Los más frecuentes son:

- a) Cerámicos (R), en las de cuarzo-yodo.
- b) Edison (E), en las doble envoltura.
- c) Espigas (G) o Bayoneta (B) en las de baja tensión.

III.C.2.a. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

En cuanto al encendido se pueden considerar similares a las convencionales.

Variaciones de tensión.- Una alimentación continua de tensión reducida, por ejemplo, mediante el empleo de reguladores de flujo, pueden reducir sensiblemente la vida de la lámpara al no verificarse correctamente el ciclo del halógeno.

Su duración en vida media es de 2,000 horas (3,000 horas, en algunas de baja tensión).

La temperatura de color es de aproximadamente 3,000-3,200°K (cálida) y su índice de rendimiento de color es del 100%

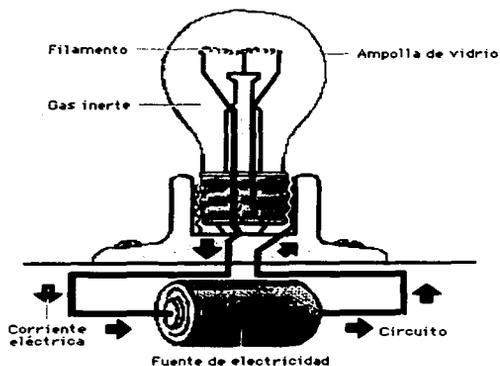


Figura 39: Funcionamiento lámpara incandescente

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.C.2.b. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS

Tabla 13: Los principales tipos son:

TIPOS DE LAMPARAS HALOGENAS		
Tensión	V (voltios)	Tipo
TENSIÓN RED	220 V	SIMPLE ENVOLTURA DOBLE ENVOLTURA
BAJA TENSIÓN	6 V	SIN REFLECTOR
	12 V	CON REFLECTOR
	24 V	ABIERTAS CERRADAS

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

Tabla 14: Lámparas de simple envoltura (cuarzo-yodo).

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia luminosa (lm/W)
100	1,650	16
150	2,500	16
200	3,200	16
300	5,100	17
500	9,500	19
1,000	22,000	22
1,500	33,000	22
2,000	44,000	22

* Fuente de técnicas y aplicaciones de iluminación.

Tabla 15: Lámparas de doble envoltura (ampolla clara).

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia luminosa (lm/W)
75	1,100	15
100	1,600	16
150	2,550	17
250	4,500	18
500	11,000	22
1,000	24,000	24
2,000	54,000	27

* Fuente de técnicas y aplicaciones de iluminación.

Lámparas de baja tensión.- Para una potencia determinada, la alimentación en baja tensión (6-12-24 V) supone una intensidad elevada a través del filamento y, en consecuencia, una eficacia luminosa mayor. En las lámparas halógenas de baja tensión este efecto aumenta por la construcción del filamento (de dimensiones reducidas) que supone menores pérdidas de calor.

La conexión a la red de las lámparas de baja tensión requiere un transformador (individual o por grupo de lámparas). La tensión nominal más extendida es la de 12 V.

Los tipos más usuales de lámparas halógenas de baja tensión son las siguientes:

Tabla 16: Lámparas sin reflector:

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia con transformador (lm/W)
20	350	18	15
50	950	19	16
75	1,450	19	17
100	2,550	25	23

* Tomado de técnicas y aplicaciones de iluminación.

Las lámparas con reflector incorporado, puede ser normal o dicróico (refleja la luz y transmite la radiación infrarroja hacia la parte posterior de la lámpara). Las características ofrecidas por el fabricante, para las lámparas reflectoras, varían según el ángulo de apertura del haz y, generalmente, los valores de flujo luminoso (cuando aparecen) se refieren al flujo emitido dentro del ángulo de media proyección (ángulo de apertura), siendo el dato más significativo, en estos casos, la intensidad (en candelas) es el eje del haz. Valores típicos del ángulo de apertura son: 6°, 10°, 12°, 14°, 24°, 28°, 36° y 38°C.

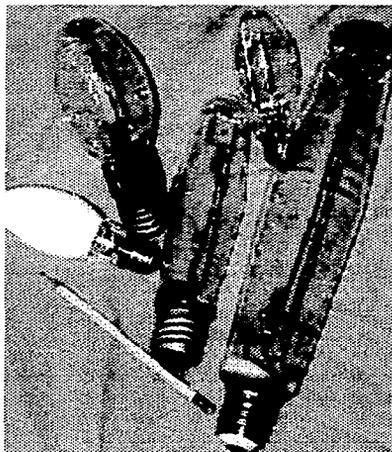


Figura 40: Lámparas halógenas

Las lámparas con reflector cerrado (selladas).-Están derivadas de las anteriores y tienen, en su parte frontal, una lente de vidrio prensado que cierra herméticamente el conjunto. Ofrecen una protección adicional ante posibles proyecciones de cuarzo o tungsteno fundido, en caso de ruptura de la lámpara. En cuanto a sus características son muy similares a las de reflector abierto.

III.C.2.c. VENTAJAS

Sus ventajas más destacadas son:

- a) Mayor duración (el doble de vida que las incandescentes).
- b) Mayor eficacia luminosa que las incandescentes convencionales. A igualdad de potencia de lámpara, entre un 20-30% superior para las de cuarzo-yodo o doble envoltura y alrededor de un 60% superior en el caso de las de baja tensión.
- c) Factor de conservación del flujo luminoso más elevado, por la acción limpiadora del halógeno en la pared de la ampolla.
- d) Dimensiones muy reducidas (en el caso de las de baja tensión prácticamente mínimas) que permiten su utilización ventajosa en soluciones de proyección.
- e) Sencillez de funcionamiento e instalación y ausencia de equipos auxiliares.
- f) Encendido y reencendido instantáneo.
- g) Ausencia de efecto estroboscópico.
- h) Excelente rendimiento de color.

III.C.2.d. LIMITACIONES

Sus limitaciones más destacadas son:

- a) Para aplicaciones en las que se precisen altos niveles de iluminación general, su eficacia luminosa sigue siendo limitada, lo que conduce a la instalación de una potencia excesiva en relación con lámparas de descarga.
- b) Igualmente, su duración, pese a duplicar a la incandescencia convencional, está aún lejos de los valores de las lámparas de descarga, pudiendo suponer unos costes de mantenimiento, por reposición de lámparas, elevados.
- c) Aportación de calor considerable a tener en cuenta su aplicación en interiores.

Otra línea que se está desarrollando en las lámparas, es la utilización de revestimientos que reflejan, de vuelta al filamento, gran parte de la radiación infrarroja emitida por él mismo. Esto permite que para el mismo flujo luminoso se necesita menos potencia para mantener el filamento a la temperatura adecuada.

Las tendencias de los fabricantes van dirigidas a continuar produciendo lámparas de doble envoltura, dentro de la gama de potencias de uso doméstico (40-200 W), con el objeto de sustituir progresivamente a las lámparas incandescentes convencionales en este sector.

III.C.3. INCANDESCENTES ESPECIALES

Las lámparas dicróicas de haz frío, son esencialmente lámparas reflectoras tipo PAR, o bien de las mismas de baja tensión basadas en el mismo principio que las halógenas de baja tensión con reflector dicróico. Un ejemplo de utilización es en quirófanos.

Otro tipo de utilización de este tipo de lámparas son:

- *Lámparas de proyección y escenarios (cine, teatro, TV).*- Pueden ser convencionales o halógenas, con a sin reflector incorporado (algunas de ellas, de haz frío como las anteriores).
- *Lámpara de automóvil*, convencionales o halógenas, normalmente de 12 V.
- *Lámparas infrarrojo*, generalmente emiten dentro del infrarrojo de corta longitud de onda (IR-A: 760-1.400 nm). El filamento de tungsteno alcanza temperaturas del orden de 2,500°K, con un máximo de emisión a 1,200 nm. Se pueden distinguir: Lámparas para aplicaciones industriales (secado rápido, gelificación, polimerización, vulcanización, torrefacción), convencionales (250 o 375 W) o halógenas (500-3.000 W), normalmente de ampolla clara y reflector incorporado.
- Lámparas para avicultura, generalmente reflectoras convencionales (100-375 W), con ampolla mateada para uniformizar el flujo y reducir la radiación visible. Se puede estimar que el flujo radiante total, el 90-95% es infrarrojo, correspondiendo al resto visible.

III.D. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

El funcionamiento de las lámparas de vapor de mercurio, así como una lámpara fluorescente de descarga en mercurio genera casi exclusivamente radiaciones ultravioleta, con altas presiones de vapor el espectro cambia notablemente, emitiendo varias bandas que corresponden a las sensaciones de color violeta (405 m μ .), azul (435 m μ .), verde (546 m μ .) y amarillo (570 m μ .), emitiendo también una pequeña cantidad de radiaciones ultravioleta.

Como las cualidades cromáticas de estas radiaciones no resultan muy buenas, debido en gran parte a la ausencia de radiaciones rojas, las radiaciones ultravioleta se transforman, mediante sustancias fluorescentes, en radiaciones comprendidas dentro del espectro rojo, dando como resultado una lámpara con un mejor rendimiento cromático.

III.D.1. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO BAJA PRESIÓN

Las lámparas fluorescentes son fuentes luminosas originadas como consecuencia de una descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, en las que la luz se genera por el fenómeno de fluorescencia. Este fenómeno consiste en que determinadas sustancias luminiscentes, al ser excitadas por la radiación ultravioleta del vapor de mercurio a baja presión, transforman esta radiación invisible en otra de onda más larga y que se encuentra dentro del espectro visible.

III.D.1.a. TUBOS FLUORESCENTES

En las lámparas fluorescentes la luz se genera, por el fenómeno de fluorescencia, mediante la conversión de la radiación ultravioleta en visible que efectúan las sustancias fluorescentes situadas en la pared interior del tubo de descarga.

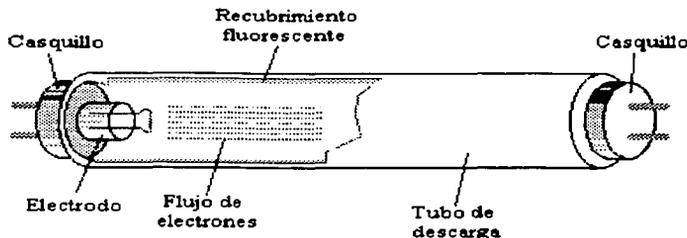


Figura 41: Lámpara fluorescente

Para conseguir que la emisión ultravioleta se verifique en su mayor parte, en la banda de 253.7 nm, la presión de mercurio debe aproximarse a 1 Pa (Pascal). Como casi siempre existe un exceso de mercurio en el tubo de descarga, la presión de vapor depende de la temperatura en el punto más frío del tubo que es aproximadamente de 40° C para lograr la presión óptima.

Dos características importantes de los tubos de descarga, en general, y de los fluorescentes en particular son las siguientes:

- La característica tensión-corriente de la lámpara es negativa debido a que la generación de electrodos e iones positivos en la descarga incrementa la intensidad de corriente a través de la lámpara. Por este motivo la descarga debe ser estabilizada mediante un balastro (por lo general una impedancia) conectado en serie con la lámpara para conocer la potencia total demandada.
- El espectro de emisión es discontinuo, y las radiaciones visibles emitidas por la lámpara depende de la composición de las sustancias fluorescentes y de su capacidad de conversión de la radiación ultravioleta en visible.

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. Están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones.

La eficacia de estas lámparas depende de muchos factores: potencia de la lámpara, tipo y presión del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo, temperatura ambiente. Esta última es muy importante porque determina la presión del gas y en último término el flujo de la lámpara. La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara.

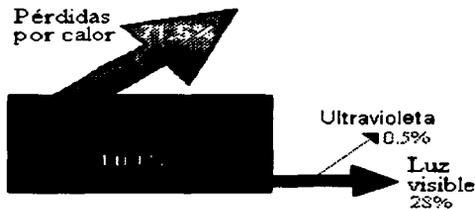


Figura 42: Balance energético de una lámpara fluorescente

Los componentes más significativos de este tipo de lámparas son:

a) *Tubos de descarga.* - De vidrio (opalizado por el recubrimiento fluorescente). Su forma más extendida es rectilínea, aunque existe otras ejecuciones especiales (circular, U, etc), y cilíndrica. Los diámetros nominales usuales son:

- 15 mm: tubos de pequeña potencia.
- 26 mm: convencionales, trifósforo y alta frecuencia.
- 38 mm: convencionales antiguos, arranque rápido y arranque instantáneo.

Las longitudes y potencias más usuales (existen de otra longitudes y potencias) son las siguientes:

- 0,6 m: 16, 18 y 20 W.
- 1,2 m: 32, 36 y 40 W.
- 1,5 m: 50, 58 y 65 W.

b) *Electrodos.* - Fabricados en tungsteno, normalmente en doble espiral y recubiertos por sustancias emisoras de electrodos (compuestos de metales alcalino-térreos). De su calidad depende la duración de la lámpara, puesto que cuando uno de los electrodos pierde su sustancia, la lámpara no consigue encenderse.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

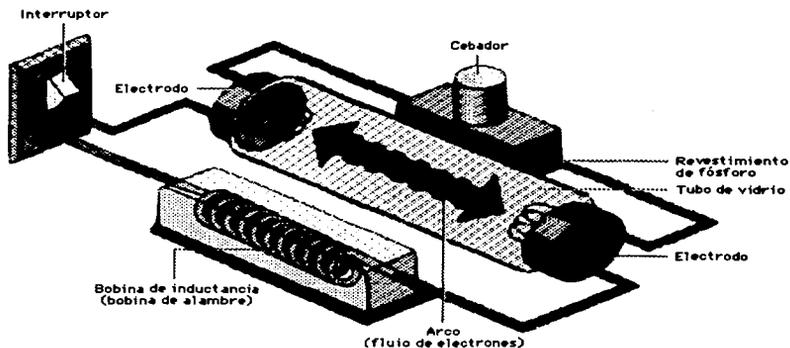


Figura 43: Funcionamiento lámpara fluorescente

c) *Gas de llenado.*- Las funciones que realiza el gas de llenado son las siguientes:

- Facilitar el inicio de descarga, por reducción de la tensión de encendido.
- Reducir el recorrido libre medio de los electrodos, para aumentar su probabilidad de colisión con los átomos de mercurio.
- Proteger las sustancias emisiva de los electrodos, reduciendo su tasa de evaporación, mediante un mecanismo análogo al de las lámparas incandescentes.

Los gases comúnmente empleados son:

- Argón o mezcla argón-neón.
- Criptón, normalmente en las lámparas trifósforo de 26 mm de diámetro.

Además de estos gases se requiere la presencia de unas gotas de mercurio, exactamente dosificadas para reducir los efectos nocivos de este metal en las sustancias fluorescentes.

d) *Las sustancias fluorescentes.*- En general deben satisfacer las siguientes condiciones:

- Ser materiales no tóxicos y estables desde el punto de vista físico y químico para soportar los procesos de fabricación y las condiciones de operación.
- Ser muy absorbentes del ultravioleta corto (UV-C), en la región de los 253,7 y 185 nm, con la consiguiente fluorescencia.
- Emitir en el espectro visible y no ser absorbente en el mismo (es decir, no estar coloreados).
- Presentar sus óptimas características de funcionamiento alrededor de los 40°C.
- Poder ser divididos en partículas muy finas sin disminución del rendimiento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los tipos de sustancias fluorescentes, comúnmente utilizadas, son las siguientes:

- Halofosfatos de calcio, activados con antimonio, manganeso y europio, para lámparas en las que la eficacia luminosa prevalece sobre el rendimiento de color.
- Fluogermanato de magnesio o silicato de calcio, activados con diversos componentes, para lámparas en las que se persigue el efecto contrario (las denominadas tradicionales de lujo).
- Aluminatos de magnesio o vanadato de itrio, con diversos aditivos, para los tubos trifósforo, de elevada eficacia luminosa y alto rendimiento de color.

e) Casquillos:

- G (espigas), en los tubos convencionales, trifósforo, alta frecuencia y arranque rápido.
- R (un contacto), en los tubos de arranque instantáneo.

III.D.1.a ¿. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Existen tres tipos básicos de encendido:

- 1) Encendido por cebador utilizado en la mayoría de los tubos fluorescentes (convencionales y trifósforo). El cebador, situado en paralelo con el tubo, provoca el precalentamiento de los electrodos, aproximadamente un segundo después, el cebador interrumpe el circuito de precalentamiento y en combinación con el balastro provoca una sobre tensión instantánea que es suficiente para iniciar la descarga.
- 2) Encendido rápido, con precalentamiento de electrodos, utilizado en los tubos de arranque rápido. El calentamiento de los electrodos proviene del propio balastro y existe además una ayuda al encendido, consistente en una banda metálica externa conectada a uno de los electrodos, que juega con el papel de electrodo auxiliar y
- 3) Encendido instantáneo, o arranque en frío, que se produce bajo el efecto combinado de la tensión producida por el balastro y la ayuda externa.



Figura 44: Lámparas fluorescentes

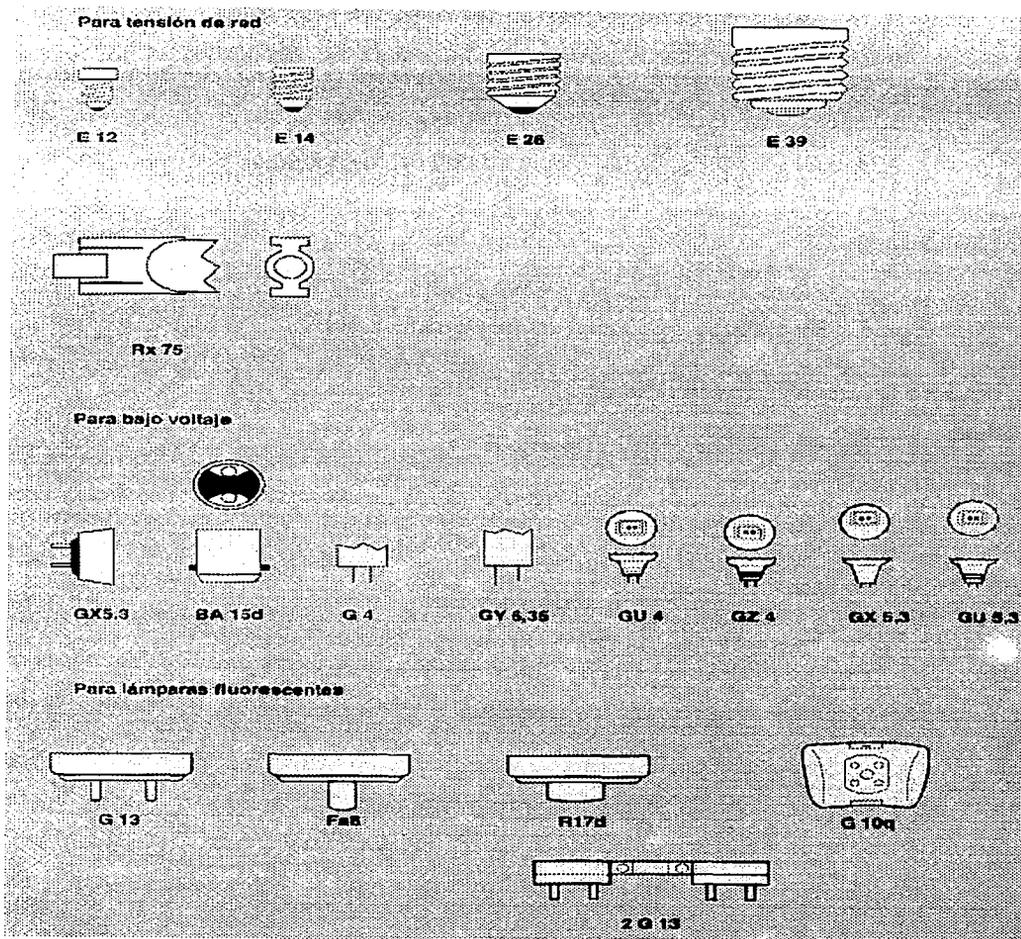
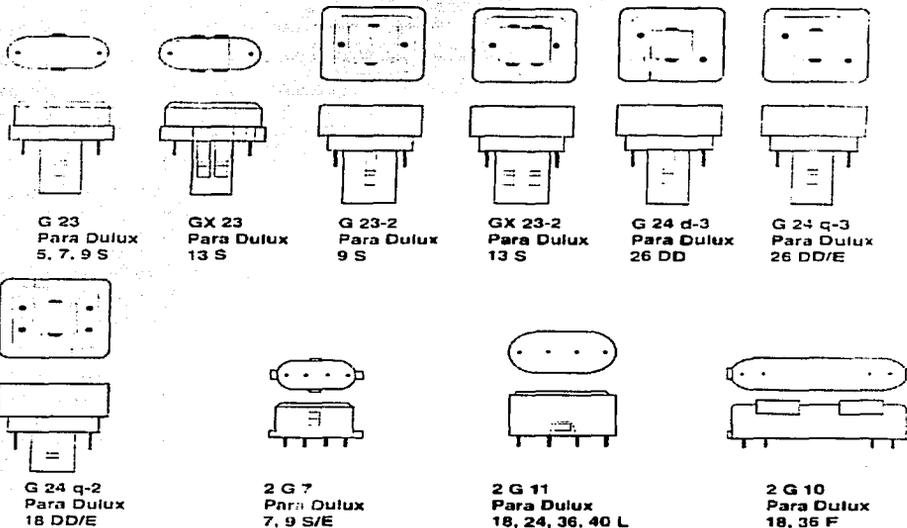


Figura 45: tipos de casquillos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para lámparas fluorescentes compactas



Para lámparas de descarga



Posiciones de funcionamiento

Las posiciones de funcionamiento designadas, aseguran las óptimas condiciones de operación, donde no se especifican la lámpara puede operar en cualquier posición.

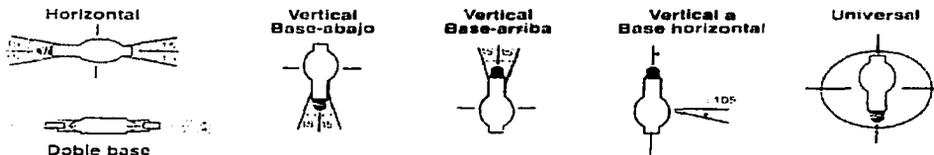


Figura 46: Tipos de casquillos

Las lámparas fluorescentes deben ser estabilizadas mediante un balastro en serie con el tubo. La tensión de alimentación, durante el funcionamiento, se divide entre el balastro y la lámpara, dado que prácticamente la tensión de funcionamiento de la lámpara es la mitad de la tensión de red.

Un incremento en las variaciones de tensión, en general ocasiona: mayor intensidad de corriente (I), disminución de la tensión en bornes de la lámpara (V), mayor flujo luminoso (F), mayor potencia absorbida (P) pero con un incremento relativo superior al del flujo luminoso, es decir, una disminución de la eficacia luminosa.

Las variaciones de temperatura modifican la presión de vapor de mercurio e influyen sobre las prestaciones de la lámpara. Cualquier modificación de la presión óptima del mercurio se traduce en una reducción del flujo luminoso emitido por la lámpara y en la disminución de su eficacia luminosa. Para compensar los efectos derivados de la elevación de temperatura, se emplea amalgama (indio-mercurio), que tiene el efecto de liberar o absorber el mercurio en función de la temperatura, dando lugar a unas condiciones estables de emisión del flujo luminoso en un margen de temperaturas más amplio.

Este tipo de lámparas se puede utilizar en luminarias multilámpara, sin circulación de aire, que sufren los efectos de un incremento térmico considerable. Por el contrario, a bajas temperaturas, existen lámparas especiales que alcanzan la presión óptima de mercurio en esas condiciones. En general, la iluminación de cámaras fotográficas puede resolverse a base de luminarias especiales, donde las lámparas están bien aisladas térmicamente.

Temperatura de color.- Existen tubos fluorescentes en las tres tonalidades básicas, si bien las denominaciones cambian con relación a las generales (cálida, intermedia, fría).

Tabla 17: Temperatura de lámparas fluorescentes.

Designación	Temperatura de color (k)	
Blanco cálido	2,700	3,000
Blanco	4,000	5,000
Luz día	5,300	6,500

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

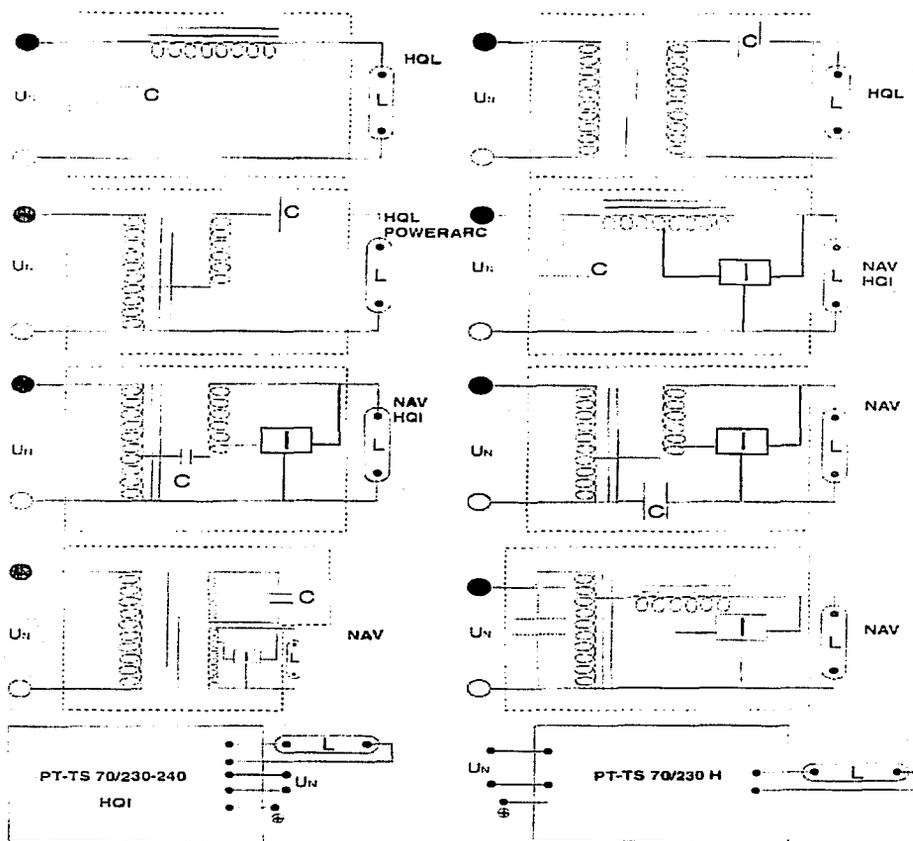
Rendimiento de color.-En los tubos fluorescente convencionales, el rendimiento de color y la eficacia luminosa han sido dos parámetros antagonistas, dado que se consideraban que un buen IRC solo podía ser obtenido mediante un espectro continuo, similar al de las lámparas incandescentes y, por lo tanto, de baja eficacia luminosa.

Tabla 18: Rendimiento de color de lámparas fluorescentes.

Denominación IRC	Valor IRC	
Normal	50	60
De lujo	87	92
Especial de lujo	93	95

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



Su uso es para:
HQL = Vapor de Mercurio
POWERARC = Aditivos Metálicos
HQI = Halógenos Metálicos
NAV = Sodio de Alta presión
PT-TS = Powertronic para HQI - TS

U_n = Voltaje de alimentación
C = Capacitor
I = Ignitor
L = Lámpara

Figura 47: Tipos de conexión lámparas fluorescentes

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

La duración de las lámpara fluorescentes se extinguen cuando desaparece la sustancia emisiva de uno de los electrodos. Así la duración de las lámparas es función del número de encendidos, dado que cada arranque supone la pérdida de una pequeña parte de sustancia emisiva.

Los ensayos de duración se basan en periodos de 3 horas (H) de conexión por encendido (8 encendidos / día) y ofrece un resultado de vida media del orden de las 10,000 H. Su vida útil se establece en 7,500 con un flujo luminoso, al cabo de ese tiempo, del orden del 80% del flujo inicial. Esta vida útil supone un régimen de funcionamiento de la lámpara.

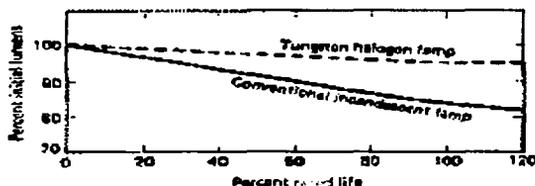


Figura 48: Depreciación de flujo luminoso

III.D.1.a.11. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS

Tubos fluorescentes de arranque por cebador.

Tabla 19: Tubos convencionales de 26 mm.

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia c/auxiliares (lm/W)
18	1,150	64	47
36	3,000	83	68
58	4,800	83	70

* Fuente de técnicas y aplicaciones de iluminación.

Tubos : fósforo de 26 mm (IRC = 85)

Tabla 20: Disponible en tonalidades cálida, intermedia y luz día.

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia c/auxiliares (lm/W)
18	1,450	81	59
36	3,450	96	79
58	5,400	93	78

* Fuente de técnicas y aplicaciones de iluminación.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tubos trifósforo de 26 mm (IRC = 95)

Tabla 21: Únicamente para aplicaciones en las que el rendimiento de color es un factor crítico.

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia c/auxiliares (lm/W)
18	1,000	56	40
36	2,350	65	54
58	3,750	65	55

* Fuente y aplicaciones de iluminación.

Los tubos de alta frecuencia, donde el encendido se realiza mediante el precalentamiento de electrodos producido por un balasto electrónico (no precisa cebador). Este mismo balasto (de reducidas pérdidas) asegura la estabilidad de la descarga. Este balasto electrónico convierte la frecuencia de la red (50 Hz) en frecuencias superiores 25 kHz (del orden de 28 kHz).

Sus componentes principales son:

- Filtro de bajas frecuencias que limitan las oscilaciones armónicas y las radio interferencias, y protege los componentes electrónicos contra los picos de alta tensión de la red.
- El rectificador o convertidor de corriente alterna en continua.
- El oscilador de potencia que permite variar la frecuencia de alimentación a las lámparas.

En la lámparas fluorescentes de alta frecuencia se ha seguido el criterio de mantener el flujo luminoso en valores similares a los de la lámpara trifósforo y reducir su potencia, de este modo se consiguen valores de eficacia luminosa de hasta 104 lm/W.

Las características más destacadas de estas lámparas, que mantienen las mismas dimensiones de los tubos trifósforo, son los siguientes:

Tabla 22: Tubos de alta frecuencia.

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia c/auxiliares (lm/W)
16	1,450	91	78
32	3,200	100	89
50	5,200	104	94

* Fuente de técnicas y aplicaciones de iluminación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.D.1.a. *ℓℓℓ*. VENTAJAS

Sus ventajas más importantes son:

- a) Su *excelente adaptabilidad al alumbrado de interiores*, con la única limitación de la altura de implantación (en la práctica, el máximo es de 5-6 metros).
- b) Su *elevada eficacia luminosa*, que permite satisfacer altos niveles de iluminación con prestaciones energéticas muy favorables y reducida potencia instalada por unidad de superficie.
- c) La *reducida aportación calorífica* y posibilidad de utilización de luminarias integradas en sistemas de climatización.
- d) El buen, e incluso, *excelente rendimiento de color* en algunos tipos.
- e) La *larga duración* en lámparas y equipos auxiliares.
- f) El *encendido y reencendido rápido* (instantáneo en algunos modelos).
- g) La *amplia gama* de lámparas y luminarias, en distintos fabricantes, incluyendo todo tipo de apariencias de color.

III.D.1.a. *ℓℓℓ*. LIMITACIONES

Sus limitaciones más importantes son:

- a) Las escasas posibilidades de empleo en sistemas de proyección, por las dimensiones de los tubos.
- b) Su factor de potencia bajo, que se corrige mediante condensadores de compensación usualmente incorporados en las luminarias.
- c) Son pocos adaptados al alumbrado en exteriores, por la influencia que ejerce la temperatura en su funcionamiento.
- d) Produce el efecto estroboscópico, salvo en las de alta frecuencia.

A demás de que las lámparas de alta frecuencia presentan innovaciones frente a los restantes tubos fluorescentes:

- a) Mejora sustancial de la eficacia luminosa, traducida en reducción de potencia.
- b) Factor de potencia próximo a la unidad (0.96), por lo que no necesita condensador de compensación.
- c) Fácil regulación de flujo luminoso, continuo de 25 a 100%.
- d) Funcionamiento óptimo y estable en una banda amplia de temperatura ambiente.
- e) Eliminación de efecto estroboscópico.
- f) Menor depreciación de flujo luminoso.
- g) Supresión del ruido producido por los balastos convencionales.

III.D.1.b. FLUORESCENTES COMPACTAS

Son lámparas fluorescentes de tubo estrecho (10-15 mm), curvado en doble U, o multitubo conectado por un puente de unión para conseguir las dimensiones reducidas. Basan su funcionamiento en la utilización de sustancias fluorescentes de banda estrecha (trifósforo)

que se adaptan convenientemente a las condiciones de funcionamiento impuestas por las dimensiones de la lámpara.

Existen diversas modalidades:

- a) Lámparas compactas (con balasto y cebador incorporado), que están concebidas para la sustitución directa de las lámparas incandescentes, en las luminarias existentes.
- b) Lámparas miniaturizadas (sin balasto y con el cebador incorporado) que precisan luminarias especialmente concebidas para ellas.
- c) Lámparas miniaturizadas electrónicas con balasto y cebador incorporado.

Los componentes más significativos de este tipo de lámparas son:

Se citan únicamente aquellos que ofrecen alguna deferencia con los descritos para los tubos fluorescentes.

Ampolla.- Se trata de una ampolla exterior que envuelve el tubo de descarga y que solamente existe en las lámparas compactas, ante la posibilidad de empleo de la lámpara vista, como sucede en buena parte de las instalaciones de lámparas de incandescencia. Esta construida en vidrio y puede presentar forma cilíndrica o globo.

Casquillos.- Dependiendo del tipo de lámpara, existen las siguientes variaciones:

- Edison (E), para las compactas.
- Espigas (G), para las miniaturizadas con y sin cebador incorporado.

III.D.1.b.¿. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

En todos los casos el encendido es por cebador (electrodos precalentados).

Estabilización de la descarga, esta mediante balasto inductivo (reactancia), colocado en serie con el tubo de descarga, como el convencional de los tubos fluorescentes; va incorporado en las compactas y separado en las miniaturizadas, mediante balasto electrónico incorporado en las miniaturizadas electrónicas.

Su temperatura de color es normalmente de 2,700°K (aparencia cálida, similar a las de las lámparas incandescentes), aunque existen versiones de 3,000°K y 4,000°K. Su rendimiento de color es de 85% y la vida media usual es de 5,000-6,000 horas

En algunos modelos de lámparas incandescentes miniaturizadas (los que no incorporan cebador ni balasto) se alcanzan duraciones relativamente aproximadas a las de los tubos fluorescentes. Las lámparas electrónicas tienen una vida media de 8,000 horas.

III.D.1.b. LL. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS**Tabla 23: Lámparas compactas.**

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Incandescente sustituida (W)
9	450	50	40
13	650	50	60
18	900	50	75
25	1.200	48	100

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

Considerando por lo tanto, un ahorro de energía del 70%, respecto a la incandescente sustituida.

Tabla 24: Lámparas miniaturizadas electrónicas.

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Incandescente sustituida (W)
7	400	57	40
11	600	55	60
15	900	60	75
20	1.200	60	100

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

Las lámparas miniaturizadas (cebador incorporado), de los modelos indicados, los cuatro primeros corresponden a la ejecución de dos tubos unidos y las restantes a las de cuatro tubos.

Tabla 25: Lámparas miniaturizadas (cebador incorporado).

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia con auxiliares (lm/W)
5	250	50	30
7	400	57	38
9	600	67	48
11	900	82	63
10	600	60	42
13	900	69	52
18	1.200	67	53
26	1.800	69	54

* Fuente de técnicas y aplicaciones de iluminación.

Se establece un ahorro de energía del 80%, respecto a las incandescentes sustituidas y las lámparas miniaturizadas (sin balasto, ni cebador incorporado), que pueden ser utilizadas con balasto de alta frecuencia, además de los inductivos convencionales.

Tabla 26: Lámparas miniaturizadas (sin balasto).

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia con auxiliares (lm/W)
18	1,200	67	47
24	1,800	75	55
36	2,900	81	68

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

III.D.1.b.iii. VENTAJAS

Sus ventajas más importantes son:

Un consumo de energía del 25% (compactas) o 20% (miniaturizadas), con una duración de 5 veces superior.

Y en el coste total (inversión + explotación) más reducido, en utilizaciones de conexión prolongada, típicas del sector terciario, donde la rentabilidad se alcanza alrededor de las 3,000 horas.

III.D.1:b.iv. LIMITACIONES

Entre sus limitaciones más importantes son:

Un precio elevado, que hace dudosa la rentabilidad en aplicaciones con pocas horas de utilización y que requieren gran número de encendidos, tal como el alumbrado doméstico.

Un peso sensiblemente superior (0.5 kg.) de las lámparas compactas y mayores dimensiones, que pueden dificultar, en algunos casos, la sustitución directa. Este inconveniente se está solventando con la utilización de balastos electrónicos. Un rendimiento de color más reducido (85), aunque suficiente para la mayor parte de aplicaciones.

No son utilizables con graduadores o reguladores de flujo, o con temporizadores. Las lámparas fluorescentes compactas que integran un balasto magnético y que fueron las primeras inducidas en el mercado, poseen un factor de potencia de 0.25.

Recientemente han aparecido lámparas fluorescentes compactas con factor de potencia de 0.9 y baja distorsión de armónicos, que son las que tenderán a generalizar en el mercado en un futuro.

III.D.1.c. FLUORESCENTES ESPECIALES

Las características expuestas dotan a estas lámparas de buenas razones para sustituir a las de incandescencia en aquellos lugares de elevada utilización, como hoteles, restaurantes, locales de venta, etc.

El principal inconveniente es que el nivel de iluminación nominal no se alcanza hasta después de transcurridos unos tres minutos.

III.D.1.c.¿. LÁMPARAS CON REFLECTOR INTERNO

Tienen una capa reflectora interna, habitualmente de óxido de titanio, dispuesta en la pared interna del tubo (cubriendo un ángulo de 225°) bajo el recubrimiento fluorescente. De este modo se verifica, desde la propia lámpara, un control de flujo luminoso emitido (bajo un ángulo de 135°) que supone una ganancia del 70% en la intensidad luminosa en el eje de la lámpara, con una reducción de sólo el 10% de flujo luminoso con relación a la lámpara estándar. Estas lámparas existen en potencias de 40 y 65 W, y son aplicables a aquellos casos en el que la reflectancia de techos es muy reducida, por lo que el flujo emitido por encima del plano horizontal de la lámpara es prácticamente inútil o cuando, por limitaciones de espacio, no es posible situar un reflector externo, por encima de la lámpara.

III.D.1.c.¿¿. LÁMPARAS DE MUY ALTA EMISIÓN (VHO)

Son lámparas de alta potencia (115-215 W), en las que se consiguen mayor emisión de flujo luminoso incrementando la corriente de la lámpara, aunque su eficiencia luminosa se reduce respecto a las convencionales. Están dotadas de electrodos especiales, que permiten la refrigeración del espacio existente entre casquillo y filamento y, a menudo, llevan un reflector incorporado, como en las anteriores.

Su utilización característica está en el alumbrado industrial, con alturas relativamente importantes de implantación de las luminarias.

III.D.1:c.¿¿¿. LÁMPARAS DE LUZ NEGRA

Emiten radiación ultravioleta (UV-A) dentro de la banda de 300-400 nm, y llevan un vidrio especial (Wood) que prácticamente sólo transmite la radiación UV-A. Existen en potencias de 6, 18 y 36 W, y sus aplicaciones características son:

- a) Medicina (dermatosis, cataratas, etc).
- b) Filatelia y numismática (detección de falsificación).
- c) Arqueología (fósiles).
- d) Industria (controles de fabricación en la industria textil y metalúrgica).
- e) Efectos decorativos.
- f) Alimentación (detección de productos en mal estado).

III.D.1.c. *lv*. LÁMPARAS ACTINICAS

Emiten radiación ultravioleta (UV-A) y visible (violeta y azul), con un máximo de emisión concentrada entre los 350 y 400 nm. Existen en potencias de 20-85 W, con aplicaciones en:

- a) Reprografía
- b) Fotoquímica, fototerapia y trampas para insectos (atracción y electrocución).
- c) Bronceado artificial (algunos tipos de lámparas solares).

III.D.1.c. *v*. LÁMPARAS ERITERMICAS

Emiten periódicamente radiación ultravioleta (UV-B) y algo de visible (menos del 10%), con picos de emisión en los 300-315 nm. Esta región del espectro (ultravioletas medios) existe en la radiación solar y es responsable del bronceado de la piel.

El tubo está constituido en un vidrio adecuado para transmitir la radiación y su aplicación fundamental (lámparas solares) debe realizarse bajo estricta supervisión médica.

III.D.1.c. *vi*. LÁMPARAS GERMICIDAS

Su emisión se centra, casi totalmente, en la banda de 253,7 nm (UV-C). El tubo de material transparente a esta longitud de onda (Vycor), no lleva ningún tipo de recubrimiento a fin de mejorar la transmisión. Su gama de potencias es de 15-40 W y sus aplicaciones se centran en la destrucción de microorganismos.

- a) Desinfección del aire (conductos de ventilación).
- b) Esterilización de líquidos y sólidos (hospitales, industria farmacéutica y alimentaria).
- c) Eliminación de parásitos (en animales).
- d) Polimerización de resinas.
- e) Informática (borrado de memorias EPROM).

La utilización de estas lámparas exige precauciones especiales, si no se encuentran en recintos opacos al UV-C, como por ejemplo, el uso de guantes y gafas de protección.

III.D.1.c. *vii*. LÁMPARAS PARA CRECIMIENTO DE PLANTAS

Se trata de una amplia gama (8-125 W) de lámparas, que presentan una alta emisión en el rojo y en el azul, prácticamente útiles en los procesos de fotosíntesis y función clorofílica de las plantas. Esas lámparas limitan la emisión en la región verde del espectro (reflejada por la clorofila), lo que permite concentrar la radiación emitida en las bandas útiles del espectro.

III.D.2. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO ALTA PRESIÓN

En esta familia se agrupan tres tipos básicos de lámparas: *vapor de mercurio* (propriadamente dicha), *luz mezcla* y *halogenuros metálicos*. Además de éstas existen también otras lámparas, basadas en el mismo principio, destinadas a aplicaciones especiales.

III.D.2.a. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

La descarga de *vapor de mercurio alta presión* (2-4 bar) presenta las siguientes características, comunes en las descargas en alta presión:

- Concentración del arco en el eje del tubo, con una gradiente de temperatura elevado (del orden de $5,000^{\circ}\text{K}$) entre este eje y la pared del tubo.
- Espectro en el que las rayas de resonancia dejan paso a bandas más anchas producidas por transiciones de niveles energéticos más elevados y a una pequeña porción continua, que aumenta a medida que la presión es más elevada.

A medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible (violeta de 404.7 nm, azul 435.8 nm, verde 546.1 nm y amarillo 579 nm).

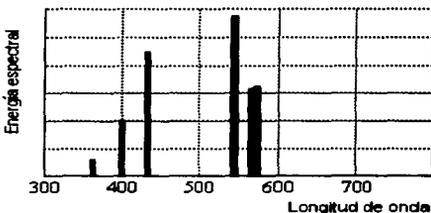


Figura 49: Espectro de emisión sin corregir

En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra a añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre $3,500$ y $4,500^{\circ}\text{K}$ con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8,000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Figura 50: Balance energético de una lámpara de mercurio a alta presión

Los componentes más significativos de este tipo de lámparas son:

a) *Tubo de descarga.*- De cuarzo, para soportar la alta temperatura registrada en el mismo (750°C) durante su funcionamiento.

Su forma es cilíndrica, con los extremos semiesféricos y contiene dos electrodos principales (uno en cada lado), un electrodo auxiliar y el gas de llenado junto con la dosificación exacta de mercurio, para que todo él se vaporice cuando la lámpara alcance sus características de régimen.

b) *Electrodos principales.*- Similares a los de las lámparas fluorescentes, con una base de tungsteno en espiral, recubierta por sustancias emisoras de electrones (óxidos o carbonatos de estroncio, bario, torio y otros aditivos alcalino-térreos).

c) *Electrodo auxiliar.*- Es un simple hilo de tungsteno o molibdeno, colocado muy próximo a un electrodo principal, pero conectado al polo opuesto, a través de una resistencia de 10-30 Ω (ohms).

d) *Gas de llenado.*- Normalmente argón, y en ocasiones, argón con neón, para lámparas destinadas al funcionamiento en bajas temperaturas.

e) *Ampolla exterior.*- De vidrio endurecido, diseñado para soportar temperaturas del orden de 350°C. Entre el tubo de descarga y esta ampolla existe un gas de relleno (mezcla de argón y nitrógeno) para proteger a los componentes metálicos interiores del riesgo de oxidación, y mantener las condiciones de temperatura del tubo de descarga. Las formas características de estas ampollas son:

- a) Ovoide (la más común).
- b) Globo.
- c) Parabólica reflectora.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

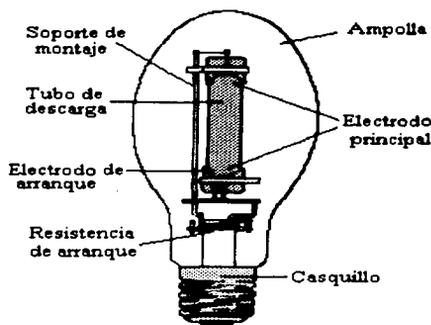


Figura 51: Lámpara de mercurio a alta presión

f) *Sustancias fluorescentes*.- Sólo existen en las lámparas de color corregido. Actualmente se emplea el vanadato de itrio, activado con europio, por su mejor resistencia a la alta temperatura que los antiguos compuestos de magnesio, y porque ofrece una eficacia luminosa más elevada.

g) *Casquillos*.-En general, rosca Edison (E).

III.D.2.a ¿. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Esta lámpara arranca a la tensión de red, con la ayuda del electrodo auxiliar. En el encendido, la tensión de suministro se aplica entre los dos electrodos principales, pero la distancia entre ellos es demasiado grande para iniciar la descarga. Simultáneamente, esa misma tensión aparece entre el electrodo auxiliar y el principal adyacente, de modo que se produce una descarga entre ellos, limitada por la resistencia del electrodo auxiliar. Esta pequeña descarga ioniza el mercurio y provoca el establecimiento de la descarga entre los electrodos principales. El tiempo total de encendido es del orden de 4-5 minutos, durante el cual las características de la lámpara varían.

Las altas presiones hacen imposible el reencendido inmediato. Así, es preciso un periodo de 3-6 minutos para reducir la presión a los valores requeridos, antes de reiniciar el funcionamiento.

- a) *Estabilización de la descarga*.-Mediante balasto inductivo, que absorbe el exceso de la tensión de red sobre la tensión de arco de la lámpara. La utilización de este tipo de balasto provoca un factor de potencia bajo, que se corrige mediante un condensador de compensación, habitualmente incorporado en el equipo auxiliar de las luminarias denominadas de alto factor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- b) Su temperatura de color: 3,500°K-4,500°K (intermedia), y en cuanto al rendimiento de color, normalmente 40-45, aunque existen lámparas con reproducción cromática mejorada que alcanzan el valor de IRC 60.
- c) Su vida media, depende de la pérdida de materia emisora de los electrodos, se establece en cifras del orden de 24,000 hrs. Su vida útil, viene determinada por la reducción de flujo, fijada para una instalación. Para un factor de mantenimiento de flujo del 80% de inicial y períodos de conexión de 3 hrs por encendido, la vida útil es de 8,000 hrs.

III.D.2.a.ii. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS

Todos los datos corresponden a lámparas de ampolla ovoide.

Tabla 27: Lámparas de vapor de mercurio color corregido (IRC 40-45).

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia con auxiliares (lm/W)
50	2,000	40	32
80	3,800	48	40
125	6,300	50	45
250	13,500	54	51
400	23,000	58	54
700	42,000	60	57
1,000	60,000	60	57
2,000	125,000	63	60

* Fuente de técnicas y aplicaciones de iluminación.

Tabla 28: Lámparas de vapor de mercurio color corregido (IRC 60).

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia con auxiliares (lm/W)
50	2,000	40	32
80	4,000	50	43
125	6,500	52	46
250	14,000	56	52
400	24,000	60	57

* Fuente de técnicas y aplicaciones de iluminación.

III.D.2.a.iii. VENTAJAS

Sus ventajas más importantes estas son:

- a) Equipo auxiliar muy sencillo (balasto y condensador de compensación, costes de inversión moderados).

- b) Alternativa, casi única, en aquellas aplicaciones en que la altura obliga a utilizar lámparas de alta intensidad.
- c) Reproducción fiable de los colores verdes, lo que las hace adecuadas para el alumbrado exteriores en parques y jardines.

III.D.2.a. *ÉV.* LIMITACIONES

En cuanto a las instalaciones, ya se ha indicado su menor eficacia luminosa que el resto de las lámparas de descarga de alta intensidad.

III.D.2.b. LÁMPARAS DE LUZ DE MEZCLA

Pueden definirse como lámparas de vapor de mercurio de color corregido, con balasto incorporado. El balasto, en lugar de ser una inductancia es una resistencia (filamento de tungsteno) situada alrededor del tubo de descarga, y tiene por función:

- a) Asegurar la estabilización de la descarga.
- b) Mejorar el rendimiento de color de la lámpara, mediante el espectro continuo emitido por el filamento.
- c) Mejorar el factor de potencia de la lámpara, que se aproxima a la unidad.

El reparto de tensión (y de potencia) entre el filamento y el tubo de descarga es el resultado de un compromiso entre diversos factores, con el fin de obtener:

- a) Una duración del filamento acorde a la del tubo de descarga, teniendo en cuenta que en el encendido casi la totalidad de la tensión de red se aplica al filamento, que además es recorrido por una intensidad más elevada que en régimen.
- b) Una estabilidad suficiente de la descarga, lo que requiere, un balastro resistivo, una tensión de arco menor que con una inductancia.

El espectro de emisión es la combinación del espectro de una lámpara de vapor de mercurio corregido y el espectro de un filamento incandescente.

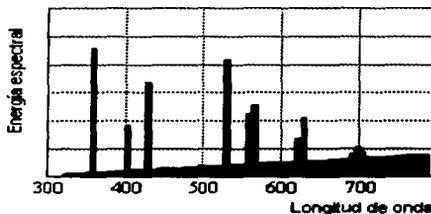


Figura 52: Espectro luminoso de las lámpara de luz mezcla

Los componentes más significativos de este tipo de lámparas son:

Los mismos que los de la lámpara de color corregido de ampolla ovoide, con la adición de un filamento de tungsteno, similar a los descritos para las lámparas de incandescencia y adaptado a las condiciones de funcionamiento del tubo de descarga.

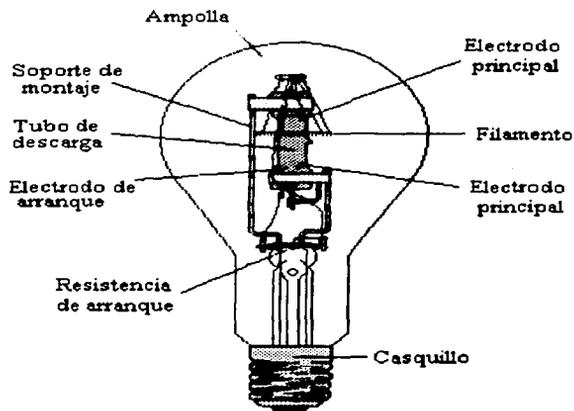


Figura 53: Lámpara de luz de mezcla

III.D.2.b.¿. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

En la conexión, el filamento emite un flujo luminoso superior a su valor de régimen, dado que soporta la mayor parte de tensión de red. A medida que evoluciona la descarga y aumenta la tensión en el tubo, disminuye el filamento hasta llegar a las condiciones de régimen. El tiempo total de encendido es del orden de 2 minutos.

Influencia de las variaciones de tensión.- Constituye la principal limitación de este tipo de lámparas, dado que el filamento además de absorber los eventuales incrementos de la tensión de alimentación, tiene también que hacer frente a la disminución de la tensión de arco del tubo de descarga. Este factor condiciona, por tanto la duración del filamento.

Su temperatura de color es de 3,600°K, el rendimiento de color del 60% y su duración al incorporar un filamento incandescente, únicamente se ofrece el dato de vida media, que se establece alrededor de las 6,000 horas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.D.2.b. *ii*. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS**Tabla 29: Lámparas de luz de mezcla.**

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)
160	3,000	19
250	5,700	23
500	14,000	28

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

III.D.2.b. *iii*. VENTAJAS

La comparación de prestaciones de este tipo de lámparas debe hacerse siempre frente a las lámparas incandescentes. Sus ventajas más importantes son:

- Eficacia luminosa más elevada (entre 30-70 %, dependiendo de la potencia).
- Mayor duración (seis veces más para las incandescentes estándar).
- Sustitución directa sin otra inversión que el coste de las lámparas (puede conectarse directamente a la red).

III.D.2.b. *iv*. LIMITACIONES

Sus limitaciones más importantes son:

- Su baja eficacia luminosa hace que no se utilice en nuevas instalaciones.
- Influencia acusada de las variaciones de tensión en la vida de la lámpara, por lo que no es aconsejable su instalación en lugares donde se produzcan frecuentes fluctuaciones de tensión.
- Encendido no instantáneo, al menos en las condiciones de régimen.
- Bajo rendimiento de color, normalmente poco apreciable en el tipo de aplicaciones usuales de esta lámparas.

Es un producto en claro retroceso, con una tendencia a desaparecer a medio plazo. Su ámbito de utilización queda restringido a los pequeños locales comerciales e industriales y, en el alumbrado público de algunas zonas rurales.

III.D.2.c. LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS

Son lámpara derivadas de las lámparas de vapor de mercurio alta presión, en las que el tubo de descarga contiene diversos aditivos metálicos, generalmente en forma de yoduros, de modo que las líneas de emisión de estos metales cubran las zonas apropiadas del espectro visible, con el objeto de potenciar la eficacia luminosa, el rendimiento de color o ambas características simultáneamente.

Las lámparas de halogenuros metálicos no generan prácticamente radiación ultravioleta, por lo cual sus ampollas exteriores no está recubiertas de sustancias fluorescentes; en algunos casos se añade, en su lugar, una capa difusora con el objeto de reducir la luminancia de la lámpara. Como excepción, las lámparas de ampolla exterior de cuarzo (clara), emite una parte de ultravioleta, lo que obliga a adoptar precauciones de montaje (proyectores cerrados, con filtro UV).

Se pueden distinguir dos tipos básicos de lámparas de halogenuros:

- Con amolla exterior de vidrio, en diversas formas.
- Con ampolla exterior de cuarzo, de dimensiones reducidas y adaptada a pequeños sistemas de proyección.

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio, rojo y azul el indio).

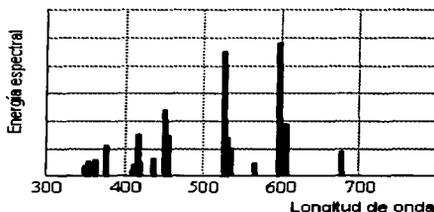


Figura 54: Espectro de emisión de una lámpara con halogenuros metálicos

Los componentes más significativos de este tipo de lámparas son:

Tubo de descarga.- De cuarzo muy similar al de las lámparas de vapor de mercurio, con la diferencia característica de que no existe el electrodo auxiliar de encendido.

Electrodos.- También de tungsteno, pero con algunas diferencias en cuanto a las sustancias emisoras de electrones, dependiendo de la tendencia adoptada por el fabricante.

Gas de llenado.- Argón en la mayoría de los casos, o bien una mezcla argón-neón, para reducir la tensión de encendido.

Ampolla exterior.- De vidrio, con características similares a las de lámparas de vapor de mercurio. El objeto de esta ampolla externa y de su gas de relleno (argón y nitrógeno), es crear una distribución de temperaturas favorable en el tubo de descarga que impida la separación de los componentes halogenados por la acción de la gravedad, de tal modo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

que la lámpara pueda funcionar con un grado suficiente de libertad de la posición de instalación. La ampolla puede ser tubular (clara) u ovoide (opalizada).

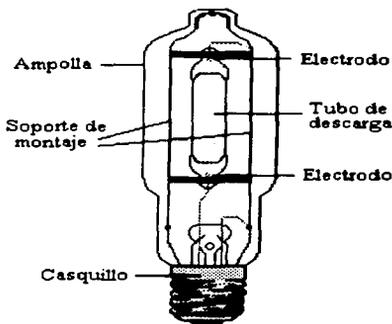


Figura 55: Lámpara con halógenos metálicos

Casquillos. - Los tipos básicos son los siguientes:

- a) Edison (E), para las de ampolla exterior.
- b) Cerámicos (R), para las de tubo de cuarzo visto.

III.D.2.c.¿. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

El inicio de la descarga en este tipo de lámparas, debido a la presencia de los halógenos, requiere la utilización de tensiones de encendido muy elevadas (1,5 – 5 kV) que son suministradas generalmente por un arrancador.

Existe también lámparas destinadas a la sustitución de las de vapor de mercurio, que no exige arrancador externo, sino que provocan el encendido mediante un interruptor bimetalico incorporado a la propia lámpara. El periodo transitorio, hasta alcanzar las condiciones de régimen puede alcanzar desde 3-5 minutos, hasta los 10 minutos en algunos tipos de lámparas; en general, el reencendido requiere un tiempo de espera de varios minutos, hasta que la lámpara retorna a las condiciones de presión adecuadas. No obstante, algunos tipos de lámparas permiten el reencendido inmediato en caliente, mediante arrancadores especiales que producen picos de tensión de 35 a 60 kV.

Su duración en general, las de pequeñas potencias tienen una vida media cercana a las 10,000 horas. Las de gran potencia pueden oscilar entre 2,000-6,000 horas, la vida útil depende de la tendencia de fabricación, aunque en la mayoría de los casos las depreciaciones de flujo luminoso son bastante más acusadas que en las de vapor de mercurio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.D.2.c.ii. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS

Lámpara de halogenuros (ampolla exterior de vidrio).- Se indican únicamente los valores característicos de las lámparas de ampolla tubular (clara). La reducción de flujo, producida por la ampolla ovoide, es del 5-10%.

Tabla 30: Lámparas de halogenuros (ampolla exterior de vidrio).

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia con auxiliares (lm/W)
250	19.000	76	69
400	31.500	79	75
1.000	81.000	81	77
2.000	187.000	93	89

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

Tabla 31: Lámparas de halogenuros (ampolla exterior de cuarzo).

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia con auxiliares (lm/W)
70	5.000	71	56
150	11.250	75	66
250	20.000	80	73

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

III.D.2.c.iii. VENTAJAS

Sus ventajas más importantes son:

- Una alta eficacia luminosa y, en general, buen rendimiento a la TV en color, por lo que su utilización es preferente cuando existen retransmisiones de este tipo.
- Una buena adaptabilidad a sistemas de protección, que constituyen la parte fundamental de las utilidades de estas lámparas.
- Sus reducidas dimensiones (lámparas de ampolla de cuarzo), que facilitan su adaptación a sistemas de iluminación localizada fundamentalmente en el sector comercial.

III.D.2.c.iv. LIMITACIONES

Sus limitaciones más importantes son:

- Una escasa duración, si se compara con las otras lámparas de descarga alternativas.
- Una descarga inestable, que se traduce en distintas apariencias de color a lo largo de la vida de la lámpara y en reducciones sensibles de su flujo luminoso; este fenómeno se agudiza con las variaciones de la tensión de alimentación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- c) Su precio elevado, que la convierte en la fuente de luz más cara a efecto de coste de instalación y limita su empleo a aquellas aplicaciones en que la reproducción cromática es prioritaria.
- d) La emisión de ultravioleta(sólo en lámparas de ampolla de cuarzo) que debe ser corregida mediante filtro de UV en los proyectores.

III.D.2.d. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO ESPECIALES

A continuación se citan algunos de los tipos especiales de lámparas de vapor de mercurio. Varios de ellos tienen las mismas aplicaciones que los tubos fluorescentes especiales, por lo cual únicamente se expresan su gama usual de potencias.

III.D.2.d.í. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE AMPOLLA CLARA

Son similares a las de vapor de mercurio de color corregido, con la única salvedad de que su ampolla exterior es de vidrio transparente (sin recubrimiento de sustancias fluorescentes). Se comercializan en una potencia de 400 W y su utilización se centra en la decoloración y envejecimiento artificial de diversos objetos (tejidos, muebles,...)

III.D.2.d.íí. LÁMPARAS DE LUZ NEGRA

Este tipo de lámparas son de vapor de mercurio con ampolla ovoide especial (wood), normalmente de 125-160 W.

III.D.2.d.ííí. LÁMPARAS ACTÍNICAS

Se constituyen de halogenuros metálicos (yoduros de plomo y galio), emite radiación ultravioleta (UV-A) y visible, con un espectro concentrado de 320-440 nm. Potencias desde 400 W a varios kW.

III.D.2.d.íííí. LÁMPARAS DE REPROGRAFIA Y FOTOQUÍMICA

Con espectros de emisión ultravioleta (UV-B, UV-A) y algo de visible. Pueden ser de vapor de mercurio y de halogenuros metálicos, ambas sin ampolla exterior o, a lo sumo, con una envoltura de vidrio especial que filtra la radiación ultravioleta inferior a 300 nm. La gama de potencias y modelos es muy extensa.

III.E. LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO

Constructivamente las lámparas de vapor de sodio a baja presión están formadas por dos ampollas de vidrio tubulares. La ampolla interna o tubo de descarga tiene forma de U y en su interior se encuentra una pequeña cantidad de gas neón a baja presión y sodio puro en forma de gotas, cuando está frío; así mismo, en los extremos del tubo de descarga se

encuentran dos electrodos de filamento de wolframio, sobre los que se ha depositado un material emisor de electrones.

La ampolla exterior envolvente, tiene como misión la protección térmica y mecánica del tubo de descarga, y entre las dos se ha hecho el vacío. Al aplicar tensión entre los electrodos, se produce la descarga a través del gas neón, la cual determina la emisión de una luz roja característica de este gas. El calor generado por la descarga produce la vaporización progresiva del sodio y, como consecuencia, la descarga pasa a efectuarse en una atmósfera en la que la concentración de sodio es cada vez mayor, produciendo una luz cada vez más amarilla.

El rendimiento de estas lámparas es óptimo cuando la temperatura interna alcanza los 270° C, por lo que la pared interna del tubo exterior lleva una fina capa de óxido de indio, el cual permite el paso de las radiaciones visibles, pero detiene el 90% de las radiaciones infrarrojas, que se invierten en calentar el tubo.

III.E.1. BAJA PRESIÓN

La descarga en vapor de sodio baja presión es muy similar a la de mercurio baja presión, con la diferencia de que la temperatura en el tubo de descarga es más elevada (260°C) para asegurar la vaporización del sodio.

Sus características fundamentales es que alrededor del 90 % de la radiación emitida se verifica en la banda de 589-589.6 nm, correspondiendo el resto, casi en su totalidad, al infrarrojo corto (IR-A). Este tipo de radiación monocromática amarilla está muy próximo al máximo de la curva de sensibilidad espectral del ojo, lo que convierte a esta lámpara en la más eficaz de las fuentes de luz existentes.

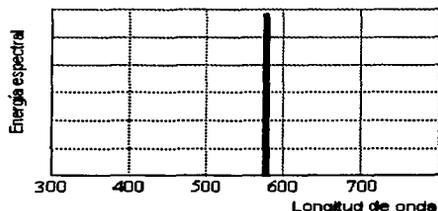


Figura 56: Espectro de una lámpara de vapor de sodio a baja presión

La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrece es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su monocromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos.



Figura 57: Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a baja presión

Los componentes más significativos de este tipo de lámparas son:

- a) *Tubo de descarga.*- De vidrio duro, recubierto en su cara interior por una capa de vidrio tratado con boratos resistente al sodio (que es agresivo con el vidrio normal). Su sección es circular, salvo en algunos modelos con tubo de descarga rectilíneo, cuya sección es en forma de cruz o creciente, para reducir la anchura del arco.

Presenta una forma doblado en U, con una serie de salientes perimetrales, cuya menor temperatura que el resto del tubo lo convierte en receptores del sodio condensado. Estos pequeños depósitos de sodio tienen por objeto impedir la migración del sodio hacia lugares indeseados del tubo de descarga. El tubo contiene los electrodos, el sodio y el gas de llenado.

- b) *Electrodos.*- De hilo grueso de tungsteno en doble espiral, recubierto por sustancias emisoras (óxido de metales alcalinos-térreos). La construcción de los electrodos está pensada para aumentar su duración a pesar del elevado valor de la corriente de arco.

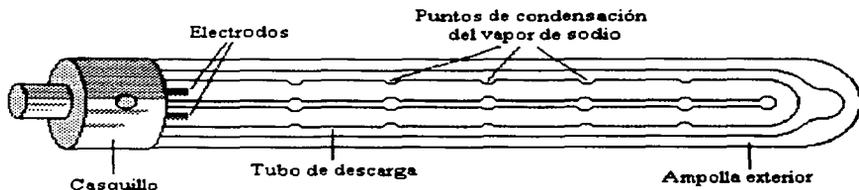


Figura 58: Lámpara de vapor de sodio a baja presión

- c) *Gas de llenado.*- Habitualmente neón, en ocasiones con un ligero contenido en argón (1%) para reducir la tensión de encendido.
- d) *Ampolla exterior.*- De vidrio, en forma cilíndrica, recubierto internamente por una capa de óxido de indio, que transmite la radiación amarilla del sodio y refleja el orden del 80% de la radiación infrarroja hacia el tubo de descarga. La misión de esta ampolla es mantener la temperatura óptima del tubo de descarga (260°C),

para lo cual, además de la reflexión del infrarrojo, se hace el vacío (ausencia de transmisión de calor por convección) y se añaden compuestos absorbentes (gétteres) que mantienen el vacío a lo largo de la vida de la lámpara, al absorber los gases que se producen cuando la lámpara está en servicio.

- e) *Casquillos*.- Normalmente bayoneta (B).

III.E.1.a. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Los electrodos no son precalentados (arranque en frío), por lo que la tensión de encendido es bastante elevada (400-600 V), lo que requiere la ayuda de un balastro auto transformador o un arrancador electrónico, y en cuanto al reencendido exige un corto periodo de enfriamiento, aproximadamente 3 minutos, aunque existen dispositivos de reencendido instantáneo (con arrancadores electrónicos).

Su *vida media* esta limitada por la desactivación de los electrodos o las pérdidas de sodio, por migración hacia puntos fríos indeseados del tubo de descarga. Se establece alrededor de las 15,000 horas.

Y su *vida útil* es del orden de 6,000-8,000 horas, para regimenes de conexión de 3 horas por encendido.

III.E.1.b. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS

Tabla 32: Lámparas de vapor de sodio baja presión (balastro auto transformador)

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia con auxiliares (lm/W)
35	4,800	137	84
55	8,000	145	105
90	13,500	150	109
135	22,500	167	131
180	32,000	178	145

* Fuente: técnicas y aplicaciones de iluminación.

III.E.1.c. VENTAJAS

Sus ventajas más importantes son:

- Eficacia luminosa: es la más elevada de todas las fuentes de luz, lo que las convierte en lámparas en mejor aprovechamiento energético.
- Precio moderado (similar a las de alta presión), que igualan los costes de inversión en aquellas aplicaciones que no tengan especiales requerimientos de color (autopistas, puerto, aeropuertos, incluso alumbrado público) y donde la potencia instalada adquiere valores muy importantes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.E.1.d. LIMITACIONES

Sus limitaciones más importantes son:

- Fundamentalmente su *nula reproducción cromática*, que causa el rechazo (a veces injustificado) de esta fuente de luz en numerosas aplicaciones, incluso en las señaladas anteriormente que, en realidad, no precisan unas prestaciones de color determinadas.
- Longitud considerable de la lámpara (creciente con la potencia) que dificulta considerablemente su instalación en sistemas de iluminación por proyección. Sin embargo su utilización masiva (en aplicaciones donde es justificable su empleo) no parece posible, ni siquiera a largo plazo, por dos factores fundamentales:
- La resistencia psicológica ante sus escasas prestaciones de color.
- El desarrollo progresivo de la eficacia luminosa de su mayor competencia, la lámpara de vapor de sodio de alta presión.

III.E.2. ALTA PRESIÓN

La descarga en vapor de sodio alta presión ha encontrado la dificultad de su desarrollo práctico en la obtención de un material resistente al sodio, a las temperaturas del orden de los $1,000^{\circ}\text{C}$ que se producen en el tubo de descarga y, a la vez, transparente a la radiación visible.

En contraposición con la descarga de sodio baja presión, la descarga en alta presión, presenta las siguientes características: contratación

- Uso intenso del arco, en el eje del tubo de descarga, con un alto gradiente de temperatura entre el arco ($4,000^{\circ}\text{K}$) y la pared del tubo ($1,500^{\circ}\text{K}$).
- Espectro de emisión de bandas ampliadas, muy destacadas las típicas del sodio 589 y 589.6 nm, junto con otras suplementarias (498, 568, 615, 616 nm, e infrarrojos) producto de las transiciones de niveles energéticos más elevados y una muy pequeña parte continua. No existe prácticamente emisión ultravioleta.

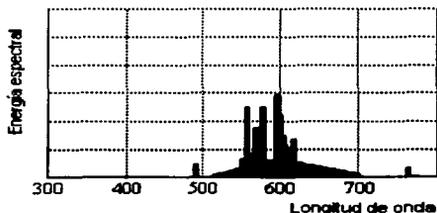


Figura 59: Espectro de una lámpara de vapor de sodio a alta presión

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ($T_{\text{color}} = 2100^{\circ} \text{K}$) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión ($\text{IRC} = 25$, aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.



Figura 60: Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a alta presión

Los componentes más significativos de este tipo de lámparas son:

- a) *Tubo de descarga.*- De óxido de aluminio translúcido (factor de transmisión de la radiación visible del orden del 90 %), con un pequeño aditivo (0.2 %) de óxido de magnesio, que tiene como misión impedir el aumento de tamaño de los cristales de aluminio, que perjudicaría la transmisión.

Presenta una forma cilíndrica, de reducido tamaño cerrada en sus extremos por discos de aluminio o niobio. Contiene los electrodos, el sodio, el gas de llenado, e incluye una pequeña porción de mercurio.

- b) *Electrodos.*- Constituidos por una varilla de tungsteno (o aleación de tungsteno y titanio), por la que se arrollan hilos de tungsteno espiralado, recubierto de sustancias emisoras de electrones.
- c) *Gas de llenado.*- Xenón, junto con el vapor de mercurio y el del propio sodio.

El xenón facilita el arranque, incluso a baja temperatura y, por su baja conductividad térmica, reduce las pérdidas de calor del tubo de descarga; el vapor de mercurio ejerce un efecto amortiguador sobre la movilidad de los electrones protegiendo los electrodos.

Esta mezcla de gases permite reducir la longitud del arco (y las dimensiones del tubo) manteniendo la tensión de arco, con un aumento de su temperatura, emisión y eficacia luminosa.

- d) *Ampolla exterior.*- Generalmente de vidrio, con dos ejecuciones típicas:
- Tubular, ampolla clara.
 - Ovoide, recubierta interiormente por una capa difusora.

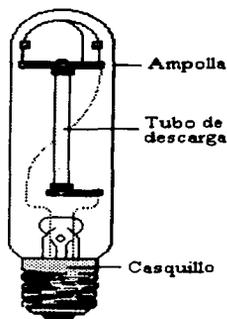


Figura 61: Lámpara de vapor de sodio alta presión

- e) **Casquillos.**- En la mayoría de los casos, rosca Edison (E), aunque existen también lámparas tubulares de conexión bilateral (casquillos tipo F). Las de muy alto IRC suelen presentar casquillos de espigas (PG).

III.E.2.a. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

En cuanto al encendido el método usual se basa en la utilización de un arrancador electrónico, capaz de proporcionar impulsos de tensión de 2-5 kV, según la potencia de la lámpara, necesarios para asegurar la descarga. Se utiliza generalmente un tiristor que descarga la energía almacenada en un condensador sobre el balasto, o bien directamente sobre la lámpara, y el reencendido exige un tiempo de espera muy breve, alrededor de 1 minuto, para lograr reducir las condiciones de presión, que permite reiniciar la descarga. La posibilidad de reencendido inmediato en caliente se consigue mediante arrancadores especiales con picos de tensión de 30 a 60 kV.

Su vida media está limitada fundamentalmente por la elevación de la tensión de arco de la lámpara y eventualmente por deterioro de propio tubo. Se establece con unas 20,000-24,000 horas. Su vida útil está condicionada por la disminución de flujo luminoso, debido, por una parte, a la acumulación de impurezas (deposito de sustancias emisiva) en el tubo de descarga, que son particularmente importantes a medida que su dimensiones son más reducidas y, por otra parte, al depósito de restos de aluminio, procedentes del tubo de descarga, sobre la ampolla exterior.

Los valores habituales de vida útil (al 80% del flujo luminoso inicial) son del orden de 8,000-12,000 horas, dependiendo del modelo de lámpara y de su utilización.

III.E.2.b. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ENERGÉTICAS

Son lámparas con arrancador interno, situado dentro de la ampolla exterior, que pueden adoptar dos configuraciones básicas:

Tabla 33: Lámparas de sodio alta presión con IRC 25.- Las lámparas de ampolla ovoide con recubrimiento difusor experimentan una reducción de flujo luminoso del orden del 10%.

Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia con auxiliares (lm/W)
35	2,100	60	42
50	3,400	68	51
70	6,000	86	68
100	10,000	100	86
150	16,000	107	96
250	27,000	108	97
400	48,000	120	109
1,000	130,000	130	124

* Fuente de técnicas y aplicaciones de iluminación.

Las lámparas de sodio con autoencendido:

Entre los elementos más importantes para el encendido de este tipo de lámparas tenemos:

- Cebador, con interruptor bimetalico que controla al cebador una vez que se ha producido la descarga (lámparas de pequeña carga de potencia).
- Anillo de arranque, arrollado en espiral sobre el tubo de descarga, que facilita la ionización del gas en el arranque (lámparas de potencia usual).

III.E.2.c. VENTAJAS

Sus principales ventajas son:

- Alta eficacia luminosa (sólo superada por el sodio baja presión) que la convierte en la practica, en la fuente de luz más eficaz para un gran número de aplicaciones.
- Adecuado rendimiento de color de las lámparas convencionales en muchas aplicaciones comunes, mejorado apreciablemente en los nuevos desarrollos.
- Elevadas vidas media y útil, con un adecuado nivel de mantenimiento del flujo luminoso.
- Equipos auxiliares de calidad contrastada y alto índice de fiabilidad y duración. Pueden operar en cualquier posición de funcionamiento sin presentar problemas.
- Precio moderado, que aun siendo claramente superior a de las lámparas de mercurio, se rentabilizan en razón de sus altas prestaciones energéticas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.E.2.d. LIMITACIONES

Las limitaciones más importantes son:

- a) No consiguen acercarse, por el momento, a los valores de reproducción cromática ofrecidos por las lámparas de halogenuros metálicos, lo que restringe su aplicabilidad en los casos en que este factor resulta prioritario.
- b) Apariencia de color cálida, que tiene un rechazo psicológico cuando se trata de ofrecer muy altos niveles de iluminación, sobre todo en aplicaciones de alumbrado interior.

III.F. LUMINARIAS

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas. Como esto no basta para que cumplan eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre otras.

A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que debe cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética.

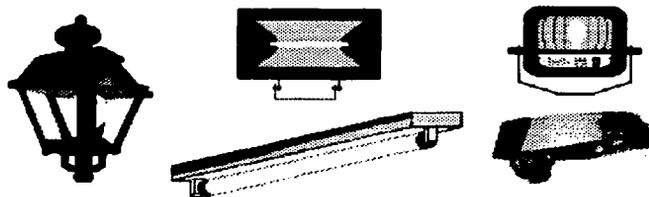


Figura 62: Ejemplos de luminarias

III F.1. CLASIFICACIÓN

Las luminarias pueden clasificarse de muchas maneras aunque lo más común es utilizar criterios ópticos, mecánicos o eléctricos o en su caso según las características ópticas de la lámpara.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una primera manera de clasificar las luminarias es según el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo, según esta clasificación se distinguen seis clases.

Directa	0-10%	Semi-directa	10-40%
	90-100%		60-90%
General difusa	40-60%	Directa-indirecta	40-60%
	40-60%		40-60%
Semi-directa	60-90%	Indirecta	90-100%
	10-40%		0-10%

Figura 63: Clasificación de luminarias

- 1°- Clasificación CIE según la distribución de la luz.
- 2°- Para las luminarias destinadas al alumbrado público se utilizan otras clasificaciones.
- 3°- Clasificación según las características mecánicas de la lámpara.
- 4°- Clasificación según las características eléctricas de la lámpara.

Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

Tabla 34: Clase de luminarias.

Clase	Protección eléctrica
0	Aislamiento normal sin toma de tierra
I	Aislamiento normal y toma de tierra
II	Doble aislamiento sin toma de tierra.
III	Luminarias para conectar a circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a la mencionada.

5°- Otra clasificación posible es atendiendo al número de planos de simetría que tenga el sólido fotométrico. Así, podemos tener luminarias con simetría de revolución que tienen infinitos planos de simetría y por tanto nos basta con uno de ellos para conocer lo que pasa en el resto de planos (por ejemplo un proyector o una lámpara tipo globo), con dos planos de simetría (transversal y longitudinal) como los fluorescentes y con un plano de simetría (el longitudinal) como ocurre en las luminarias de alumbrado viario.

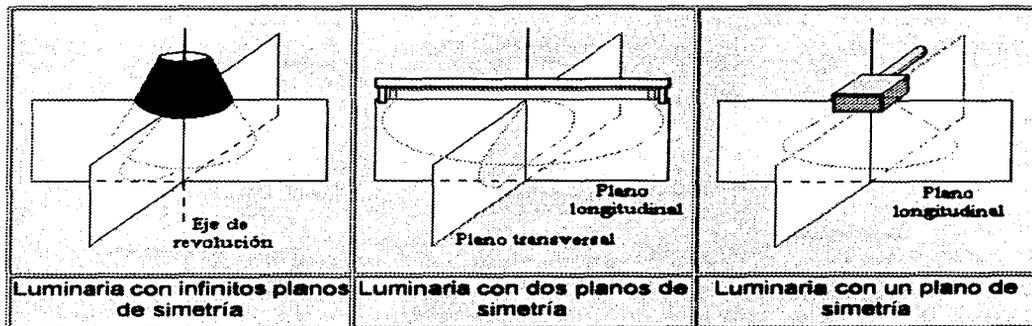
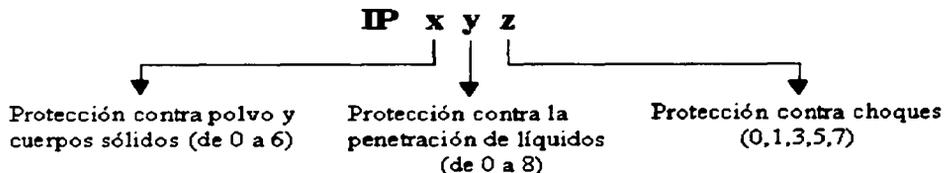


Figura 64: Distribución de la luz

6°- Las luminarias se clasifican según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas nacionales (UNE 20324) e internacionales, las luminarias se designan por las letras IP seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Otras clasificaciones posibles son según la aplicación a la que esté destinada la luminaria (aluminado viario, alumbrado peatonal, proyección, industrial, comercial, oficinas, doméstico...) o según el tipo de lámparas empleado (para lámparas incandescentes o fluorescentes).

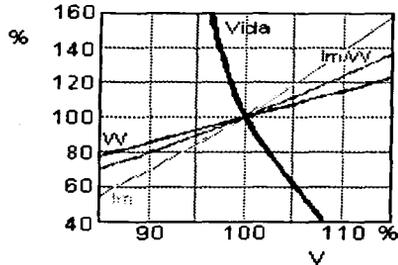


Figura 65: Efecto de las variaciones de tensión (%) sobre las características de funcionamiento de las lámparas incandescentes

III.G. APLICACIÓN

Los niveles de iluminación para diversas tareas, recomendados en el informe # 29 de la "International Comisión of Illumination" (Comisión Internacional de Iluminación) constituida por los comités nacionales de iluminación de treinta países, estas recomendaciones representan valores mínimos en el lugar mismo de la tarea visual de acuerdo con la práctica actual; una total comodidad visual puede requerir niveles superiores.

Al especificar el nivel de iluminación de cierta área para cierta tarea se debe considerar otros aspectos además del económico, como son:

- a) Una iluminación adecuada es muy importante para lograr un ambiente confortable que haga del trabajo una actividad agradable, lo que conlleva una mejor calidad y una productividad alta.
- b) En el hogar, una iluminación adecuada aumenta la comodidad y ayuda a mantener un ambiente acogedor.

Se refiere al promedio interior considerado globalmente y a un plano horizontal de trabajo situado a 75 centímetros por encima del nivel del suelo. Cuando la zona de trabajo está en diferente posición, el nivel de iluminación recomendado debe considerarse en dicha posición. El valor medio en todos los puestos de trabajo no debe ser inferior al 0.8 del nivel de iluminación recomendado, cualquiera que sea la antigüedad de la instalación. El valor en cualquier puesto de trabajo y en cualquier momento no debe ser menor de 0.6 veces al recomendado.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla 35: Niveles de iluminación (iluminación requerida)

	Nivel de iluminación (luxes)
Zonas generales de edificios.	
Zonas de circulación (pasillos)	100
Escaleras fijas y eléctricas	150
Roperos y lavabos	150
Almacenes y archivos	150
Talleres de montaje.	
Trabajos pesados: ensamble de maquinaria pesada	300
Trabajos semipesados: ensamble de motores y de carrocerías	500
Trabajos finos: ensamble de maquinaria electrónica y de oficinas	750
Trabajos muy precisos: ensambles de instrumentos	1,500
Reproducción e impresión en colores	1,500
Grabados en cobre y acero	2,000
Encuadernado	500
Recortado y engomado	750
Industria textil.	
Desmenuzado, cardado, estirado	300
Hilado, ovillado, devanado, peinado y teñido	500
Hilado (fino), torcido y trenzado	750
Cosido e inspección	1,000
Carpinterías y fabricas de muebles.	
Aserraderos	200
Trabajos en banco y ensamble	300
Ebanistería y marquetería	500
Acabado e inspección final	750
Oficinas.	
Oficinas normales, mecanografiado y salas de proceso de datos	500
Oficinas generales extensas	750
Salas de dibujo	750
Salas de conferencias	500
Escuelas.	
Salones de clases y auditorios	300
Laboratorios, bibliotecas, salas de lecturas y pintura	500
Tiendas, comercios y zonas de exposición.	
Tiendas tradicionales	300
Supermercados	750

Museos y galerías de arte:		
- Objetos sensibles a la luz		150
- Objetos insensible a la luz		300
Edificios públicos.		
Cines:		
- Salas de proyección		50
- Vestibulo		150
Teatros y salas de conciertos:		
- Salón		100
- Vestibulo		200
Iglesias:		
- Nave		100
- Coro		150
Hogares y hoteles.		
<i>Hogares:</i>		
Dormitorios:		
- General		50
- En las cabeceras de las camas		200
Cuartos de aseo:		
- General		100
- Afeitado y maquillado		500
Cuartos de estar:		
- General		100
- Lectura y costura		500
Escaleras		100
Cocinas:		
- General		300
- Zonas de trabajo		500
Cuartos de trabajo o estudio		300
Cuartos de niños		150
<i>Hoteles:</i>		
Vestibulo de entrada		300
Comedor		200
Cocina		500
Dormitorios, baños:		
- General		100
- Local		300
Hospitales.		
Salas y habitaciones:		
- Alumbrado general		100
- Examen		300
- Lectura		200
- Circulación nocturna		5
Salas de examen		
- Alumbrado general		500
- Inspección localizada		1,000

Terapia intensiva:	
- Cabeceras de camas	50
- Observación	750
Salas de enfermeras	300
Quirófanos:	
- General	750
- Local	30,000
Laboratorios y farmacias:	
- General	500
- Local	750
Salas de autopsia:	
- General	750
- Local	10,000
Salas de consulta:	
- General	500
- Local	750
Plantas de proceso.	
Zonas generales del interior de la planta	300
Procesos automatizados	150
Zonas de control y laboratorios	500
Manufacturas farmacéuticas	500
Inspección	750
Comprobación de colores	1,000
Manufactura de neumáticos	500
Talleres de confección.	
Costura	750
Inspección	1,000
Planchado	500
Industrias eléctricas.	
Fabricación de cables	300
Ensamble de aparatos telefónicos	500
Embobinados	750
Montaje de receptores de radio y TV	1,000
Ensamble de componentes electrónicos y trabajos de precisión	1,500
Industria alimentaria.	
Zonas generales de trabajo	300
Procesos automáticos	200
Aderezo manual, inspección	500
Fundiciones.	
Naves de fundición	200
Moldeados pesados	300
Moldeados finos, fabricación de núcleos e inspección	500

Vidrio y cerámica.

Zonas de hornos	150
Zonas de mezclado, formado, moldeado y recocido	300
Acabados esmaltados y lustrados	500
Coloreado y decorado	750
Esmerilado de lentes y vajillas	1,000
Trabajos de precisión	1,500

Hierro y acero.

Plantas de producción que no precisan intervención manual	100
Plantas de producción que precisan intervención manual esporádica	150
Puestos de trabajo permanentemente ocupados	300
Plataformas de control e inspección	500

Industria del cuero.

Zonas generales de trabajo	300
Prensado, cortado, cosido y fabricación de zapatos	750
Clasificado, comprobación y control de calidad	1,000

Máquinas y talleres de ajuste.

Trabajos ocasionales	200
Trabajos pesados de máquina o banco y soldadura	300
Trabajos semipesados de máquina o banco y máquinas herramientas	500
Trabajos finos de máquina o banco, máquinas herramientas precisas, inspección y prueba	750
Trabajos de alta precisión, calibrado e inspección e pequeñas piezas complicadas	1,500

Talleres de pintura.

Lavado y aspersión burda	300
Pintado, aspersión y revestido ordinarios	500
Pintado, aspersión y revestido fino	750
Retocado e igualación de colores	1,000

Fábricas de papel.

Fabricación de papel y cartón	300
Procesos automáticos	200
Inspección, clasificación	500

Imprentas y encuadernación.

Máquinas de impresión	500
Composición y corrección de pruebas	750
Pruebas de precisión, retocado y mordentado	1,000

* Fuente de Phillips, 1983; Ramírez Vásquez, 1979; Westinghouse, 1985.

Con respecto al el número de luminarias (unidades de alumbrado) puede calcularse de la siguiente manera:

$$N = \frac{(E)(S)}{\Phi * I * CU * FPT} \dots\dots\dots \text{Fórmula 34}$$

Donde:

- N* = Número de luminarias o unidades de alumbrado (deseadas).
E = Iluminación requerida (según el lugar de trabajo, datos de tablas).
S = Superficie (de la instalación a iluminar).
 Φ = Flujo luminoso por lámpara (datos técnicos según lámpara de tablas).
I = Número de lámparas por luminarias (deseadas).
Cu = Coeficiente de Utilización.
FPT = Factor de Perdidas Totales.

Con respecto a la colocación de las luminarias depende de la arquitectura general, de las dimensiones del edificio, del tipo de luminarias y de la ubicación de las tomas de energía existentes.

Para conseguir una distribución uniforme de la iluminación sobre una zona, se recomienda respetar la separación resultante al usar los factores que aparecen en las notas de las tablas de datos técnicos según el tipo de luminarias "Separación no superior a " y que esta en función de la altura de montaje (al plano de trabajo). En la mayoría de los casos, resulta necesario colocarlas más próximas a fin de obtener los niveles de iluminación requeridos. Frecuentemente los equipos fluorescentes deben montarse en filas continuas.

Una vez determinado el número de luminarias conforme al plano real, se vuelve a calcular el nivel luminoso con la relación:

$$E_e = \frac{N_e * I * \Phi * CU * FPT}{S} \dots\dots\dots \text{Fórmula 35}$$

Donde:

- E_e* = Iluminación resultante según nueva especificación (según al número de lámparas deseadas y utilizadas).
N_e = Número de luminarias de la nueva especificación (*N* de Fórmula 34).

Ejemplo:

Se requiere el alumbrar una oficina donde se llevarán a cabo labores administrativas normales, usando la Fórmula 34 tenemos lo siguiente:

Datos:

E	= 500 luxes
S	= 12 x 6
Φ	= 2,900 lúmenes por lámpara
l	= 2 lámparas por luminaria
CU	= 0.557
FPT	= 0.64

Sustituyendo tenemos lo siguiente:

$$N = \frac{(500)(72)}{2,900 * 2 * 0.557 * 0.64} = 17.4$$

Por lo que lo indicado será instalar dieciocho luminarias con dos lámparas cada una y el nivel luminoso resultante de acuerdo al número de luminarias será:

$$E_r = \frac{18 * 2 * 2,900 * 0.557 * 0.64}{72} = 517 lux$$

La diferencia entre este resultado y el planteamiento original de 500 (nivel de iluminación) se considera aceptable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo IV

Las Computadoras, los Lenguajes de Programación y la Informática

Quando el hombre desarrolló el lenguaje hablado, se percató de que graba la información en superficies diversas le permitía recordar cosas, utilizó diversos tipos de pinturas orgánicas para plasmar lo que veía (pinturas rupestres), sin embargo es hasta cuando se inventó la tinta, que se tuvo uno de los elementos indispensables para registrar información de una forma más fácil.

IV.A. DESARROLLO DE LAS COMPUTADORAS

La computadora es una máquina en verdad sorprendente. Pocas herramientas pueden ayudarnos a desempeñar tantas tareas diferentes en tan diversas áreas de nuestra vida. Puede usar una computadora ya sea que necesite seguirle la pista a una inversión, publicar un boletín, diseñar un edificio o practicar el aterrizaje de un F14 en la cubierta de un portaaviones.

A principios de la década de 1980, cuando las computadoras personales comenzaron a ganar popularidad, muchos futuristas y analistas hicieron predicciones audaces acerca de la importancia de la computadora para la sociedad. Algunas personas incluso predijeron que, hasta el año 2000, ¡en ningún hogar faltaría una PC! La computadora, se pronosticó, llegaría a ser el centro nervioso de cada hogar controlando el termostato, encendiendo las luces, operando la videograbadora y más.

La gente no solo haría la mayor parte de su trabajo en o con una computadora, sino que casi todos los aspectos de sus hogares y vidas personales sería también afectados por las computadoras. Se imaginó que los consumidores pagarían sus cuentas y harían la mayor parte de sus compras por medio de una computadora. De hecho, no faltaron quienes advirtieron que se perdería empleos cuando las tiendas y bancos cerraran sus puertas: ¡sus servicios se volverían obsoletos por la computadora!

Por supuesto muchas de estas predicciones resultaron exageradas. Pero aunque aún no dependemos por completo de las computadoras, nuestro uso de ellas creció rápidamente en el siglo XX. Estas poderosas herramientas fabricadas con silicio, metal y plástico son tan indispensables que casi ningún negocio u organización puede funcionar con eficacia sin ellas. A pesar de que no todos los hogares tienen una computadora (ni siquiera la mitad de los existentes), las computadoras han llegado a ser herramienta personales cada vez más indispensables.

En términos generales, una computadora es un dispositivo electrónico usado para procesar datos. Existe un abismo entre la máquina de 1950 (cuando se crearon las primeras computadoras) y las computadoras actuales, que se están volviendo cada vez más pequeñas, más rápidas y más potentes, y que se usan en número creciente de aplicaciones.

En la década de los 40's y 50's del siglo XX, las computadoras eran máquinas para propósitos especiales que sólo instituciones enormes podían costear: los gobiernos, los ejércitos y las universidades. Las primeras computadoras, como la gigante ENIC (Electronic Numeric Integrator and Calculator; Calculador e Integrador Numérico Electrónico) y la UNIVAC (Universal Automatic Computer; Computadora Universal Automatica), eran tan grandes que abarcaban un gran espacio. Aun con sus enormes cerebros electrónicos, basados en el mismo tipo de tubos de vacío usados en los

primeros aparatos de radio y televisores, estas máquinas maravillosas tenían poco más poder de cómputo real que un reloj de pulsera digital o una calculadora de bolsillo.

En la década de 1960, las computadoras modernas empezaron a revolucionar en el mundo de los negocios. IBM introdujo su computadora (mainframe) Sistema/360 en abril de 1964 y la firma vendió más de 33,000 de estas máquinas. Como resultado del éxito comercial de su Sistema/360, IBM se convirtió en el estándar contra el cual serían medidos durante muchos años otros fabricantes de computadoras y sus sistemas.

En la década de 1970, con la introducción de sus computadoras PDP-11 y VAX, Digital Equipment Corporation (DEC) dio dos pasos gigantescos para llevar a las computadoras un uso común. Estos modelos venían en muchos tamaños para satisfacer diferentes necesidades y presupuestos. Desde entonces, las computadoras continúan reduciendo su tamaño a la vez que proporcionan más potencia por menos dinero. Hoy en día, el tipo más común de computadora se llama computadora personal, o PC, por que está diseñada para ser usada por una sola persona a la vez. A pesar de su tamaño, la computadora personal moderna es más potente que cualquiera de las máquinas del tamaño de un cuarto de las décadas de 1950 o 1960.

Las computadoras han llegado a ser fundamentales para la sociedad moderna que, sin ellas, la economía se caería. Son herramientas tan flexibles que la mayoría de las personas en el mundo de los negocios las usa todo el día. Los empleados de oficinas las utilizan para escribir cartas, mantener nóminas, crear presupuestos, comunicarse con colaboradores, encontrar información, administrar proyectos, etc. La mayoría de los agentes de ventas que viajan ahora llevan computadoras portátiles, conocidas como computadoras laptop o computadoras notebook, las cuales pueden ser tan potentes como las modelos de escritorio. Con una computadora portátil, un agente de ventas puede realizar pedidos, escribir cartas, dar seguimiento a sus gastos de viaje, actualizar archivos de clientes y crear presentaciones a todo color para ayudar a vender un producto.

IV.A.1. GENERACIONES DE LAS COMPUTADORAS

En 1946 John Von Neumann colaboraba con un grupo de la Universidad de Pensilvania en el diseño de una computadora que se denominaría EDVAC (computadora automática electrónica discreta y variable). La gran innovación de este diseño era el concepto de programa almacenado que realmente convertiría a la computadora y se cumpliría el sueño de Babbage. Con esta idea surgen otros diseños de inmediato, sin embargo la EDVAC fue construida hasta 1952. Lo importante de este diseño es que utilizaba el sistema de numeración binaria e introducía el concepto de programa almacenado, a diferencia del método de programación mediante conexiones hechas a mano por fuera. Este novedoso concepto permitió que no solo un grupo selecto de científicos utilizara la computadora, sino que ya fuese posible aplicarla en los más diversos problemas económicos administrativos, de producción y todo lo que involucrara el proceso de información. Entre las primeras aplicaciones de esa época estuvieron los cálculos que ayudaron a la construcción de la bomba H. Por las características de este equipo, se puede decir que la EDVAC se construyó como el proyecto innovador que concibió la primera computadora electrónica realmente automática, es decir, que funcionaría con la mínima intervención del hombre empleando el sistema binario.

IV.A.1.a. PRIMERA GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS

Para el momento en que Howard Aiken había terminado la Mark II, las computadoras basadas en relés ya eran obsoletas. El principal estímulo para desarrollar computadoras electrónicas estuvo en la segunda guerra mundial. Los submarinos alemanes, que destruían a la flota inglesa, se comunicaban por radio con sus almirantes en Berlín. Los británicos podían captar las señales de radio, pero los mensajes estaban encriptados usando un dispositivo llamado ENIGMA. La inteligencia británica había podido obtener una máquina ENIGMA robada a los alemanes, pero para quebrar los códigos era necesaria una gran cantidad de cálculo, que debía hacerse a alta velocidad.

Para decodificar estos mensajes, el gobierno británico construyó un laboratorio para construir una computadora, llamada COLOSSUS. Alan Turing, T. Flowers y M. Newman construyeron esta computadora (1943), que fue la primer computadora electrónica de la historia. Estaba construida de válvulas de vacío y no tenía dispositivos electromecánicos. A pesar de ello, al ser un secreto militar, su construcción no tuvo ninguna influencia posterior.

Primera Generación



Tubo al Vacío

Figura 66: Primera generación

En EE.UU., simultáneamente, había interés de la armada para obtener tablas que pudieran usarse para mejorar la precisión en los disparos de artillería pesada (en particular para armas antiaéreas), ya que hacerlos manualmente era tedioso y frecuentemente con errores. En 1943, John Mauchly y uno de sus alumnos, un joven ingeniero llamado John P. Eckert obtienen un subsidio de la armada para construir una computadora electrónica, que llamaron Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC). John Mauchly propuso construir una computadora electrónica digital para reemplazar al analizador diferencial, dando dos ventajas principales: la velocidad de la electrónica, y la precisión del principio digital. La computadora consistía de 18,000 válvulas de vacío y 1,500 relés. Consumía 140 KW/h y pesaba 30 toneladas. Su hardware electrónico era 10 veces más rápidos que los del analizador diferencial y 100 veces más rápido que un calculista humano; podía hacer 5,000 sumas por segundo. La computadora era programada por completo usando una técnica similar a los tableros de enchufes de

las antiguas máquinas de calcular (enciendiendo y apagando llaves y enchufando y desenchufando cables). Esta computadora no era binaria, sino decimal: los números se representaban en forma decimal, y la aritmética se hacía en el sistema decimal. Tenía 20 registros que podían usarse como un acumulador, cada uno de los cuales almacenaba números decimales de 10 dígitos. Luego que la ENIAC estuvo operativa, y se vio que tomaba tiempo considerable en preparar un programa e incorporarlo en el arnés, la máquina se modificó de tal forma que una secuencia de instrucciones pudiera leerse como una secuencia de números de dos dígitos que se ponían en una tabla de funciones. Para mantener la lógica simple, un solo registro quedó de acumulador, y los demás fueron usados como memoria. Mientras la ENIAC era construida, en 1944 Mark I se puso operativa. En el mismo año, prácticamente todas las máquinas de Zuse fueron destruidas por el bombardeo de los aliados a Berlín, por ende, su trabajo no tuvo influencia en máquinas posteriores. La computadora Z4, que entró en operación en 1945, sobrevivió al bombardeo y ayudó al desarrollo de postguerra de computadoras científicas en Alemania. Contenia unos 2,200 relés y trabajaba con números binarios de punto flotante normalizado con una mantisa de 22 bits. Una multiplicación tomaba entre 2.5 y 3 segundos. El programa se leía de dos lectoras de cinta perforada, y seguía teniendo memoria mecánica (para almacenar hasta 64 números).

En este mismo año, John Von Neumann introduce el concepto de programa almacenado. Una de las cosas que molestaba de las computadoras era que su programación con llaves y cables, era lenta, tediosa e inflexible. Propuso que los programas se almacenaran de forma digital en la memoria de la computadora, junto con los datos. Por otro lado, se dio cuenta que la aritmética decimal usada por la ENIAC (donde cada dígito era representado por 10 válvulas de vacío - una prendida y 9 apagadas -) podía reemplazarse usando aritmética binaria. Este diseño, conocido como Arquitectura de Von Neumann, ha sido la base para casi todas las computadoras digitales.

En 1945, Eckert y Mauchly comienzan a trabajar en un sucesor de la ENIAC, llamada EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer). También en este año, Aiken comienza a construir la Mark II. En el mismo año, trabajando con un prototipo de la Mark II, Grace Murray Hopper encuentra el primer "bug" (una polilla que provocó una falla en un relé).

En 1946, la ENIAC estaba operativa, funcionando en la Universidad de Pennsylvania. A pesar que no pudo ser usada para su propósito original de cálculos de balística, la finalización de la ENIAC provocó una explosión de interés de desarrollo de computadoras electrónicas. Luego que la guerra terminó, comenzó una nueva era para la computación científica. Los recursos dedicados a la guerra fueron liberados y dedicados a la ciencia básica. En particular, el departamento de Marina y la Comisión de Energía Atómica de los EE.UU. decidieron continuar soportando el desarrollo de computadoras. Las principales aplicaciones eran la predicción numérica del tiempo, la mecánica de fluidos, la aviónica, el estudio de resistencia de los barcos a las olas, el estudio de partículas, la energía nuclear, el cálculos de reactores, el modelado de automóviles, etc.

En 1947, la Mark II estuvo operativa en la Universidad de Harvard. En el mismo año se introduce el tambor magnético, un dispositivo de acceso aleatorio que puede usarse como almacenamiento para computadoras. En este mismo año William Shockley, John Bardeen y Walter Brattain, de los laboratorios Bell, inventaron la resistencia de transferencia (transfer resistor), comúnmente conocida como Transistor. El concepto estuvo basado en el hecho de que el flujo de electricidad a través de un sólido (como el silicio) puede

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

controlarse agregándose impurezas con las configuraciones electrónicas adecuadas. Las válvulas de vacío requieren cables, platos de metal, una cápsula de vidrio y vacío; en cambio, el transistor es un dispositivo de estado sólido.

En 1948, Claude Shannon presenta su "Teoría matemática de las comunicaciones". En el mismo año, entra en operación la Manchester Mark I, la primer computadora de programa almacenado. Fue diseñada por F. C. Williams y T. Kilburn en la Universidad de Manchester, y era un modelo experimental para probar una memoria basada en válvulas de vacío.

En 1949, Jay Forrester construye la computadora Whirlwind en el MIT. Contenía 5,000 válvulas, palabras de 16 bits, y estaba específicamente diseñada para controlar dispositivos en tiempo real.

En el mismo año, la EDSAC (Electronic Delayed Storage Automatic Computer) estuvo operativa en Cambridge. Era una computadora de programa almacenado, que fue diseñada por Maurice Wilkes. Esta fue propuesta especialmente para resolver problemas reales, y pudo resolver variedad de cálculos. Su primer programa (una tabla de raíces cuadradas) ejecutó el 6 de Mayo de 1949, y siguió operando hasta 1958. La EDSAC tenía 512 palabras de 17 bits.

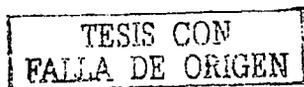
El diseño de la EDSAC era bastante útil para el usuario. Un botón de inicio activaba un uniselector que cargaba un programa que estaba cableado a la Memoria, y este programa cargaba programas que estaban escritos en cinta de papel en la memoria, y se comenzaba a ejecutar. En esta época los cálculos se hacían bit por bit.

En 1949, el laboratorio de Los Álamos EE.UU., se empieza a construir la computadora MANIAC I, que se terminó en Marzo de 1952. Esta computadora tenía un tambor auxiliar de 10,000 palabras de 40 bits en paralelo, y la unidad de Entrada/Salida tenía una cinta de papel de 5 canales, y un drive de cinta de un solo canal. También tenía una impresora de línea. Se dice que en este año, John Mauchly desarrolla el lenguaje "Short Order Code", que sería el primer lenguaje de programación de alto nivel. En 1950 la EDVAC se pone operativa, pero la Remington Rand Corporation (que se transformaría mas adelante en la Unisys Corporation) compra la Eckert-Mauchly Computer Corporation.

En 1951, Jay Forrester presenta, dentro del proyecto Whirlwind, una memoria no volátil: la memoria de núcleos, que sería ampliamente difundida. La primer UNIVAC I (Universal Automatic Computer) es puesta en funcionamiento en la Oficina de Censos. Esta computadora pasó a ser la número uno en el mercado comercial.

En el mismo año, Grace Murray Hopper construye el primer compilador, llamado A-0. También en este año, Maurice Wilkes origina el concepto de microprogramación, una técnica que provee una aproximación ordenada para diseñar la unidad de control de una computadora.

En 1952, Von Neumann, junto con Herman Goldstine, terminan de construir, en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton (IAS - Institute of Advanced Studies) la computadora IAS. Esta computadora también fue construida con el concepto de programa almacenado, y tenía otras características importantes.



Por otro lado, el diseño general de la máquina era el siguiente:

Cinco componentes básicos: la memoria; la Unidad Aritmético/Lógica, la Unidad de Control de Programas, y el equipamiento de Entrada/Salida:

- La Unidad Aritmético-Lógica ejecuta las operaciones básicas, y contiene un registro acumulador de 40 bits (que también se usa para Entrada/Salida). Las operaciones se hacen sobre datos binarios. La memoria almacena datos e instrucciones, y consistía de 4,096 palabras de 40 bits. Cada palabra contenía dos instrucciones de 20 bits, o un entero con 39 bits y signo. Las instrucciones usaban 8 bits para el tipo de instrucciones, y 12 bits para especificar direcciones de memoria.
- La Unidad de control interpreta las instrucciones en memoria, y hace que se ejecuten.
- El equipamiento de Entrada/Salida era operado por la Unidad de Control.

La computadora opera de la siguiente forma:

1. La Unidad de Control sigue el flujo del programa y hace que se ejecute.
2. La salida de datos se hace a través del registro acumulador.
3. Se usa aritmética binaria.
4. La ALU hace las operaciones Aritmético/Lógicas usando lógica bit-parallel.

En este año también se pone operativa la EDVAC, así como la ILLIAC I (de la Universidad de Illinois) y la ORDVAC (construida por la armada): todas usan la arquitectura de Von Neumann. La ILLIAC (una copia mejorada de la ORDVAC) tenía 1,024 palabras de 40 bits. En estas máquinas una suma tardaba unos 72 microsegundos, mientras que las multiplicaciones de punto fijo tenían un promedio de unos 700 microsegundos.

Durante todos estos desarrollos, IBM se había transformado en una pequeña compañía que producía perforadoras de tarjetas y ordenadoras mecánicas de tarjetas. La IBM tenía el monopolio de los equipos de procesamiento de datos a base de tarjetas perforadas y estaba teniendo un gran auge en productos como rebanadores de carne, básculas para comestibles, relojes y otros artículos; sin embargo no había logrado el contrato para el Censo de 1950.

Comenzó entonces a construir computadoras electrónicas y su primera entrada fue con la IBM 701 en 1953. Después de un lento pero excitante comienzo la IBM 701 se convirtió en un producto comercialmente viable. Sin embargo en 1954 fue introducido el modelo IBM 650, el cual es la razón por la que IBM disfruta hoy de una gran parte del mercado de las computadoras. La administración de la IBM asumió un gran riesgo y estimó una venta de 50 computadoras. Este número era mayor que la cantidad de computadoras instaladas en esa época en EE.UU. De hecho la IBM instaló 1,000 computadoras. El resto es historia. Aunque caras y de uso limitado las computadoras fueron aceptadas rápidamente por las compañías privadas y de gobierno. A la mitad de los años 50 IBM y Remington Rand se consolidaban como líderes en la fabricación de computadoras.

IV.A.1.b. SEGUNDA GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS

La primer computadora puramente basada en transistores fue la TX-0 (Transistorized eXperimental Computer 0). Esta fue un dispositivo usado para probar la TX-2. Uno de los ingenieros trabajando en este laboratorio, Kenneth Olsen, abandonó el laboratorio para formar la compañía DEC (Digital Equipment Company).

En 1956, IBM introduce el primer disco duro. En el mismo año, se diseña la primer computadora comercial UNIVAC puramente basada en transistores. En 1957 la EDSAC 2 estuvo operativa. Era una computadora con 1,024 palabras de 40 bits, con dos órdenes por palabras. Estaba hecha con válvulas, y la memoria usaba núcleos de ferrita. La ALU era bit-sliced. Se incluyeron operaciones de punto flotante para hacer los cálculos más simples, que usaba una fracción de 32 bits y un exponente de 8 bits. La computadora era microprogramada, con una ROM 768 palabras. La ROM permitía que diversas subrutinas útiles (seno, coseno, logaritmos, exponenciales) estuvieran siempre disponibles. La memoria fija incluía un ensamblador y un conjunto de subrutinas de impresión que permitían hacer Entrada/Salida.

Segunda Generación



Transistores

Figura 67: Segunda generación

Los microprogramas permitieron que las órdenes pudieran ser diseñadas cuidadosamente, menos dependientes de accidentes del hardware. La computadora ejecutaba una instrucción simple en unos 20 microsegundos, y una multiplicación precisaba 250 microsegundos. La lectora de papel leía 1,000 caracteres por segundo, y la perforadora perforaba 300 caracteres por segundo. La salida se seguía imprimiendo en una teleimpresora. En el mismo año, la computadora ERMETH se construyó en el ETH en Zurich. Tenía palabras de 16 dígitos decimales, cada uno de los cuales contenía dos instrucciones y un número de punto fijo de 14 dígitos o un número de punto flotante con una mantisa de 11 dígitos. Una suma de punto flotante tomaba 4 milisegundos; una multiplicación, 18 milisegundos.

También en 1957, John Backus y sus colegas en IBM produjeron el primer compilador FORTRAN (FORMula TRANslator). En 1958 se funda la compañía Digital, como fue

mencionado. Inicialmente la DEC sólo vendía plaquetas con pequeños circuitos. En el mismo año, se producen los primeros circuitos integrados basados en semiconductores (en las compañías Fairchild y Texas Instruments), y también el proyecto Whirlwind se extiende para producir un sistema de control de tráfico aéreo. En 1959 se forma el Comité en Lenguajes de sistemas de Datos (CODASYL - Committee On Data Systems Language) para crear el lenguaje COBOL (Common Business Oriented Language), y John Mc. Carthy desarrolla el Lisp (List Processing) para aplicaciones de inteligencia artificial.

En 1960, DEC introduce su primer computadora: la PDP-1. Esta computadora fue diseñada tomando como base la TX-0, y tenía 4,000 palabras de 18 bits. Costaba \$120,000, u.s. y tenía un tiempo de ciclo del procesador de aproximadamente 5 microsegundos (en comparación con la IBM 7090 que era una máquina de alta performance en la cual un ciclo procesador era de 2.5 microsegundos y su costo era de millones de dólares). Era la primer máquina con monitor y teclado, marcando el comienzo de las minicomputadoras. En 1961, Fernando Corbató en el MIT desarrolla una forma que múltiples usuarios puedan compartir el tiempo del procesador. También se patenta el primer robot industrial. En 1962, Steve Russell del M.I.T. crea el Spacewar (el primer video juego). En 1963, el sistema de defensa SAGE es puesto en marcha, gracias al cual se pudieron lograr muchos avances en la industria de la computadora.

En 1964, aparece el primer modelo de la computadora IBM 360. IBM había construido una versión con transistores de la 709, llamada 7090, y posteriormente la 7094. Esta tenía un ciclo de instrucción de 2 microsegundos, y 32,000 palabras de 36 bits. Estas computadoras dominaron la computación científica en los de 1960. IBM también vendía una computadora orientada a negocios llamada 1401. Esta podía leer cintas magnéticas, leer y perforar tarjetas, e imprimir. No tenía registros ni palabras de longitud fija. Tenía 4,000 de bytes de 8 bits cada uno. Cada byte contenía un carácter de 6 bits, un bit administrativo, y un bit para indicar un fin de palabra. La instrucción de movimiento de memoria a memoria movía datos de la fuente al destino hasta que encontraba el bit de fin de palabra prendido. El problema era la incompatibilidad de ambas computadoras: era imposible compartir el software, y de hecho era necesario tener dos centros de cómputos separados con personal especializado. La IBM System/360 fue una computadora diseñada con múltiples propósitos. Era una familia de computadoras con el mismo lenguaje de máquina, pero mayor potencia. El software escrito en cualquiera de los modelos ejecutaba directamente en los otros (el único problema era que, al portar un programa de una versión poderosa a una versión anterior, el programa podía no ser almacenado en memoria debido a su tamaño). Todas las IBM 360 proveían soporte para multiprogramación. También existían emuladores de otras computadoras, para poder ejecutar versiones de ejecutables de otras máquinas sin ser modificados. Tenía un espacio de direcciones de 16 megabytes.

En este mismo año 1964 se pone en operaciones la computadora CDC 6600 de la Control Data Corporation, fundada y diseñada por Seymour Cray. Esta computadora ejecutaba a una velocidad de 9 Mflops. (es decir, un orden de magnitud más que la IBM 7094), y es la primer supercomputadora comercial. El secreto de su velocidad es que era una computadora altamente paralela. Tenía varias unidades funcionales haciendo sumas, otras haciendo multiplicaciones, y otra haciendo divisiones, todas ejecutando en paralelo (podía haber hasta 10 instrucciones ejecutando a la vez). Douglas Engelbart inventa el mouse, y John Kemeny y Thomas Kurz desarrollan el language BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La marina de EE.UU. utilizó las computadoras de la Segunda Generación para crear el primer simulador de vuelo. (Whirlwind I). HoneyWell se colocó como el primer competidor durante la segunda generación de computadoras. Burroughs, Univac, NCR, CDC, HoneyWell, los más grandes competidores de IBM durante los años de 1960 se conocieron como el grupo BUNCH.

En 1965, la DEC fabrica la PDP-8, que fue la primer minicomputadora con transistores en módulos de circuitos integrados. Esta tenía un único bus (o sea, un conjunto de cables paralelos para conectar los componentes de la computadora, en lugar de las líneas multiplexadas de las computadoras de Von Neumann tradicionales).

IV.A.1.c. TERCERA GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS

Como fue mencionado, a fines de los años 1950, ingenieros en Fairchild Semiconductor Co. y en Texas Instrument desarrollaron el primer transistor plano, y mas adelante el primer circuito integrado plano. La invención del circuito integrado reveló el potencial para extender el costo y los beneficios de operación de los transistores a todos los circuitos producidos en masa. La invención del circuito integrado permitió que docenas de transistores se pusieran en el mismo chip. Este empaquetamiento permitió construir computadoras más pequeñas, rápidas y baratas que sus predecesores con transistores.

Tercera Generación



Circuitos Integrados

Figura 68: Tercera generación

Las primeras versiones de la IBM 360 eran transistorizadas, pero las versiones posteriores no solo eran más rápidas y poderosas, sino que fueron construidas en base a circuitos integrados.

En 1965, Gordon E. Moore (fundador de Fairchild, y patentador del primer circuito integrado) cuantificó el crecimiento sorprendente de las nuevas tecnologías de semiconductores. Dijo que los fabricantes habían duplicado la densidad de los componentes por circuito integrado a intervalos regulares (un año), y que seguirían haciéndolo mientras el ojo humano pudiera ver. En 1967, Fairchild introduce un chip que contenía una ALU de 8 bits: el 3800. En 1968, Gordon Moore, Robert Noyce y Andy

Grove establecen la compañía Intel, que en un principio se dedica a fabricar chips de memoria. En este mismo año, la computadora CDC 7600 logra la velocidad de 40 Mflops.

En el año 1969, el departamento de defensa de los EE.UU. encarga la red Arpanet con el fin de hacer investigación en redes amplias, y se instalan los primeros cuatro nodos (en la UCLA, UCSB, SRI y Universidad de Utah). También se introduce el estándar RS-232C para facilitar el intercambio entre computadoras y periféricos.

En 1970 aparecen los discos flexibles y las impresoras margarita. También comienza a usarse la tecnología de MOS (Metal-Oxide semiconductor) para circuitos integrados más pequeños y baratos.

IV.A.1.d. CUARTA GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS

Das mejoras en la tecnología de las computadoras marcan el inicio de la cuarta generación: el reemplazo de las memorias con núcleos magnéticos, por las de chips de silicio y la colocación de muchos más componentes en un Chip: producto de la microminiaturización de los circuitos electrónicos. El tamaño reducido del microprocesador y de chips hizo posible la creación de las computadoras personales (PC).

En 1971, Intel fabrica el microprocesador de 4 bits 4004, la primer computadora en un solo chip. Su objetivo era ser usado para una calculadora. Ya en 1972, Intel fabrica el 8008, primer microprocesador de 8 bits (que es reemplazado por el 8080, debido al límite de memoria de 16k impuesto por los pins en el chip).

En 1973, las técnicas de integración a gran escala (LSI - Large Scale Integration) permiten poner 3,000 componentes en un chip de 1 cm². En el mismo año, John Metcalfe propone el protocolo Ethernet para comunicación en redes locales. En 1975, la primer computadora personal, la Altair 8800, aparece en la revista Popular Electronics, explicando cómo construirla. También en ese año, IBM introduce la primer impresora láser.

En el año 1976, Steve Jobs y Steve Wozniak diseñan y construyen la Apple I, que consiste principalmente de un tablero de circuitos. IBM introduce las impresoras a chorro de tinta en ese mismo año, y Cray Research introduce la Cray 1, una supercomputadora con una arquitectura vectorial. También Intel produce el 8085, un 8080 modificado con algunas características extra de Entrada/Salida. Poco más tarde, Motorola introduce el procesador 6800, que era una computadora de 8 bits comparable al 8080. Fue utilizada como controlador en equipos industriales. Fue seguido por el 6809 que tenía algunas facilidades extra, por ejemplo, aritmética de 16 bits.

En 1977, Steve Jobs y Steve Wozniak fundan Apple Computer, y la Apple II es anunciada públicamente. En 1978, Intel produce el 8086, una CPU de 16 bits en un chip. Este procesador es completamente compatible con el 8080, y también lo fue el 8088, que tenía la misma arquitectura y corría los mismos programas, pero con un bus de 8 bits en lugar de uno de 16, haciéndolo más lento y barato. En este año DEC introduce la VAX 11/780, una computadora de 32 bits que se hizo popular para aplicaciones técnicas y científicas.

Cuarta Generación



Microprocesadores

Figura 69: Cuarta generación

En 1979, Motorola introduce el procesador 68000 que sería más adelante el soporte para las computadoras Macintosh, Atari, Amiga y otras computadoras populares. Este procesador no era compatible con el 6800 o el 6809. Es un híbrido entre arquitecturas de 16 y 32 bits, y puede direccionar 16 Mb de memoria. De aquí en más los procesadores 680x0 siguen siendo muy similares desde el punto de vista del programador, con pocas instrucciones agregadas en cada versión nueva. También en este año aparecen los videodiscos digitales.

En 1980 se produce la primera computadora portable: la Osborne 1. David Patterson, en la UC. Berkeley, introduce el concepto de RISC, y junto con John Hennessy, de Stanford, desarrollan el concepto.

IV.A.1.e. QUINTA GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS

En la década de los años 1980, fue posible la Integración a Muy Alta Escala (VLSI - Very Large Scale Integration) poniendo cientos de miles (y posteriormente millones) de transistores en un chip. En 1981 se lanza la computadora de arquitectura abierta IBM-PC, y un año más tarde se produce el primer "clon" de esta computadora. En 1982, el Gobierno de Japón inicia el proyecto de 5ª generación de computadoras, enfocado en desarrollo de hardware para soporte de inteligencia artificial. La computadora Cray X-MP (dos Cray-1 conectadas en paralelo) muestra ser tres veces más veloz que una Cray 1. En este año Intel pone a la venta los procesadores 80186 y 80188, que tenían funcionalidad similar al 8086/88, pero mayores facilidades de Entrada/Salida. También sale el procesador 68008 de Motorola, idéntico al 68000, pero que usaba un bus de datos de 8 bits a menor costo. En 1983, el procesador 68010 soluciona algunos problemas del procesador anterior, introduciendo facilidades para memoria virtual, y podía direccionar 2 Gb de memoria. En 1984, Phillips y Sony introducen el CD-ROM, que provee gran capacidad de almacenamiento para datos digitales. En el mismo año, Motorola introduce el procesador 68020, que tenía 250,000 transistores. Este era un procesador de 32 bits, con un bus de 32 bits e instrucciones de multiplicación y división de 32 bits. Este procesador fue el corazón de las principales estaciones de trabajo científicas y de

ingeniería (tales como las de Sun Microsystems, Apollo y Hewlett-Packard). La NEC fabrica un chip de 256 Kbits, e IBM un chip de RAM de 1 Mbit. Intel introduce su procesador 80286, que fue usado principalmente en la IBM PC/AT y en los modelos PS/2, que permitía direccionar más de 1 Mb de memoria.



Figura 70: Quinta generación

En 1985, la computadora Cray alcanza una velocidad de 713 Mflops. Intel introduce el procesador 80386, con procesamiento de 32 bits y administración de memoria en el chip. La versión SX era una versión especial del 80386 que se podía insertar en un slot de un 80286 para proveer una mejora parcial de las 80286 existentes.

En 1988, Motorola presenta su serie de microprocesadores RISC de 32 bits con procesador 88000. Estos pueden llegar a velocidades de hasta 17 millones de instrucciones por segundo. En 1989, se introduce el chip Intel 80486 que tenía 1,200,000 transistores. Este chip incluye un coprocesador de punto flotante, un controlador de memoria y una memoria caché de 8 Kb en el chip. Este procesador es de 2 a 4 veces más rápido que el 386, y está mejor preparado para construir multiprocesadores. También Cray funda Cray Computer Corporation, y construye la Cray 3 usando chips de Arseniuro de Galio. En 1991, Cray Research desarrolla la Cray Y-MP C90 que tenía 16 procesadores y una velocidad de 16 Gigaflops. IBM, Motorola y Apple se unen para construir el procesador Power PC.

En 1992, DEC introduce el primer chip que implementa su arquitectura de 64 bits Alpha. En 1993, Intel introduce el Pentium. El microprocesador Power PC de Motorola contiene 7 millones de transistores, el Pentium II de Intel contiene aproximadamente 7.5 millones, y el microprocesador Alpha de Digital contiene casi 10 millones. NEC anunció en 1997 que había desarrollado un chip DRAM de 4 Gigabits. En el 2010 habrá disponibles Terachips (capaces de manejar un trillón de bits o instrucciones). Para lograr tales densidades hace falta desarrollar elementos que sean de 1/10,000 de milímetro (aproximadamente el ancho de una cadena de ADN).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.A.2. TIPOS DE COMPUTADORAS

Las computadoras vienen de muchos tamaños y con capacidades variables. Los términos que describen los diferentes tipos de computadoras se acuñaron desde hace algún tiempo, aunque las capacidades de cada tipo han cambiado con rapidez. Éstos son los términos:

- Supercomputadora.
- Mainframe.
- Minicomputadora.
- Terminales de trabajo.
- Microcomputadora.

Todos estos tipos de computadoras pueden conectarse para formar redes de computadoras, pero cada computadora individual, esté en una red o no, cae en una de estas categorías.

IV.A.2.a. SUPERCOMPUTADORAS

Las supercomputadoras son las computadoras más potentes que hay. Están construidas para procesar cantidades enormes de datos. Por ejemplo, los científicos elaboran modelos de procesos complejos y simulan estos procesos en una supercomputadora. Uno de estos procesos es la fisión nuclear. Cuando el material fisionable se acerca de una masa crítica, los investigadores desean saber con exactitud qué sucederá durante cada nanosegundo de la reacción nuclear en cadena. Una supercomputadora puede simular las acciones de literalmente millones de átomos mientras interactúan.

Otro estudio complejo para el que los científicos usaron una supercomputadora fue el de la contaminación del aire en la ciudad de Los Ángeles, Estados Unidos. Se requirió un modelo que abarcaba más de 500,000 variables, que incluían elevaciones geográficas, temperaturas y sustancias químicas transportadas por el aire, para crear la simulación precisa de la Cuenca de Los Ángeles y predecir los efectos de varias estrategias de control de la contaminación. Esta simulación habría tomado muchas horas usando una computadora menos potente, pero la supercomputadora lo hizo en media hora.

Debido a la tecnología de las computadoras cambia con tanta rapidez, en la actualidad, las capacidades avanzadas de una supercomputadora puede volverse las características estándares de una PC dentro de unos cuantos años; y la supercomputadora del año siguiente será mucho más potente que la de hoy. Las supercomputadoras contemporáneas por lo general cuestan más de \$20 millones de dólares, y consumen suficiente energía como para electrificar 100 casas.

IV.A.2.b. COMPUTADORAS MAINFRAME

El tipo más grande de computadora en uso común es la mainframe. Las computadoras mainframe se usan donde muchas personas en una gran organización necesitan acceso frecuente a las mismas información, que por lo general es organizada en una o más bases de datos enormes. Por ejemplo, considere el Departamento de Seguridad Pública

de Texas, EE.UU., donde las personas obtienen sus licencias para conducir: esta agencia estatal mantiene oficinas en todas las ciudades importante en Texas, cada una de las cuales tiene muchos empleados que trabajan en terminales de computadora. Una terminal es un teclado y una pantalla conectados con la mainframe; no tiene su propia CPU o almacenamiento, es sólo un dispositivo de Entrada/Salida (E/S) que funciona como una ventana a una computadora localizada en otra parte.

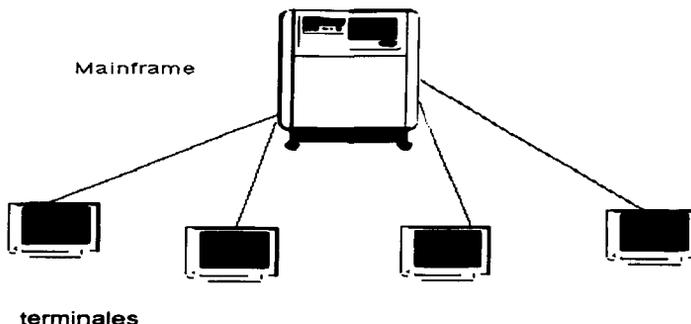


Figura 71: Mainframe

Las computadoras mainframe pueden costar desde \$35,000 hasta muchos millones de dólares. Era común que las computadoras mainframe ocuparan cuartos completos o incluso todo un piso de un gran edificio. Por lo general, las colocaban en oficinas con ventanales y acondicionamiento especial de aire para mantenerlas frías, y en los pisos elevados para acomodar el cableado necesario para mantener conectado el sistema entero, esta disposición ya no es muy usual. En la actualidad, una computadora mainframe típica luce como un archivero o una hilera de archiveros, poco impresionante, aunque aún puede requerir un ambiente más o menos controlado.

IV.A.2.c. MINICOMPUTADORAS

Cuando Digital Equipment Company (DEC) comenzó a embarcar sus computadoras serie PDP a principios de la década de los años 1960, la prensa apodó a estas máquinas "minicomputadoras" debido a su pequeño tamaño comparado con otras computadoras de la época. Para disgusto de DEC, el nombre se quedó, más tarde, cuando se fabricaron computadoras aún más pequeñas construidas de microprocesadores, en un principio fueron llamadas microcomputadoras, pero, con el tiempo, se les llamó computadoras personales.

Por su capacidad una minicomputadora se encuentra entre las mainframe y las computadoras personales por esta razón, a menudo se hace referencia a las minicomputadoras como computadoras de alcance medio. Como las mainframe, las minicomputadoras pueden manejar mucho más entradas y salidas que las computadoras personales. Aunque algunas están diseñadas para un solo usuario, muchas pueden manejar docenas o incluso cientos de terminales.

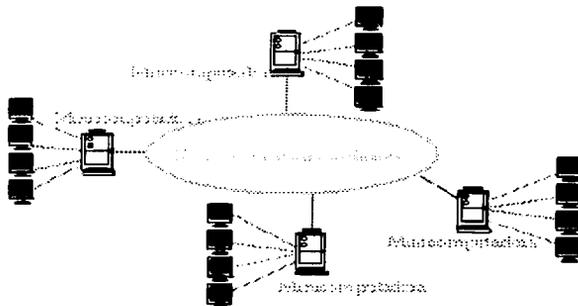


Figura 72: Minicomputadoras

Las minicomputadoras cuestan entre \$18,000 y \$500,000 dólares, y son ideales para muchas organizaciones y compañías que no pueden costear o no necesitan mainframe. Las minicomputadoras son relativamente baratas pero tienen algunas de las características deseables de una mainframe. Los principales fabricantes de minicomputadoras incluyen DEC, Data General, IBM y Hewlett-Packard.

IV.A.2.d. ESTACIONES DE TRABAJO

Entre las minicomputadoras y las microcomputadoras en términos de potencia de procesamiento existe una clase de computadoras conocidas como estaciones de trabajo. Una estación de trabajo se ve como una computadora personal y generalmente es usada por una sola persona, al igual que una computadora. Aunque las estaciones de trabajo son más poderosas que la computadora personal promedio. Las estaciones de trabajo tienen una gran diferencia con sus primas las microcomputadoras en dos áreas principales. Internamente, las estaciones de trabajo están construidas de forma diferente que las microcomputadoras. Están basadas generalmente en otra filosofía de diseño de CPU llamada procesador de cómputo con un conjunto reducido de instrucciones (RISC), que deriva en un procesamiento más rápido de las instrucciones.

IV.A.2.e. MICROCOMPUTADORAS

Los términos microcomputadora y computadora personal son indistintos, pero PC, que significa computadora personal, en ocasiones tiene un significado más específico. En 1981, IBM llamó a su primera microcomputadora IBM-PC. En unos cuantos años, muchas

compañías habían copiado el diseño de IBM, creando "clones" o "compatibles" que aspiraban a funcionar igual que la original. Por esta razón el término PC llegó a significar la familia de computadoras que incluyen las IBM, y compatibles con IBM. La gran mayoría de las microcomputadoras vendidas en la actualidad son parte de esta familia. La computadora Apple Macintosh, sin embargo, no es una IBM, ni una compatible. Es otra familia de microcomputadoras, fabricadas por Apple Computer. Así, es preciso decir que una Macintosh es una computadora personal, pero muchos consideran erróneo referirse a la "Mac" como una PC.

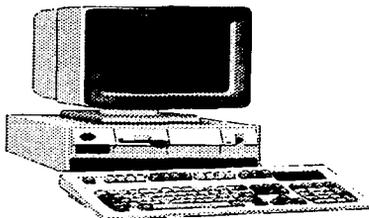


Figura 73: Microcomputadora

Una causa de la popularidad de las PC es la velocidad con la que se hacen mejoras en la tecnología. Microprocesadores, chips de memoria y dispositivos de almacenamiento siguen aumentando de velocidad y capacidad, mientras el tamaño físico y el precio permanecen estables, o en algunos casos se ven reducidos. Por ejemplo, comparada con la PC típica de hace diez años, una máquina del mismo precio en la actualidad tendrá al menos ocho veces más Amplitud Modulada, alrededor de 50 veces más capacidad de almacenamiento y un microprocesador al menos 75 veces más rápido. Es más, muchos analistas creen que este ritmo de cambio continuará durante otros 10 o 20 años.

IV.A.3. CLASIFICACIÓN DE LAS COMPUTADORAS

Actualmente las computadoras se clasifican en tres grandes tipos:

- Digitales
- Analógicas
- Híbridas

De ellas la más utilizada (tanto científica como comercialmente) son las digitales, que permiten el procesamiento de datos discretos. Como ejemplo tenemos procesamiento de información estadística.

Las computadoras analógicas se orientan normalmente para trabajos especializados en donde las variables están medidas en una escala continua. Los resultados se obtienen a partir de simulación, mediante circuitos electrónicos, de los fenómenos o estructuras en estudio; como ejemplo pueden ser las oscilaciones que se producen durante un sismo, el comportamiento de la suspensión de un coche, procesos industriales con manejo de

fluidos, etc. Su uso a disminuido notablemente y tiende a desaparecer debido a que puede emularse a través de computadoras digitales.

Por ultimo los procesadores híbridos se aprovechan en casos muy específicos, procesando la información tanto en forma analógica como discreta, como en el caso de la medición del funcionamiento de los órganos vitales de un paciente en un hospital con la consiguiente interpretación de valores continuos como discretos.

La ventaja de un procesador analógico es la de producir el resultado en forma casi instantánea, como en el caso de la lectura de un velocímetro. En contrasté, un procesador digital requiere, en ocasiones, de millones de operaciones para obtener un resultado similar; sin embargo, la ventaja de este ultimo es que puede predeterminarse un grado de precisión y en los dispositivos analógicos cuando mucho se alcanza un 0.1%.

IV.A.4. ELEMENTOS BÁSICOS DE LAS COMPUTADORAS

Las computadoras son máquinas para propósitos generales. Usted puede usarlas con igual eficacia para calcular números que para crear documentos o dibujos o para controlar las máquinas. Estas están constituidas esencialmente en dos categorías que son el Hardware y el Software.

IV.A.4.a. HARDWARE

La computadora en sí (hardware), tiene muchos elementos, pero cada de ellas cae en una de las siguientes cuatro categorías:

1. Procesador.
2. Memoria.
3. Dispositivo de entrada y/o salida.
4. Dispositivo de almacenamiento.

Donde:

El procesador.- Es el que transforma los datos crudos en información útil (procesamiento). Para realizar esta transformación, la computadora usa dos componentes: el procesador y la memoria.

El procesador es como el cerebro de la computadora; es la parte que organiza y lleva a cabo las instrucciones que vienen ya sea del usuario o del software. En una computadora personal, el procesador por lo general consiste de uno o más microprocesadores, los cuales son piezas pequeñas de silicio u otro material grabadas con muchos circuitos electrónicos diminutos, el microprocesador está conectado a una tarjeta de circuitos, tablero rectangular rígido que contiene los circuitos que conectan al procesador con el resto del hardware. La tarjeta de circuitos a la que está conectada el microprocesador se llama tarjeta madre.

En algunas computadoras potentes, el procesador consiste de muchos chips y de las tarjetas de circuitos a las que están conectados. El termino unidad central de procesamiento (central processing unit: CPU) se refiere al hardware del procesamiento de

la computadora, ya sea que conste de un solo chip o de varias tarjetas de circuitos. Este "órgano vital" ocupa un espacio sorprendentemente pequeño en una PC.

Memoria.- Es la libreta electrónica de apuntes de la computadora. Los programas se cargan y se corren desde la memoria. Los datos usados por el programa también se cargan en la memoria para un acceso rápido. Del mismo modo conforme se introducen datos nuevos en la computadora, éstos se almacenan en la memoria, pero sólo en forma temporal. El tipo más común de memoria se llama memoria de acceso aleatorio o RAM (random access memory). Como resultado, el término "memoria" se usa por lo común para referirse a la RAM.

Quizá lo más importante que se debe recordar con respecto a la RAM es de que es volátil, así que necesita un suministro constante de energía. Cuando se apaga una computadora, todo lo que está en la RAM desaparece. Es por ello que debe grabar con frecuencia en un dispositivo de almacenamiento secundario todo aquello en lo que esté trabajando.

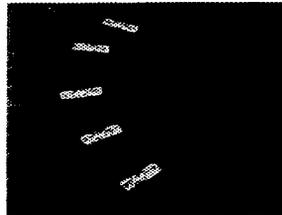


Figura 74: Memoria RAM

Uno de los factores más importante que afectan la velocidad y la potencia de una computadora es la cantidad de RAM que tiene. En general entre más RAM tiene una computadora es más lo que puede hacer. La unidad de medición más común para describir la memoria de una computadora es el byte, (la cantidad de memoria que se requiere para almacenar un solo carácter). Cuando las personas hablan de memoria, los números a menudo son tan grandes que es útil usar un término abreviado para describir los valores:

Kilobyte (KB): aproximadamente 1,000 byte.

Megabyte (MB): aproximadamente 1,000,000 byte.

Gigabyte (GB): aproximadamente 1,000,000,000 byte.

Las computadoras personales de la actualidad por lo común de 128 a 256 millones de bytes de memoria (o 128 a 256 MB), aunque sistemas más actuales rara vez tienen menos de 32 MB. Cada vez más, las generaciones más recientes de computadoras personales tienen más RAM que las anteriores debido a que las generaciones más recientes de sistemas operativos y software requieren cantidades cada vez mayores de RAM para operar con eficacia. Por consiguiente, como regla empírica, entre más RAM tiene una computadora, es mejor. Por lo general es posible aumentar la cantidad de memoria RAM a una computadora estándar; así, algunos sistemas de los más actuales pueden ser aumentados hasta casi 1 GB o más de RAM.

Dispositivos de entrada y salida.- Las computadoras serían inútiles si no proporcionaran un medio para interactuar con los usuarios. No podrían recibir instrucciones ni entregar los resultados de su trabajo. Los dispositivos de entrada aceptan datos e instrucciones del usuario; los dispositivos de salida devuelven los datos procesados al usuario. El término genérico dispositivo se refiere a cualquier pieza del hardware.

El dispositivo de entrada más común es el teclado, el cual acepta letras, números y comandos del usuario. Además las personas a menudo usan un ratón, el cual les permite dibujar en la pantalla y dar comandos moviendo el ratón sobre una superficie plana y oprimiendo sus botones. Algunos otros dispositivos de entrada son las trackballs, la palanca de juegos (joystick), los escáners, las cámaras digitales y los micrófonos.

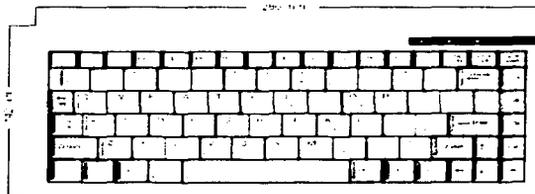


Figura 75: Teclado

La función de los dispositivos de salida es presentar datos procesados al usuario. Los dispositivos de salida más comunes son la pantalla de visualización, conocida como monitor y la impresora. La computadora envía salida al monitor cuando el usuario sólo necesita una copia en papel, también llamada "copia impresa". Además, de igual manera que las computadoras pueden aceptar sonido como entrada, puede incluir altavoces estereofónicos como dispositivos de salida para producir sonido.



Figura76 : Monitor

Algunos tipos de hardware pueden actuar tanto como dispositivos de entrada como de salida. Un ejemplo es la pantalla sensible al tacto, un tipo de monitor que muestra texto o iconos que pueden tocarse. Las pantallas sensibles al tacto son populares en bibliotecas, librerías y tiendas de música debido que permiten a los usuarios localizar con rapidez un

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

artículo sin vagar entre los pasillos o buscar en catálogos. Cuando se toca la pantalla, sensores especiales detectan el contacto, entonces la computadora calcula el punto en la pantalla donde el usuario colocó su dedo. Dependiendo de la ubicación del contacto, la computadora responde mostrando nuevos datos.

Sin embargo, los tipos más comunes de dispositivos que pueden ser de entrada y salida son los dispositivos de comunicación, los cuales conectan una computadora con otra, proceso conocido como conectividad en redes. Entre muchas clases de dispositivos de comunicación, los más comunes son los módems, los cuales permiten a las computadoras comunicarse a través de líneas telefónicas, y las tarjetas de interfaz de red (network interface cards; NIC), las cuales permiten a los usuarios conectar un grupo de computadoras para compartir datos y dispositivos.

Almacenamiento.- Es posible que una computadora funcione sólo con dispositivos de procesamiento, memoria, entrada y salida. Para ser realmente útil, sin embargo también necesita un lugar para mantener archivos de programas y datos relacionados cuando no se están usando. El propósito de almacenamiento es guardar datos e información.

Piense en el almacenamiento como un archivero electrónico y en la RAM como una mesa de trabajo electrónica. Cuando necesita trabajar con un programa o con un conjunto de datos, la computadora localiza en el archivero y pone una copia en la mesa. Después de que usted a terminado de trabajar con el programa y los datos, pone la nueva versión en el archivero. Existen tres diferencias importantes entre el almacenamiento y memoria:

1. Hay más lugares en el almacenamiento que en la memoria, como hay más lugares en un archivero que en una mesa.
2. Los contenidos son conservados en el almacenamiento cuando la computadora se apaga, mientras que los programas o lo datos que se ponen en la memoria desaparecen cuando se apaga la computadora.
3. El almacenamiento es mucho más barato que la memoria.

Recordemos que la diferencia entre almacenamiento y memoria, sus funciones son similares, pero trabajan de diferente forma. Los usuarios novatos de computadoras con frecuencia usan el término memoria cuando en realidad quieren decir almacenamiento o disco. Este error puede causar confusión.

Dispositivos comunes de almacenamiento.

El medio de almacenamiento más común es el disco magnético. Un disco es un objeto plano redondo que gira alrededor de su centro. Las cabezas de lectura/escritura, parecidas a las cabezas de una grabadora de cintas o de una videograbadora, flotan arriba y abajo del disco cerca de una superficie.

El dispositivo que contiene a un disco se llama unidad de disco. Algunos discos están contruidos dentro de la unidad y no están hechos para ser removidos; en otras clases de unidad de disco se pueden remover y reemplazar. La mayor parte de las computadoras personales tienen un disco duro no removible. Además, por lo general hay una o dos unidades de disco, las cuales permite al usuario utilizar disquetes removibles. Generalmente, un disco duro puede almacenar muchos más datos que los que puede almacenar un disquete, así que el disco duro sirve como el archivero principal de la computadora. Los disquetes se usan para cargar programas o datos nuevos en el disco

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

duro, intercambiar datos con otros usuarios y hacer copias de respaldos de los datos en el disco duro.



Figura 77: Disco duro

Debido a que se puede remover disquetes de una computadora, éstos se guardan dentro de una cubierta de plástico o vinilo para protegerlos de las huellas digitales y del polvo. Los primeros disquetes, usados por lo común a fines de la década de los setenta, eran disquetes de 8 pulgadas de diámetro. Debido a que la cubierta de vinilo era demasiado delgada, el disquete era frágil, o muy flexible. Como resultado, se dio en llamarlos discos flexibles. Después aparecieron los disquetes de 5 ¼ de pulgadas de uso extendido en las primeras PC. Por último apareció el disquete de 3 ½ de pulgadas con su cubierta de plástico duro.

Otros dispositivos de almacenamiento incluyen unidades de CD-ROM, unidades de cinta, unidades ópticas, unidades de disco duro removibles y muchos otros. La unidad de CD-ROM es el tipo más común después de las unidades de disco duro y de disquete. Los discos compactos son un tipo de dispositivo de almacenamiento óptico, idéntico a los CD de audio, que pueden almacenar alrededor de 700 MB, más o menos 450 veces más información que un disquete. El tipo usado en las computadoras se llama disco compacto de memoria de sólo lectura (Compact Disk Read-Only Memory: CD-ROM). El nombre implica que no se puede cambiar la información en el disco, del mismo modo que se puede grabar sobre un CD de audio.

Una tecnología de almacenamiento de datos que está surgiendo es el disco digital versátil (Digital Versatile Disk: DVD), el cual promete revolucionar el entretenimiento en el hogar. Usando nuevas tecnologías de compresión, un solo DVD (que es del mismo tamaño que un disco compacto estándar) puede almacenar una película de largo metraje. Los discos DVD requieren un reproductor especial; sin embargo, los reproductores nuevos por lo general pueden reproducir discos de sonido, de datos y DVD, por lo que el usuario ya no debe comprar reproductores diferentes para cada tipo de disco.

IV.A.4.b. SOFTWARE

Las computadoras son máquinas para propósitos generales. Podemos usarlas con igual eficacia para cualquier número que para crear documentos o dibujos o para controlar otras máquinas. El ingrediente que permite a una computadora realizar una tarea determinada es el software, el cual consiste en instrucciones electrónicas. Se llama programa al conjunto específico de instrucciones que dirige a una computadora para realizar una tarea específica. Cuando una computadora usa un programa particular, se dice que está corriendo o ejecutando ese programa. Debido a que los programas le dicen

a los componentes físicos de la máquina qué hacer, sin ellos una computadora no podría hacer nada; sólo sería una caja de metal y plástico.

Aunque la serie de programas disponibles es vasta y variada, la mayor parte del software cae en dos categorías principales: software de sistema y software de aplicación. Un tipo importante de software de sistema, llamado software de sistema operativo, le dice a la computadora cómo usar sus propios componentes. El software de aplicación le dice a la computadora cómo realizar tareas específicas para el usuario, como procesamiento de palabras o dibujos.

IV.B. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Programar es una manera de enviar instrucciones a la computadora. Para estar seguros de que la computadora y otros programadores pueden entender estas instrucciones, los programadores usan lenguajes definidos para comunicarse. Estos lenguajes tienen bastantes tipos de reglas que la gente usa para comunicarse entre sí. Por ejemplo, la información debe ser proporcionada en un cierto orden y estructura, se usan los símbolos y con frecuencia se requieren puntuación.

El único lenguaje que una computadora comprende es su lenguaje máquina. Sin embargo, la gente tiene dificultad para entender el código máquina. Como resultado, los investigadores desarrollaron primero un lenguaje ensamblador y luego lenguajes de nivel superior. Esta evolución representa una transición de hileras de números (código máquina) a secuencias de comandos que se pueden leer como cualquier otro lenguaje. Los lenguajes de nivel superior se enfocan en lo que el programador quiere que haga la computadora, no en cómo la máquina ejecutará esos comandos.

IV.B.1. SISTEMAS OPERATIVOS

Cuando se enciende una computadora, está pasa por varios pasos antes de ser usada. El primer paso es la autocomprobación. La computadora identifica los dispositivos conectados a ella, identifica la cantidad de memoria disponible y también comprueba rápidamente si la memoria está funcionando en forma apropiada. Esta rutina es iniciada por una parte del software del sistema localizado en la memoria de sólo lectura (Read-Only Memory: ROM), un chip que contiene breves instrucciones permanentes para lograr que la computadora comience a operar.

A continuación, la computadora busca un sistema operativo en la unidad de disquete y luego en la unidad de disco duro. El sistema operativo le dice a la computadora cómo interactuar con el usuario y cómo usar dispositivos como las unidades de disco, el teclado y el monitor. Cuando encuentra el sistema operativo, la computadora lo carga en la memoria. Debido a que el sistema operativo es necesario para controlar las funciones básicas de la computadora, éste continúa corriendo mientras la computadora esté encendida.

Después de que la computadora encuentra y carga el sistema operativo, está lista para aceptar comandos de un dispositivo de entrada, por lo general el teclado o un ratón. En este punto el usuario puede emitir comandos a la computadora. Un comando podría, por

ejemplo, enlistar los programas almacenados en el disco de la computadora o hacer que la computadora corra uno de esos programas.

IV.B.2. SOFTWARE DE APLICACIÓN

El sistema operativo existe de manera predominante para beneficio de la computadora. Se requieren de otros programas para hacer que la computadora sea útil para las personas. Los programas que ayudan a las gente a realizar tareas específicas se denominan Software de aplicación. Se ha desarrollado Software de aplicación para hacer casi cualquier tarea imaginable, desde procesamiento de palabras hasta seleccionar una universidad para inscribirse en ella.

Miles de aplicaciones están disponibles, sin embargo, algunas categorías principales que probablemente usted encuentre son:

- Software para procesamiento de palabras.
- Hojas de cálculo.
- Software para administración de bases de datos.
- Aplicaciones gráficas, multimedia y de presentación.
- Software de entretenimiento y educación.
- Utilidades.
- Software de comunicación.

IV.B.3. EVOLUCIÓN DE LOS LENGUAJES

Cientos de lenguajes de programación está en uso ahora. Estos lenguajes se clasifican en las siguiente categorías:

- Los lenguajes máquina son los lenguajes básicos. Los lenguajes máquina consisten en hileras de números y son definidos por el diseño del hardware. En otras palabras, el lenguaje máquina para una Macintosh no es el mismo que el de una PC. Una computadora comprende sólo su lenguaje máquina original, los comandos de su equipo de instrucciones. Estos comandos les dan instrucciones a la computadora para realizar operaciones elementales, (cargar, almacenar, añadir y sustraer). Esencialmente el código máquina consiste por completo de los 0's y 1's del sistema numérico binario.
- Los lenguajes ensambladores fueron desarrollados usando nemotécnicos similares al de palabras del idioma inglés. Los programadores trabajaban en editores de texto, o simples procesadores de palabras, para crear archivos fuentes. Los archivos fuentes contienen instrucciones para que la computadora las ejecute, pero tales archivos deben primero traducirse al lenguaje máquina. Los investigadores crearon programas traductores llamados ensambladores para realizar la conversión de los lenguajes ensambladores aún altamente detallados y secretos, pero leer un código ensamblador es mucho más rápido que batallar con el lenguaje máquina. Los programadores rara vez escriben programas de tamaño significativo en un lenguaje ensamblador. Una excepción a esta regla se encuentra en los juegos de acción en donde la velocidad del programa es decisiva. En su

lugar, se usan lenguajes ensambladores para afinar partes importantes de programas escritos en un lenguaje de nivel superior.

- Los lenguajes de alto nivel fueron desarrollados para hacer más fácil la aplicación. Estos lenguajes son llamados de alto nivel porque su sintaxis es más cercana al lenguaje humano que el código del lenguaje máquina o ensamblador. Usan palabras familiares en lugar de comunicar en el detallado embrollo de los dígitos que comprenden las instrucciones de la máquina. Para expresar las operaciones de la computadora estos lenguajes usan operadores, como los símbolos de más o menos, que son los componentes familiares de las matemáticas. Como resultado, leer, escribir y comprender programas de cómputo es, más fácil con un programa de alto nivel, a pesar de que las instrucciones todavía deban ser traducirlas al lenguaje máquina antes de que la computadora pueda comprenderlas y llevarlas a cabo.

Los comandos escritos en cualquier lenguaje ensamblador o de alto nivel deben ser traducidas de nuevo a código máquina antes de que la computadora pueda ejecutar los comandos. Estos programas traductores se denominan compiladores. Entonces, normalmente un programa debe ser compilado o traducido a código máquina antes de que se ejecute. Los archivos de programa compilados se vuelven ejecutables.

IV.B.3.a. LENGUAJES DE TERCERA GENERACIÓN

Los lenguajes de tercera generación tienen la capacidad de soportar programación estructurada, lo cual significa que proporcionan estructuras explícitas para ramas y ciclos. Además, debido a que en los primeros lenguajes que usan fraseo similar al inglés, compartir el desarrollo entre los programadores también es más fácil. Los miembros del equipo pueden leer el código de cada uno de los demás y comprender la lógica y el flujo de control del programa.

Estos programas también son portátiles. En oposición a los demás lenguajes ensambladores, los programas en estos lenguajes pueden ser compilados para ejecutarse en numerosos CPU.

Los lenguajes de tercera generación incluyen:

- a) **FORTRAN** (Traductor de Fórmulas: Formula Translator).- fue diseñado específicamente para programas matemáticos y de ingeniería. Este lenguaje, que disfrutó de aceptación amplia e inmediata, ha sido mejorado muchas veces. Debido a su enfoque casi exclusivo para aplicaciones matemáticas y de ingeniería. El FORTRAN no se a usado ampliamente en computadoras personales. En lugar de eso, el FORTRAN continúa siendo el lenguaje común en los sistemas mainframe, especialmente en aquellos usados para investigación y educación.
- b) **COBOL** (Lenguaje simbólico de programación orientado hacia aplicaciones comerciales y de gestión: Common Business Oriented Language).- fue desarrollado en 1960 por un comité seleccionado por el gobierno estadounidense. Bajo el liderazgo del retirado comodoro naval y matemático Grace Hopper, el comité se dispuso a solucionar el problema de las incompatibilidades entre los fabricantes de computadoras. En parte debido al respaldo del gobierno, el COBOL

ganó amplia aceptación como el lenguaje estandarizado. A pesar de que el COBOL ha perdido la mayoría de sus seguidores en los pasados diez años, el problema del año 2000 ha requerido que muchos programadores de COBOL regresen del "retiro" para ayudar a programar millones de líneas de programas escritos en COBOL.

- c) **BASIC** (Código de instrucción simbólica universal para principiantes: Beginner Allpurpose Symbolic Instruction Code).- fue desarrollado por John Kemeny y Thomas Kurtz y el colegio Dartmouth en 1964, comenzó en su mayor parte como una herramienta para enseñar programación a los estudiantes. Debido a su simplicidad, el BASIC se volvió popular rápidamente, y cuando las computadoras personales llegaron, era el primer lenguaje de alto nivel para implementarse en estas nuevas máquinas. Versiones de BASIC se incluyeron en computadoras personales recientes, incluso antes de que las PC IBM llegaran al mercado. A pesar de que el BASIC es un lenguaje extremadamente popular y ampliamente usado en la educación y entre programadores aficionados, no se ha vuelto popular como lenguaje viable para aplicaciones comerciales, principalmente por que no tiene repertorio de herramientas tan amplio como el que ofrecen otros lenguajes. A esto se agrega que los compiladores BASIC aún no producen archivos ejecutables que sean tan compactos, rápidos o eficientes como los que producen otros lenguajes.
- d) **PASCAL**.- fue introducido en 1971 por un científico de computación suizo llamado Niklaus Wirth. Nombrado así el inventor francés del siglo XVII Blas Pascal, el Pascal tenía por objeto superar las limitaciones de los otros lenguajes de programación y de mostrar la manera adecuada de implementar un lenguaje de cómputo. El Pascal es frecuentemente considerado un excelente lenguaje para enseñar. Los principiantes encuentran fácil implementar algoritmos en Pascal. Adicionalmente, el compilador Pascal hace hincapié en las reglas de programación estructurada asegurándose por lo tanto de que los errores sean encontrados al principio. Debido a que los compiladores de otros lenguajes no necesariamente hacen hincapié en estas reglas, encontrar errores en estos programas podría requerir un largo proceso de depuración. Casi todas las primeras aplicaciones de Macintosh fueron escritas en Pascal. Recientemente, el Pascal se ha vuelto muy conocido por su puesta en práctica de principios de programación orientados a objetos pero actualmente no tienen tantos seguidores como tuvo alguna vez.
- e) **C**.- que con frecuencia es el visto como el pura sangre de los lenguajes de programación, fue desarrollado a principios de los años de 1970 en los laboratorios Bell por Brian Kernighan y Dennis Ritchie. Ritchie con Ken Thompson, también desarrollaron el sistema operativo UNIX. Kernighan y Ritchie necesitaban mejor lenguaje para integrar con UNIX con el propósito de que los usuarios pudieran hacer modificaciones y mejoras fácilmente. Los programas escritos en C producen un código ejecutable, rápido y eficiente y son portátiles. El C también es un lenguaje poderoso, con C se puede conseguir que una computadora realice casi cualquier cosa posible de realizar con una computadora. Debido a esta libertad de programación, el C se ha vuelto extremadamente popular y es el lenguaje más ampliamente usado entre los desarrolladores de software profesionales para aplicaciones comerciales. La desventaja de un lenguaje tan poderoso y capaz es que no resulta particularmente fácil de aprender.

- f) **C++** - fue desarrollado por Bjarne Stroustrup en los laboratorios Bell a finales del siglo pasado al igual que C. C++ es un lenguaje extremadamente poderoso y eficiente. Aprender C++ significa aprender todo acerca de C y luego aprender acerca de la programación orientada a objetos y su puesta en práctica con C++. No obstante, más programadores de C se cambian a C++ cada año y este lenguaje más nuevo está ahora reemplazando al C como el favorito de las compañías que desarrollan software.
- g) **Java** - es un ambiente de programación que crea programas para plataforma cruzada. Fue desarrollado en 1991 por Sun Microsystems para las cajas de control de TV de sistemas de cables interactivos de dos vías. Cuando internet se volvió una red popular de comunicaciones a mediados de los años de 1990, Sun redirigió Java para convertirse en un ambiente de programación en el cual los expertos en Web pudieran crear programas interactivos y dinámicos (llamados applets) para las páginas Web. Java es similar en complejidad a C++. No obstante, muchos programadores y profesionales de cómputo están aprendiendo Java en respuesta al creciente número de compañías que buscan aplicaciones en Java. En el futuro, Sun espera que Java será el ambiente de programación de ipso, desplazando al C++ como el ambiente de programación como el número uno.

IV.B.3.b. LENGUAJES DE CUARTA GENERACIÓN

Los lenguajes de cuarta generación (4GL) son principalmente lenguajes de programación para propósitos especiales, que son más fáciles de usar que los de tercera generación. Con los 4GL los programadores pueden crear aplicaciones rápidamente. Como parte del proceso de desarrollo, los programadores pueden usar los 4GL para desarrollar prototipos de una aplicación rápidamente. Los prototipos dan a los equipos y clientes una idea de cómo se vería y funcionaría la aplicación antes de que el código este terminado. Como resultado cada uno de los involucrados en el desarrollo de la aplicación puede proporcionar retroalimentación sobre aspectos estructurales y de diseño al principio del proceso.

Una sola declaración en un 4GL logra mucho más de lo que era posible con una declaración similar en un lenguaje de generación anterior. A cambio de esta capacidad de trabajar más rápido, los programadores han demostrado disposición para sacrificar parte de la flexibilidad disponible con los lenguajes anteriores.

Muchos 4GL tienen capacidad para bases de datos, lo que significa que podemos crear con ellos programas que actúen como enlaces con bases de datos. Estos programas incluyen formas y cuadros de diálogos para introducir información en las bases de datos, solicitando y reportándoles información. Normalmente, muchos del código requerido para "conectar" estos cuadros de diálogos y formas se genera automáticamente.

Los programas de cuarta generación incluyen:

- a) **Visual Basic** -es la encarnación de Basic de Microsoft. VB, como es llamado frecuentemente, soporta características y métodos orientados a objetos. Con este lenguaje, los programadores pueden crear programas en un ambiente visual. Por ejemplo, para ubicar un cuadro en una forma, los programadores de Visual Basic simplemente arrastran el cuadro desde una caja de herramientas hasta la forma.

En otro lenguaje los programadores tendrían que escribir código para especificar la ubicación exacta del cuadro en la forma, así como su tamaño. Con Visual Basic, un programador coloca el cuadro visualmente y luego arrastra con el ratón los bordes de éste hasta que queda del tamaño correcto. El código necesario para la colocación y tamaño del cuadro se escribe automáticamente. Al usar este ambiente visual, los programadores encuentran fácil escribir programas rápidamente.

- b) **Lenguajes de macros específicos** .- para una aplicación están instalados en muchas aplicaciones. Estos lenguajes proporcionan a los usuarios la capacidad de escribir comandos e integrar aplicaciones. Por ejemplo, para Microsoft Excel, el lenguaje macros es Visual Basic para Aplicaciones (VBA). Al usar un macro para hojas de cálculo, se puede escribir una secuencia de comandos para realizar una tarea automáticamente, como poner en negrillas cada ingreso superior a \$10,000 en una hoja de cálculo. Las macros pueden crearse automáticamente.
- c) **Ambiente de autoría** .- son herramientas de programación para propósitos especiales que se usan para crear multimedia, capacitación basada en computadora, paginas Web y demás. Un ejemplo de ambiente autoría es Macromedia Director (el cual usa el lenguaje de escritura Lingo) que se puede usar para crear títulos multimedia combinando cortos de música, texto, animación, gráficos y demás. Al igual que Visual Basic, estos ambientes de desarrollo son visuales, con gran parte del código escrito automáticamente. Sin embargo, la mayoría de los ambientes de autoría robustos incluyen sus propios lenguajes, llamados lenguajes de estructura, los cuales proporcionan herramientas para un control extra sobre el producto final. Los programas que se emplean para crear páginas World Wide Web entran dentro de otra categoría de herramientas que con frecuencia son agrupadas junto con ambientes de autoría. Algunos de estos programas incluyen Microsoft Front Page, Netscape Visual Java Script y Net Objects Fusion.

IV.B.3.c. LENGUAJES DE QUINTA GENERACIÓN

La quinta generación de los lenguajes de cómputo incluyen inteligencia artificial y sistemas expertos. Estos sistemas tienen por objeto pensar y anticipar las necesidades de sus usuarios, en lugar de sólo ejecutar un conjunto de órdenes. A pesar de que los sistemas de inteligencia artificial se están volviendo más fáciles de desarrollar de lo que se esperaba originalmente, los expertos afirman que los sistemas, al igual que las redes nerviosas, pronto serán capaces de tomar hechos y luego usar un conjunto de datos para formular una respuesta apropiada, exactamente como hacemos los humanos.

IV.C. INFORMÁTICA

Informática o Computación es un conjunto de conocimientos científicos y de técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de computadoras. La informática combina los aspectos teóricos y prácticos de la ingeniería, electrónica, teoría de la información, matemáticas, lógica y comportamiento humano. Los aspectos de la

informática cubren desde la programación y la arquitectura informática hasta la inteligencia artificial y la robótica.

Uno de los métodos más conocidos para resolver problemas es dividirlo en problemas más pequeños, llamados subproblemas. De esta manera, en lugar de resolver una tarea compleja y tediosa, resolvemos otras más sencillas y a partir de ellas llegamos a la solución. Esta técnica se usa mucho en programación ya que programar no es más que resolver problemas, y se le suele llamar diseño descendente, metodología del *divide y vencerás* o programación *topdown*.

Es evidente que si esta metodología nos lleva a tratar con subproblemas, entonces también tengamos la necesidad de poder crear y trabajar con subprogramas para resolverlos. A estos subprogramas se les suele llamar módulos, de ahí viene el nombre de programación modular.

IV.C.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Las personas que han usado computadoras por años todavía se maravillan de lo que pueden hacer, cómo a la velocidad de la luz y con sorprendente exactitud pueden ordenar una lista de correo, hacer un balance de tipo mayor, componer un libro o crear objetos que nunca han existido.

La forma en que las computadoras hacen esto puede parecer mágica, pero de hecho es un proceso basado en conceptos simples. Todas las palabras, números e imágenes que se ponen en la computadoras y obtienen de ella son manipulados en forma relativamente simples por los componentes de procesamiento de la computadora.

De hecho debido a que este proceso es muy simple la computadora puede operar tan rápido. No importa qué se ponga en una computadora, texto, números, gráficos, sonido, la computadora los trata de la misma forma, traduciendo la información a códigos simples. Debido a que estos códigos son tan pequeños, y debido a que la computadora tiene tanto poder de procesamiento, la computadora puede utilizar millones de códigos cada segundo.

IV.C.2. TRANSFORMACIÓN DE LOS DATOS EN INFORMACIÓN

A menudo parece que las computadoras debieran entendernos debido a que nosotros entendemos la información que producen. Sin embargo, las computadoras no pueden entender todo. Todo lo que pueden hacer es reconocer dos estados físicos distintos producidos por la electricidad, la polaridad magnética o luz reflejada. En esencia, todo lo que pueden entender es si un interruptor está encendido o apagado. De hecho, el "cerebro" de la computadora la CPU, consiste principalmente de varios millones de diminutos interruptores eléctricos, llamados transistores.

Una computadora sólo aparenta entender información debido a que contiene tantos transistores y opera a velocidades tan fenomenales, ensamblando sus interruptores individuales de encendido apagado en patrones que son significativos para el funcionamiento.

El término usado para describir la información representada por grupos de interruptores de encendido y apagado son los datos. Aunque las palabras datos e información a menudo se usan en forma indistinta, hay una diferencia importante entre ellas. En el sentido más estricto, los datos consisten de los números en bruto que la computadora organiza para producir información.

Se puede pensar en los datos como hecho fuera de contexto, como las letras individuales en esta página. Tomadas en forma individuales, las palabras no dicen nada, agrupadas, sin embargo, transmiten significados específicos. Del mismo modo que en una marquesina de teatro se pueden combinar miles de luces para mostrar el nombre del espectáculo que se esté dando, una computadora convierte datos sin significado en información útil, como hojas de cálculo, gráficos y reportes.

IV.C.2.a. CÓMO REPRESENTAN LOS DATOS LAS COMPUTADORAS

Para una computadora, todo es un número. Los números son números, las letras y los signos de puntuación son números, los sonidos y las imágenes son números; incluso las propias instrucciones de la computadora son números. Esto podría parecer extraño ya que es probable que se haya visto pantallas de computadoras con palabras y oraciones en ellas, pero es verdad. Cuando se ve letras del alfabeto en una pantalla de la computadora, lo que esta viendo es una de las formas que tiene la computadora de representar números. Por ejemplo, observemos esta oración:

Aquí hay algunas palabras.

Esto podría parecer una serie de caracteres alfabéticos para nosotros, pero para una computadora esto se ve como la serie de unos y ceros.

Los datos de la computadora se ven extraños en especial por que la gente en lo general usa la base 10 para representar números. El sistema se llama base 10, o sistema decimal porque están disponibles diez símbolos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 0. Cuando se necesita representar un número mayor que 9, usamos dos símbolos juntos, como $9+1=10$. Cada símbolo en un número es llamado dígito, así 10 es un número de dos dígitos.

En una computadora, sin embargo, todos los datos deben ser reducidos a interruptores eléctricos. Un interruptor sólo tiene dos estados posibles: "encendido" y "apagado", así que sólo tiene dos símbolos numéricos. 0 representa "apagado" y 1 representa "encendido". Ya que solo hay dos símbolos, se dice que la computadoras funcionan en base 2, lo cual también se conoce como sistema binario.

Cuando una computadora necesita representar una cantidad mayor que 1, hace lo mismo que nosotros hacemos cuando necesita representar una cantidad mayor que 9: usa dos a más dígitos.

IV.C.2.b. BITS Y BYTES

Cuando nos referimos a datos computarizados, cada interruptor, esté encendido o apagado, se llama bit. El termino bit es una contracción de dígito binario(binary digit). Un

bit es la unidad de datos más pequeña posible. Para representar cualquier cosa significativa es decir, para transmitir información, la computadora necesita grupos de bits.

Después del bit, la siguiente unidad mayor de datos es el byte, el cual es un grupo de 8 bits. Con un byte, la computadora puede representar hasta 256 valores diferentes ya que con 8 dígitos binarios es posible contar de 0 a 255.

El byte es una unidad importante en extremo, ya que tiene suficientes combinaciones diferentes de ocho bits para representar todos los caracteres en el teclado, incluyendo todas las letras (mayúsculas y minúsculas), números, signos de puntuación y otros símbolos.

IV.C.2.c. CÓDIGO DE TEXTO

Al principio de la historia de la computación, los programadores se dieron cuenta de que necesitaban un código estándar, un sistema en el que todos pudieran estar de acuerdo con respecto a qué números representarían las letras del alfabeto, los signos de puntuación y los otros símbolos. EBCDIC, ASCII y Unicode son tres de los sistemas más populares que fueron inventados.

IV.C.2.c.i. EBCDIC

El sistema BCD (Código Decimal Binario: Binary Coded Decimal), definido por IBM para una de sus primeras computadoras, fue uno de los primeros sistemas completos para representar símbolos con bits. Los códigos BCD consisten de códigos de seis bits, los cuales permiten un máximo de 64 símbolos posibles. Las computadoras BCD sólo podrían trabajar con letras mayúsculas y con muy pocos otros símbolos. Por estas razones este sistema tuvo una vida corta.

La necesidad para representar más caracteres condujo a la IBM a desarrollar el sistema EBCDIC, que se pronuncia "EB-si-dic", significa Código de Intercambio de Decimales Codificados en Binarios Extendidos (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code).

El EBCDIC es un código de 8 bits que define 256 símbolos. EBCDIC aún se usa en mainframes y sistemas de rango medio de IBM, pero rara vez se encuentra en computadoras personales. Para cuando se estaban desarrollando las computadoras pequeñas, el Instituto Nacional Estadounidense de Normas (American National Standards Institute: ANSI) había entrado en acción para definir normas para computadoras.

IV.C.2.c.ii. ASCII

La solución de la ANCI para representar símbolos con bits de datos fue el juego de caracteres ASCII. ASCII significa Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información (American Standard Code for Information Interchange). Actualmente, el juego de caracteres ASCII es mucho el más común.

Los caracteres del 0 al 31 son caracteres de control; del 32 al 64 con caracteres especiales y números; del 65 al 96 son letras mayúsculas y unos cuantos símbolos; de 97

al 127, son letras minúsculas, y unos pocos símbolos comunes. Ya que el ASCII, un código de siete bits, especifica caracteres sólo hasta 127, hay muchas variaciones que especifican diferentes juegos de caracteres para los códigos del 128 al 255. La norma ISO (organización Internacional de Normas: International Standards Organization) expandió el juego de caracteres ASCII para ofrecer diferentes juegos de caracteres para diferentes grupos de idiomas. ISO 8859-1, por ejemplo, cubre los idiomas de Europa Occidental. Sin embargo, hay muchos otros juegos de caracteres para otros idiomas que usan un alfabeto diferente.

IV.C.2.c.iii. INICODE

Una norma para representación de datos que está en evolución, llamada Norma de Código para Caracteres Mundiales (Unicode Worldwide Character Set), proporcionan dos bytes, 16 bits, para representar cada símbolo. Con dos bytes, un carácter Unicode podría ser cualquiera de más de 65,536 caracteres o símbolos diferentes, suficiente para cada carácter y símbolo en el mundo, incluyendo los vastos juegos de caracteres chinos, coreanos y japoneses y aquellos que se encuentran en texto clásico e históricos conocidos. Si un juego de caracteres único estuviera disponible para cubrir todos los idiomas en el mundo entero, los programas y datos de computadora serían intercambiables. Debido a que esto es ciertamente una meta que vale la pena, posiblemente un día se dé el esfuerzo conjunto para reemplazar ASCII por Unicode.

IV.C.3. ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN

El almacenamiento es una de las actividades o capacidades más importantes que tiene una computadora, ya que a través de esta propiedad el sistema puede recordar la información guardada en la sección o proceso anterior. Esta información suele ser almacenada en estructuras de información denominadas archivos. La unidad típica de almacenamiento son los discos magnéticos o discos duros, los discos flexibles o diskettes y los discos compactos (CD-ROM).

IV.C.4. SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE BASES DE DATOS

Para hacer grandes colecciones de datos útiles, los individuos y las organizaciones usan computadoras y un sistema de administración de datos eficiente. Como un depósito, una base de datos es un almacén para colecciones de datos o hechos relacionados. Un sistema de administración de base de datos (database management system: DBMS) es una herramienta de software que permite que múltiples usuarios tengan acceso, almacenen y procesen datos o hechos para convertirlos en información útil. La meta del software de administración de base de datos es recopilar grandes volúmenes de datos y procesarlos para convertirlos en información útil.

Los DBMS son una de las razones principales por las que las personas usan computadoras. Muchas grandes compañías y organizaciones dependen en gran medida de los DBMS comerciales y personalizados para manejar inmensos recursos de datos. Organizaciones como éstas requieren DBMS complejos para satisfacer sus necesidades

de administración de datos. A menudo, estos DBMS son personalizados y están patentados y programados usando lenguajes de programación estándares como COBOL y C. Estos programas por lo general son diseñados para correr en computadoras mainframe grandes.

Del mismo modo, los DBMS son herramientas vitales para personas y organizaciones que usan redes y computadoras personales independientes. En estos casos, el DBMS a menudo es un producto comercial, vendido por las mismas compañías que ofrecen software popular de hoja de cálculo y de procesamiento de palabras.

Las computadoras personales han llevado la administración de base de datos a los escritorios de individuos en empresas y hogares. Aunque en el hogar del individuo promedio puede no necesitar un sistema de seguimiento de inventarios, los usuarios domésticos usan productos comerciales de DBMS para mantener listas de direcciones de amigos y contactos comerciales, para administrar compras y presupuestos domésticos y en el almacenamiento de datos para negocios domésticos.

Un DBMS hace posible realizar muchas tareas rutinarias que de otra manera sería tediosas, molestas y que consumen mucho tiempo de no ser por los servicios de una computadora por ejemplo, un DBMS puede hacer las siguientes tareas:

- Clasificar miles de direcciones por código postal antes de un envío de correspondencia voluminoso.
- Encontrar todos los registros de neoyorquinos que viven en barrios de Manhattan.
- Imprimir una lista de registros seleccionados, como todos los listados de bienes raíces que cerraron en depósito el mes anterior.
- Facturar el rendimiento de un automóvil nuevo a un cliente, ajustar el inventario del distribuidor y actualizar la lista de correo del departamento de servicio, todo con sólo introducir los datos de una sola transacción de ventas.

IV.C.4.a. LAS BASES DE DATOS

Una base de datos contiene una colección de elementos o hechos relacionados, ordenados en una estructura específica. El ejemplo más obvio de una base de datos es un directorio telefónico. En una base de datos computarizada, por lo general se introducen los datos (y a veces se ven), en una tabla bidimensional que consiste de columnas y filas, similares a la estructura de una hoja de cálculo.

Un archivo de base de datos que consta de una sola tabla de datos es una base de datos de archivo simple. Las bases de datos de archivos simples son útiles para ciertas situaciones de usuarios único o de grupos pequeños, en especial para mantener listas como directorios de direcciones o inventarios. Los datos que se almacenan, manejan y manipulan en una hoja de cálculo electrónica son otro ejemplo de una base de datos de archivo plano.

En una base de datos relacional, que es una base de datos formada por un conjunto de tablas, un campo común existente en cualquiera de las dos tablas crea una relación entre éstas. Por ejemplo, un campo de Números de Identificación del Cliente, tanto en una tabla clientes como en una tabla pedidos, vincula las dos tablas. La estructura de la base de

datos relacionales es la más frecuente en las organizaciones comerciales actuales, y es probable que contenga tablas de datos como las siguientes:

- Información de clientes.
- Información de pedidos.
- Información de vendedores.
- Información de empleados.

Las tablas múltiples en esta clase de base de datos hace posible manejar muchas tareas de administración de datos. Por ejemplo:

- Las tablas de clientes, pedidos e inventarios pueden vincularse para procesar pedidos y facturación.
- Las tablas de vendedores e inventario pueden vincularse para mantener y dar seguimiento a los niveles de inventario.
- Las tablas de pedidos y empleados pueden vincularse para controlar horarios.

A demás otros tres tipos son:

- Bases de datos jerárquicas.- En una base de datos jerárquica, los registros se organizan en una estructura tipo árbol por tipo. Se dice que la relación entre tipos de registros es una relación de padre e hijo, en la que cualquier tipo de hijo se relaciona sólo con un tipo de padre único.
- Bases de datos en red.- La base de datos en red es similar a la estructura jerárquica excepto que cualquier tipo de registro puede relacionarse con cualquier número de otros tipos de registros. Como la estructura jerárquica, la estructura de base de datos en redes usa en sistemas antiguos, sobre todo la mainframe.
- Bases de datos orientadas a objetos.- Una base de datos orientadas a objetos es una estructura más nueva que recientemente ha generado un gran interés. Esta estructura agrupa elementos de datos y sus características, atributos y procedimientos asociados, en elementos complejos llamados objetos. Desde el punto de vista físico, un objeto puede ser cualquier cosa: un producto, un evento, una casa, un aparato, un tejido, una obra de arte, un juguete, la queja de un cliente o incluso una compra. Un objeto se define por sus características, atributos y procedimientos. Las características de un objeto pueden ser texto, sonido, gráficos y video. Ejemplos de atributos podrían ser el color, el tamaño, el estilo, la cantidad y el precio. Un procedimiento se refiere al procedimiento o manejo que puede estar asociado con un objeto.

IV.C.4.b. LOS DBMS

Las computadoras hacen posible que se aprovechen grandes colecciones de datos en forma eficiente mediante un DBMS. Un DBMS es un programa, o colección de programas, que permite que cualquier cantidad de usuarios tengan acceso a datos, los modifiquen (si es necesario) y construyan solicitudes simples o complejas para poder trabajar con registros seleccionados.

Quizá la ventaja más grande de un DBMS es su capacidad para proporcionar acceso y recuperación rápidos de bases de datos grandes. Debido a que los archivos de bases de datos pueden crecer hasta hacerse muy grandes, recuperar los datos con rapidez no es un asunto trivial. Un DBMS, en especial cuando está corriendo en hardware potente, puede encontrar en minutos cualquier dato en una base de datos enorme y en ocasiones incluso puede hacerlo en segundos o fracciones de segundo. Aunque hay muchas tareas que usted puede realizar con un DBMS, incluyendo la creación y diseño de la base de datos entre sí, las tareas de administración de datos caen en una de tres categorías generales:

1. Introducir datos en la base de datos.
2. Clasificar los datos; es decir, ordenar o reordenar los registros de la base de datos.
3. Obtener subconjuntos de los datos.

Del mismo modo, los DBMS proporcionan los medios para que múltiples usuarios tengan acceso y comportan los datos en la misma base de datos por medio de sistemas de cómputo en red.

IV.C.4.c. SQL Y QBE

Dentro de cada DBMS hay un lenguaje similar a un lenguaje de programación. Este lenguaje está diseñado de manera específica para comunicarse con una base de datos usando declaraciones que se acercan más al inglés que a los lenguajes de programación. En muchos DBMS, este lenguaje estandarizado se conoce como SQL. El SQL está basado en un lenguaje de consulta anterior llamado SEQUEL, que eran las siglas para "lenguaje estructurado de consulta en inglés" ("Structured English QUERy Language"). El SQL se usa para estructurar declaraciones de consulta.

Aunque el SQL y los lenguajes de consulta son una parte importante de una DBMS, pocos usuarios de PC y Macintosh que trabajan con un DBMS alguna vez escriben en realidad una declaración SQL (o de cualquier otro lenguaje de consulta). Los DBMS por lo común proporcionan una interfaz, como un formulario o una cuadrícula, que recopila los hechos con respecto a una consulta del usuario, y compone las declaraciones SQL o de consulta tras bambalinas. Esta característica permite al usuario hacer una consulta por ejemplo (Query By Example: QBE), o realizar consultas "intuitivas". Con QBE, usted especifica los criterios de búsqueda mecanografiando valores o expresiones en los campos de un formulario o cuadrícula QBE.

El lenguaje SQL está compuesto por comandos, cláusulas, operadores y funciones de agregado. Estos elementos se combinan en las instrucciones para crear, actualizar y manipular las bases de datos.

Comandos:

Existen dos tipos de comandos SQL.

1. Los DDL que permiten crear y definir nuevas bases de datos, campos e índices.
2. Los DML que permiten generar consultas para ordenar, filtrar y extraer datos de la base de datos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 36 : Comandos DLL

Comandos DLL	
Comando	Descripción
CREATE	Utilizado para crear nuevas tablas, campos e índices
DROP	Empleado para eliminar tablas e índices
ALTER	Utilizado para modificar las tablas agregando campos o cambiando la definición de los campos.

Tabla 37 : Comandos DML

Comandos DML	
Comando	Descripción
SELECT	Utilizado para consultar registros de la base de datos que satisfagan un criterio determinado
INSERT	Utilizado para cargar lotes de datos en la base de datos en una única operación.
UPDATE	Utilizado para modificar los valores de los campos y registros especificados
DELETE	Utilizado para eliminar registros de una tabla de una base de datos

Las cláusulas son condiciones de modificación utilizadas para definir los datos que desea seleccionar o manipular.

Tabla 38 : Descripción de cláusulas

Cláusula	Descripción
FROM	Utilizada para especificar la tabla de la cual se van a seleccionar los registros
WHERE	Utilizada para especificar las condiciones que deben reunir los registros que se van a seleccionar
GROUP BY	Utilizada para separar los registros seleccionados en grupos específicos
HAVING	Utilizada para expresar la condición que debe satisfacer cada grupo
ORDER BY	Utilizada para ordenar los registros seleccionados de acuerdo con un orden específico

Tabla 39 : Uso de operadores lógicos

Operador	Uso
AND	Es el "y" lógico. Evalúa dos condiciones y devuelve un valor de verdad sólo si ambas son ciertas.
OR	Es el "o" lógico. Evalúa dos condiciones y devuelve un valor de verdad si alguna de las dos es cierta.
NOT	Negación lógica. Devuelve el valor contrario de la expresión.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Operadores de Comparación

Tabla 40 : Operadores de Comparación

Operador	Uso
<	Menor que
>	Mayor que
<>	Distinto de
<=	Menor ó Igual que
>=	Mayor ó Igual que
=	Igual que
BETWEEN	Utilizado para especificar un intervalo de valores.
LIKE	Utilizado en la comparación de un modelo
In	Utilizado para especificar registros de una base de datos

Las funciones de agregado se usan dentro de una cláusula SELECT en grupos de registros para devolver un único valor que se aplica a un grupo de registros.

Tabla 41 : Funciones de grabado

Función	Descripción
AVG	Utilizada para calcular el promedio de los valores de un campo determinado
COUNT	Utilizada para devolver el número de registros de la selección
SUM	Utilizada para devolver la suma de todos los valores de un campo determinado
MAX	Utilizada para devolver el valor más alto de un campo especificado
MIN	Utilizada para devolver el valor más bajo de un campo especificado

Hay que recalcar tres detalles de vital importancia. El primero de ellos es que cada vez que se desee establecer una condición referida a un campo de texto la condición de búsqueda debe ir encerrada entre comillas simples; la segunda es que no se puede establecer condiciones de búsqueda en los campos memo y; la tercera y última hace referencia a las fechas. Las fechas se deben escribir siempre en formato mm-dd-aa en donde mm representa el mes, dd el día y aa el año, hay que prestar atención a los separadores no sirve la separación habitual de la barra (/), hay que utilizar el guión (-) y además la fecha debe ir encerrada entre almohadillas (#). Por ejemplo si deseamos referirnos al día 3 de Septiembre de 1995 deberemos hacerlo de la siguiente forma; #09-03-95# ó #9-3-95#.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Capítulo V

Software de Diseño

El científico inglés Alan Turing, propuso en 1936 un modelo matemático conocido como la máquina de Turing, útil para resolver un problema dado en forma algorítmica.

Turing, Alan Mathison (1912-1954), matemático británico y pionero en la teoría del ordenador o computadora, nació en Londres y estudió en las universidades de Cambridge y Princeton. En 1936, mientras era todavía un estudiante, publicó un ensayo titulado *On Computable Numbers (Sobre Números Calculables)*, con el que contribuyó a la lógica matemática al introducir el concepto teórico de un dispositivo de cálculo que hoy se conoce como la máquina de Turing. El concepto de esta máquina que podría efectuar teóricamente cualquier cálculo matemático, fue importante en el desarrollo de las computadoras digitales. Turing también amplió su trabajo matemático al estudio de la inteligencia artificial y las formas biológicas. Propuso un método llamado el test de Turing para determinar si las máquinas podrían tener la capacidad de pensar. Durante la II Guerra Mundial trabajó como criptógrafo para el Foreign Office británico.

Es posible definir a la máquina de Turing de la siguiente forma: en un cuadro de observación siempre se tendrá un símbolo a la vista, en el cual se podrán leer o escribir símbolos. Este cuadro forma parte de una cinta que puede desplazarse a la izquierda o derecha.

La máquina observa el símbolo en el cuadro y hace reaccionar a éste con un símbolo y una acción de desplazamiento. Su reacción está determinada exclusivamente por el estado en el que se encuentre la máquina en ese momento y el símbolo observado. Estas reacciones están definidas previamente en un diccionario de símbolos y estados finitos.

Se dice que es un diccionario finito porque los estados y símbolos tienen un número determinado. La máquina no puede encontrarse en el estado 1.5, esto significa que se encuentra en el estado 1 ó en el estado 2, pero no en puntos intermedios.

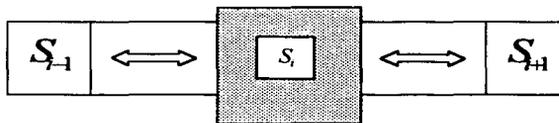


Figura 78: Control finito de la máquina de Turing

La máquina de Turing, puede ser representada como una cinta que se desplaza a la izquierda o a la derecha con una ventana en el centro en la cual puede leerse o modificarse (escribir) el contenido de la cinta en cualquier momento, además reacciona con base en el símbolo que se puede observar en la ventana. El símbolo de entrada podría ordenarle a la máquina escribir, leer, o moverse a la izquierda o a la derecha. Esto convierte a la máquina en un instrumento que puede pasar por una serie de estados, a manera de lavadora, como son llenar, lavar, vaciar el tanque, centrifugar. Cada una de estas posibles acciones es un estado, que depende de uno previo y de lo que el operador haya presionado en el panel de control (los símbolos de la ventana).

Con una máquina como la que se ha descrito se pueden hacer muchas cosas, como programar un ciclo de lavado, realizar la suma de dos números o escribir la palabra *mesa* cada vez que en la ventana de símbolos se vea la palabra *casa*.

A una cinta que le instruya a la máquina que escribir, o que leer y cómo desplazarla se le llama modelo. Un modelo es la representación de los aspectos más importantes de la realidad, por lo que el modelo se limita a definir solo las características más trascendentales.

Como ejemplo, si la máquina que se acaba de describir realiza la suma de dos números, es una máquina de propósito especial llamada calculadora. Si se diseñó para ser el controlador de una lavadora, seguirá siendo de propósito especial, sabrá controlar una lavadora, pero nada más; tal vez sepueda construir una que lea en la ventana de entrada que tipo de máquina debe simular, es decir, una máquina capaz de comportarse como otras. Los símbolos de la ventana de entrada serían ahora metasímbolos, es decir, un símbolo que representa a otro símbolo. Si se puede diseñar otra máquina más compleja (MC) capaz de procesar esos metasímbolos, entonces esta nueva máquina MC podría leer en una cinta los símbolos de la máquina original (MO) y simularla, es decir, MC actuaría como MO y al ser MO un modelo, tendríamos que MC sería un modelo de modelos.

Al hacer esto se lograría entonces obtener una máquina universal, ya que basta sólo con un MC para simular el comportamiento de cualquier otra. Una computadora es un modelo, basta con obtener un modelo de una situación particular, y la computadora podrá modelarlo y realizar una simulación de la realidad que se quiere representar.

El modelo de un problema representado en la máquina suele tener dos resultados excluyentes: soluciona el problema, o no. Si se intenta sumar dos números, sólo hay dos respuestas posibles: pueda sumarlos, o no. Para la máquina de Turing sólo hay dos posibilidades: el problema llega a un punto de fin, o no. Si el problema alcanza un estado final, se dice que el problema es computable o de solución algorítmica, si no llega a un estado final entonces se tiene un problema indecible: sin solución algorítmica.

Alan Turing demostró en 1936 mucho antes de que surgieran las primeras computadoras verdaderas que hay problemas indecibles, es decir, sin una solución algorítmica. Demostrar que existen problemas indecibles reviste una importancia enorme en cuanto a la computabilidad de la realidad por parte de una máquina de Turing.

En un artículo titulado "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungs Problem" (que trata acerca de números computables con una aplicación a los problemas indecibles), donde el último término se refiere al problema de la decidibilidad, se planteó el siguiente razonamiento:

Imaginemos que se tiene una máquina particular (MP) que puede llegar o no a un estado final. Construyamos una máquina general (MG) que determina si la MP se detiene, es decir, terminará en un estado asociado a un "Si" cuando MP se detenga; a su vez MG terminará en un estado asociado a un "No", cuando MP no se detenga.

Por supuesto, dado que MG puede determinar si cualquier máquina MP se detiene, entonces también es capaz de determinar si ella misma se detiene, o no.

Con base en esta MG se construye una máquina de ciclo (MC), que se detendrá cuando una máquina MP no lo haga, o una MC entrará en un ciclo infinito cuando MP se detenga. El ciclo infinito de MC se logrará colocando dos estados que se pasen el control en forma alternada cuando MP se detenga.

De la definición de MC podemos ver que actúa sobre cualquier máquina particular negándola. ¿Qué sucede cuando MC actúa sobre su propia codificación?. Pasará que MC no se podrá detener porque para eso es necesario que MC no se detenga, lo cual no es posible, y si no es posible, significa que MC no puede existir, negando, por tanto, la existencia de MG que la generó.

Este es un problema indecible, conocido como el problema del alto de la máquina de Turing, el cual demuestra la existencia de este tipo de conflictos comprobando la existencia de problemas indecibles y, por tanto, demostrando que no todos los problemas pueden ser representados en forma algorítmica.

Aunque es indemostrable, generalmente se acepta la siguiente hipótesis:

Hipótesis de Turing

- a) Si existe una máquina de Turing para representar un problema, entonces éste tiene solución algorítmica.
- b) Si un problema tiene solución algorítmica es porque existe una máquina de Turing que lo representa.

Las ecuaciones de Newton o de Einstein son modelos de la realidad que la representan y la predicen. Cualquiera que tome dichos modelos, podrá reproducir el fenómeno representado. Ahora bien, desde el momento que hay problemas decibles, existen máquinas que pueden representar a dicho modelo. Una computadora es un modelo de modelos, por tanto, al representar la realidad y al ser el modelo un algoritmo predecible, convierte a la disciplina que crea dichos programas en una ciencia de modelado de la realidad. La computación en sí misma no puede ser una ciencia, dado que no existe un objeto específico de estudio, es una rama multidisciplinaria que toma herramientas de diversas ciencias para poder realizar los modelos requeridos; para ser realmente científica, es necesario que el lenguaje en el cual se exprese un algoritmo sea preciso y predecible. No se pueden admitir ambivalencias. Y es aún mas deseable que los elementos de expresión de dicho lenguaje sean tan formales como los matemáticos, o los químicos.

Desde el momento que existen problemas indecibles, es necesario reconocer (en contra del sentir popular) que una computadora no puede representar todos los problemas del mundo real.

En el siglo XIX el inventor francés Joseph Marie Jacquard, diseñó un telar automático, para lo cual utilizó delgadas placas de madera perforadas con el fin de controlar el tejido utilizado en los diseños complejos, sin darse cuenta Joseph situó las bases de lo que sería uno de los avances científicos mas importantes hoy en día, que fue la programación.

Durante la década de 1880 el estadístico estadounidense Herman Hollerith concibió la idea de utilizar tarjetas perforadas, similares a las placas de Jacquard para procesar

datos. Hollerith consiguió compilar la información estadística destinada al censo de población de 1890 de Estados Unidos, mediante la utilización de un sistema que hacía pasar tarjetas perforadas sobre contactos eléctricos.

Hollerith, Hermann (1860-1929), inventor estadounidense nacido en Buffalo, (Nueva York, U.S.A.), estudió en la Universidad de Columbia. Inventó un método de codificación de datos en fichas o tarjetas en las que mediante perforaciones se escribían datos numéricos o alfabéticos. Este sistema resultó ser de gran utilidad en trabajos estadísticos y fue muy importante en el desarrollo de los ordenadores o computadoras digitales. La máquina de Hollerith, utilizada en 1890 para realizar el censo de los Estados Unidos, leía la información a través de unos contactos eléctricos. Creó la Tabulating Machine Company (1896), que está considerada como una predecesora de la IBM (International Business Machines Corporation).



Figura 79: Hollerith, Hermann

Aunque los orígenes de las computadoras fueron las calculadoras de relojería de Pascal y Leibniz en el siglo XVII, fue Charles Babbage quien en la Inglaterra del siglo XIX, diseñó una máquina capaz de realizar operaciones matemáticas automáticamente, siguiendo una lista de instrucciones (programa) escritas en tarjetas o cintas. La imaginación de Babbage sobrepasó la tecnología de su tiempo, y no fue hasta la invención del relé, la válvula de vacío, y después la del transistor cuando la computación programable a gran escala se hizo realidad.

V.A. ANALISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA COMPUTACIONAL

Las fases que podemos considerar en el análisis para el desarrollo de un sistema computacional en esencia son:

1. Análisis de oportunidad.

Es la primera fase a desarrollar y su objetivo es definir el coste que genera la mecanización de un determinado problema. Para la definición del coste es preciso tener en cuenta:

- Rendimiento económico
- Tiempo de estudio o análisis
- Personal informático necesario
- Medios a utilizar

Al final del estudio de oportunidad se debe tener la información necesaria para que las personas responsables puedan decidir sobre la conveniencia o no, de realizar la aplicación informática para ello se le debe indicar:

- Coste de la mecanización
- Plazos de instalación
- Organización necesaria para el desarrollo de la aplicación

2. Análisis funcional

Esta fase es denominada por algunos autores como descripción del problema. El objeto del análisis funcional es realizar un estudio global de las soluciones propuesto en el análisis de oportunidad.

Es una fase totalmente independiente del equipo físico en el que se va a implantar la mecanización de la aplicación; en ella se debe incluir una descripción del problema lo más completa posible, analizando métodos y procedimientos utilizados hasta ese momento y que puedan ser útiles para la resolución del problema.

En esta fase se debe realizar un estudio analítico de:

- Datos de entrada
- Desarrollo o proceso lógico
- Datos de salida

3. Análisis orgánico

El objeto del análisis orgánico es detallar el estudio de todos los puntos desarrollados durante el análisis funcional de una aplicación y definirlos de modo tal que se pueda realizar la programación.

Las características a tener en cuenta en el desarrollo del análisis son:

- Descripción de los archivos y tablas: datos, tipos y disposición
- Definición de las funciones del teclado
- Tipos y propiedades de los periféricos utilizados
- Disponibilidad de memoria

Las herramientas utilizadas en esta fase son: diagramas de flujo y de sistemas, y tablas de decisión. Estas herramientas sirven como base para la programación, en esta fase se deben tener en cuenta consideraciones relativas a la computadora o sistema de computadoras y al proceso.

Con respecto a la computadora, se deben tener en cuenta las siguientes características:

- Lenguaje de programación,
- Soporte de entrada (ficha, cinta perforada, cinta magnética, disco magnético, CD, etc.):

- Pequeño volumen de datos (se pueden teclear los datos desde la terminal)
- Gran volumen de datos (es conveniente tener almacenados los datos en dispositivos de memoria auxiliar)
- Soporte de salida
- Métodos de cálculo, especialmente en el caso de problemas de tipo científico

En relación al proceso de programación, los puntos a tomar en cuenta en esta fase son:

- Definición de variables
- Subprogramas y/o programas especiales
- Definición del juego de datos de ensayo
- Tomas de decisión

4. Programación

Es en esta fase en donde se desarrollan los algoritmos y la codificación del programa para la resolución del problema.

5. Depuración y puesta a punto

En esta fase el prototipo de programa es probado con datos y problemas reales, para localizar todos los posibles errores que pueda contener y repararlos.

6. Explotación

Es la fase de ejecución definitiva del programa. Para ello se requiere probar el programa con datos reales, deduciendo los posibles errores de lógica no detectados en la fase de puesta a punto y depuración que deben ser corregidos en este momento. Un programa, para que sea considerado totalmente acabado requiere haber sido probado totalmente mediante la elección de juegos de ensayo que abarquen todo el rango posible de valores y todas las posibles situaciones que se pueden presentar. En la explotación real del programa se deberán detectar las posibles situaciones extrañas, de modo que permitan al usuario contar con la plena seguridad de que el programa funciona correctamente.

El diseño de un programa como método para la resolución de problemas con computadoras, contempla tres fases básicas:

1. Análisis del problema

El propósito del análisis de un problema es ayudar al programador para llegar a una cierta comprensión de la naturaleza del problema. El problema debe estar bien definido si se desea llegar a una solución satisfactoria. Para poder definir con precisión el problema se requiere que las especificaciones de entrada y salida sean descritas con detalle. Una buena definición del problema, junto con una

descripción detallada de las especificaciones de entrada y salida, son los requisitos más importantes para llegar a una solución eficaz.

El análisis del problema exige una lectura previa del problema a fin de obtener una idea general de lo que se solicita. La segunda lectura deberá servir para responder a las preguntas:

- ¿Qué información debe proporcionar la resolución del problema?
- ¿Qué datos se necesitan para resolver el problema?

La respuesta a la primera pregunta indicará los resultados deseados o las salidas del problema. La respuesta a la segunda pregunta indicará qué datos se proporcionan, es decir las entradas del problema.

2. Diseño o desarrollo del algoritmo

Una computadora no tiene capacidad para solucionar problemas más que cuando se le proporcionan los sucesivos pasos a realizar. Estos pasos sucesivos que indican las instrucciones a ejecutar por la máquina constituyen, el algoritmo. La información proporcionada al algoritmo constituye su entrada y la información producida por el algoritmo constituye su salida. Los problemas complejos se pueden resolver más eficazmente con la computadora cuando se descomponen en subproblemas que sean más fáciles de solucionar, que el original.

Este método se suele denominar divide y vencerás (divide and conquer) y consiste en dividir un problema complejo en otros más simples. La descomposición del problema original en subproblemas más simples, y a continuación dividir estos subproblemas en otros más simples los cuales pueden ser implementados para su solución en la computadora a esto se le denomina diseño descendente (top-down design).

Normalmente los pasos diseñados en el primer esbozo del algoritmo son incompletos e indicarán sólo unos pocos pasos (un máximo de doce aproximadamente). Tras esta primera descripción, estos se amplían en una descripción más detallada con más pasos específicos. Este proceso se denomina refinamiento del algoritmo (stepwise refinement). Para problemas complejos se necesitan con frecuencia diferentes niveles de refinamiento antes de que se pueda obtener un algoritmo, claro, preciso y completo.

3. Solución del algoritmo por computadora.

Esta etapa se puede subdividir en varias subetapas, que a continuación se detallan:

- **Codificación.**- La codificación es la etapa de conversión del algoritmo en programa, escrito en un lenguaje, de programación de alto nivel, como C/C++, PASCAL, FORTRAN, BASIC, COBOL, etc. La codificación del programa suele ser una tarea pesada que requiere un conocimiento completo de las características del lenguaje elegido para conseguir un programa eficaz. Sin embargo, si el diseño del algoritmo se ha realizado en detalle con acciones

simples y con buena legibilidad, el proceso de codificación puede reducirse a una simple tarea mecánica.

Las reglas de sintaxis que regulan la codificación variarán de un lenguaje a otro y el programador deberá conocer en profundidad dichas reglas para poder diseñar buenos programas.

- **Ejecución de programas.**- Una vez finalizada la fase de codificación, el usuario dispone de un programa fuente que podrá ser introducido en la computadora; normalmente, vía teclado y mediante un programa editor. Normalmente, un programa casi nunca funciona (corre) bien a la primera y se producirán diferentes errores. Para poder llegar a tener programas correctos sin ningún tipo de error, necesitará corregir estos errores. La detección de errores y la posterior eliminación de errores constituyen la fase de depuración del programa.
- **Puesta a punto de programas.**- La fase de puesta a punto de un programa consiste en localizar, verificar y corregir los errores de programación para obtener un programa que funcione correctamente. La puesta a punto de un programa consta de las siguientes fases:
 - Detección de errores
 - Depuración de errores
 - Localización
 - Eliminación
 - Prueba del programa

El objeto final de la puesta a punto de un programa será prevenir tantos errores como sea posible a la hora de ejecutar un programa, así como facilitar la detección y corrección de errores. Dijkstra dijo: «La verificación puede sólo mostrar la presencia, no la ausencia, de errores (bugs)». Los errores típicos durante la ejecución de un programa son:

Errores de sintaxis.- Se originan en la fase de compilación / interpretación del programa y se deben a causas propias de la sintaxis del lenguaje, como escrituras incorrectas de instrucciones, omisión de signo, etc. Normalmente, los errores de sintaxis se descubren con facilidad, aunque en ocasiones puede suceder que un error de sintaxis cometido en un programa no sea detectado como tal, sino que se pone de manifiesto como otro tipo de error en la etapa de ejecución del programa. Por ejemplo, si en una instrucción del tipo $(m/n)*p$ se omite el símbolo de división (/) y la instrucción se convierte en $(mn)*p$, la omisión de este símbolo no se reconoce como error de sintaxis en la fase de compilación o interpretación, ya que mn se considera como una variable. Sin embargo, con la mayoría de los compiladores se producirá un error durante la ejecución del programa, ya que la variable mn no ha sido declarada anteriormente.

Errores de lógica.- En general, los errores sintácticos son relativamente fáciles de localizar y corregir. Los errores lógicos que suceden durante la ejecución de un programa normalmente son más difíciles de detectar. Se pueden considerar

dos categorías de errores: los que detienen la ejecución del programa y los que no la detienen, pero producen resultados erróneos. Los errores en la lógica del programa se pueden producir durante la fase de compilación o ejecución. Un ejemplo claro de error lógico puede ser:

$$a \leftarrow \frac{m}{n}$$

Si n es cero, matemáticamente no está definida a . Muchos de los errores lógicos sólo se manifiestan en el momento de la ejecución; por ello se denominan también errores de ejecución.

- Prueba de programas.- Para saber si un programa funciona correctamente, será preciso realizar pruebas con conjuntos de datos de muestra, cuya solución sea conocida y correcta.
- Validación de datos.- La validación de datos supone la verificación de que los datos de entrada son correctos y están dentro del rango válido.

V.B. ALGORITMOS, DIAGRAMAS DE FLUJO O TABLAS DE DECISIÓN Y PROGRAMAS

El profesor Niklaus Wirth, padre del lenguaje Pascal, sostiene que un algoritmo o programa de computadora consiste en dos partes esenciales: una descripción de acciones que deben ser ejecutadas y una descripción de los datos que son manipulados por esas acciones. Las acciones se describen mediante las llamadas sentencias y los datos mediante declaraciones y definiciones.

Se podría considerar la programación como el conjunto de actividades y operaciones realizadas por el personal informático tendentes a instruir a la computadora para que pueda realizar las funciones previstas en el algoritmo. La programación se manifiesta en los programas. El desarrollo de un programa abarca diferentes etapas, de las cuales la escritura puede ser la menos significativa.

La primera etapa al escribir un programa es la definición del problema. Una vez definido el problema se puede diseñar la solución. El diseño general elegido se desarrolla posteriormente en forma de algoritmo, un método muy utilizado para el desarrollo es el método arriba-abajo (top-down), consiste en partir de una idea general y definir cada paso posterior con más detalle hasta llegar a la resolución del problema. En esta descomposición de la idea general, se suele recurrir, a veces, a algoritmos normalizados.

Tras diseñar el algoritmo, se pasa a la escritura en un lenguaje de programación. El proceso de escribir las sentencias reales de un lenguaje de programación se denomina codificación. Es importante no realizar la codificación hasta tanto el algoritmo no esté prácticamente definido. La codificación es una parte de la programación.

Una vez codificado el programa, se ejecuta y se comprueba sus errores. La operación de detectar y corregir errores se denomina depuración. Las comprobaciones sucesivas

del programa permitirán detectar la presencia de errores, pero no detectarán su ausencia, ya que pueden existir otros errores que no se hayan encontrado por no haberse probado. Tras la depuración final del programa y la ejecución sin errores, es preciso documentar el programa. Es necesaria una documentación interna con comentarios convenientes a lo largo del programa que permitan ayudar a futuras modificaciones, y documentación externa basada en la descripción completa de algoritmo, organigrama, tablas de decisión, etc.

La vida del programa se continúa con la fase de mantenimiento, que consiste en las operaciones necesarias para mantener el programa al día, es decir posibilitar que el programa cumpla sus objetivos pese a las variantes o modificaciones que sus datos, acciones, etc. puedan sufrir con el paso del tiempo.

V.B.1. ALGORITMOS

Aunque la popularización del término ha llegado con el advenimiento de la era informática, algoritmo proviene de Mohammed Al-Khowârizmî, matemático persa que vivió durante el siglo IX y alcanzó gran reputación por el enunciado de las reglas paso a paso para sumar, restar, multiplicar, y dividir números decimales; la traducción al latín del apellido de este matemático es algorismus, traducción que derivó posteriormente en algoritmo. Euclides, el gran matemático griego (del siglo IV antes de Cristo), que inventó un método para encontrar el máximo común divisor de dos números, se considera con Al-Khowârizmî el otro gran padre de la algoritmia (ciencia que trata de los algoritmos).

Los algoritmos intentan establecer el orden en que un proceso ha de llevarse a cabo para obtener un resultado satisfactorio este proceso puede definirse como una acción que se puede descomponer en otras más simples, también puede considerarse como un conjunto de fenómenos organizados en el tiempo y concebidos como activos. Partiendo de esta premisa, los procesos se pueden clasificar en :

- **Procesos secuenciales.**- Un proceso es secuencial si una acción del mismo no puede empezar antes que la acción en curso esté completamente terminada; en otras palabras, dos acciones no se ejecutan simultáneamente, sino en un orden secuencial.
- **Procesos paralelos.**- Un proceso es paralelo si se ejecutan simultáneamente dos o más acciones.

Un algoritmo.- Es una serie de operaciones detalladas y no ambiguas, a ejecutar paso a paso, y que conducen a la resolución de un problema. En otras palabras, un algoritmo es un conjunto de reglas para resolver una cierta clase de problema o una forma de describir la solución de un problema. Un algoritmo es el medio por el que se explica cómo puede resolverse un problema, mediante aproximaciones paso a paso. Se puede formular de muchas formas, siempre y cuando se realice de modo no ambiguo.

Para describir algoritmos de computadoras se han diseñado lenguajes de programación. Cada una de las acciones de las que consta un algoritmo se llama **sentencia** y éstas son escritas en términos de cierto lenguaje comprensible para el ejecutor (computadora), que es el lenguaje de programación.

Se observa normalmente, que el número de operaciones que realiza un algoritmo no se conocen de antemano, aunque será finito siempre que los datos sean adecuados. Por consiguiente, el número de operaciones que es preciso realizar al ejecutar un algoritmo dependerá de los datos del problema y solamente se conocerá al ejecutar éste.

Las características fundamentales de un algoritmo o proceso algorítmico son:

- a. Un algoritmo debe ser preciso e indicar el orden de realización de cada paso.
- b. Un algoritmo debe estar definido, si se sigue un algoritmo dos veces, se debe obtener el mismo resultado cada vez.
- c. Un algoritmo debe ser finito, si se sigue un algoritmo, se debe terminar en algún momento.

La definición de un algoritmo debería describir tres partes: entrada, proceso y salida. Un algoritmo implica generalmente una entrada (algo que existe y es utilizado por el algoritmo); un proceso que es un conjunto de pasos a seguir y una salida (entrada procesada por el algoritmo). Un algoritmo describe la transformación de la entrada en la salida.

V.B.2. DIAGRAMAS DE FLUJO

La realización de trabajos mediante computadora, como cualquier otra actividad (ingeniería, arquitectura, etc.) requiere un método que explique de un modo ordenado y secuencial hasta los últimos detalles a realizar por la computadora.

Al igual que para construir una casa, la empresa constructora no comienza por el tejado, sino que se encarga a un arquitecto el diseño de unos planos, al jefe de proyectos un calendario de actividades, etc., una aplicación informática, sobre todo si tiene cierta complejidad, no debe comenzar nunca por la codificación del programa, sino que exige una serie de fases previas destinadas a conocer todos los aspectos del problema planteado y estudiar las posibles soluciones. El conjunto de todas las fases necesarias para el completo desarrollo de una aplicación informática recibe el nombre de análisis y el analista es la persona encargada de realizarla.

El análisis de sistemas se encarga del funcionamiento de un sistema informático, incluyendo en él, todos los medios informáticos materiales (hardware, software), y humanos: así como de la organización que controla su funcionamiento. El analista de sistemas es la persona encargada de controlar todo el sistema informático y estudiar la necesidad de nuevos medios humanos o informáticos, cuidando el buen funcionamiento de los existentes. Así mismo el analista de sistemas deberá proponer las soluciones óptimas ante cualquier problema de funcionamiento que se plantee en el sistema informático y sugerir el desarrollo de nuevas aplicaciones. Así se puede decir que el analista de sistemas es el responsable de todo el proceso informático, tanto en un aspecto estático (uso del hardware-software existente y puesta al día del sistema) como en su aspecto dinámico (adquisición de hardware-software, nuevos desarrollos, contratación, formación de personal, etc.).

El análisis de aplicaciones es el estudio de nuevas aplicaciones en un sistema informático y la persona encargada de su realización es el analista de aplicaciones, que recibirá los encargos del analista de sistemas o en el caso de pequeños equipos informáticos (como

puede ser la gama de computadoras personales Pentium III, IV) directamente del propio usuario. En el entorno del PC es muy frecuente que el usuario pretenda ser al mismo tiempo el analista de sus propias aplicaciones, dicho análisis se compone de las siguientes etapas:

- a) Toma de datos.- El analista o programador deberá recibir una descripción clara y detallada de la aplicación que debe desarrollar, y caso de no percibir suficiente información, debe solicitarla en la medida necesaria para el desarrollo de su trabajo.
- b) Modularización.- Esta fase consiste en la descomposición sucesiva del problema en módulos o subproblemas cada vez más concretos y detallados. Estos módulos normalmente se programarán y desarrollarán independientemente, y luego se enlazarán.
- c) Representación gráfica de las operaciones a realizar.- En esta etapa se realizará una representación gráfica clara y detallada que refleje la secuencia en que deben ser ejecutadas las diferentes operaciones por la máquina. Estas representaciones gráficas son las herramientas utilizadas para el análisis de la programación; se clasifican en tres grandes bloques: diagramas de flujo u organigramas, pseudocódigos y tablas de decisión.
- d) Codificación en un lenguaje de programación.- Una vez que el diagrama de flujo o el algoritmo de resolución del problema está ya definido, se pasa a la fase de codificación del programa en el lenguaje elegido y la obtención del programa fuente.
- e) Preparación de un conjunto de datos.- Es necesario un conjunto de datos que permitan probar el programa cuando se ejecute.
- f) Ejecución y corrección de errores del programa.- Según sea el tipo de lenguaje elegido así se realizarán las diferentes fases de la traducción del programa a lenguaje o código máquina (programa objeto).
- g) Puesta a punto final del programa.- El programa se considera terminado cuando se le han realizado pruebas, y ensayada su fiabilidad con los conjuntos de datos seleccionados y otros nuevos que se quieran elegir, y no se encuentran ya errores de ningún tipo.
- h) Documentación del programa.- La documentación de un programa es todo el material escrito que se ha ido produciendo simultáneamente a la elaboración del programa. La puesta a punto final del programa debe ir aparejada siempre con la documentación del mismo. La documentación de un programa debe ser de dos tipos: documentación para personal informático y documentación de usuario:
 - La documentación para el personal informático.- Debe incluir toda la información técnica del programa o conjunto de programas que conforman una aplicación informática. A su vez esta documentación puede ser interna y externa. La documentación interna es la que se incluye como comentarios en los listados de los programas y la documentación externa es la ajena al listado del programa en sí. La información contenida en la

documentación debe ser la necesaria para la comprensión del programa y para su mantenimiento y puesta al día en caso de que así se requiriera. Una buena documentación debe de incluir como mínimo los siguientes elementos:

- Algoritmos y diagramas de flujo de los diferentes módulos de la aplicación, así como de las relaciones entre ellos.
- Listado del programas de la aplicación.
- Definición de variables y ficheros de cada módulo, con indicación de los que son comunes a diversos módulos.
- Documentación para el usuario.- Debe incluir una descripción general de las tareas que realiza el programa, así como una descripción detallada de todas las instrucciones que sean necesarias para su instalación, puesta en marcha y funcionamiento; así como consejos, recomendaciones de uso, explicación de los mensajes de errores y modo de solucionarios, entrada y salida de datos, menús de opciones, etc.

El planteamiento de un problema que pueda llegar a una solución, requiere la aplicación de una lógica que evolucione secuencialmente. La resolución de todo problema exige tres grandes elementos: datos del problema, resultados solicitados y algoritmo de resolución.

Los datos del problema.- Son información de partida y sobre la que normalmente no se puede actuar con la excepción de su manipulación correcta. Los resultados constituyen la información de salida y estarán íntimamente relacionados con la información de entrada.

El algoritmo de resolución.- Es el conjunto de operaciones (matemáticas, lógicas, etc.) o manipulaciones que se deben realizar con los datos para llegar a la obtención de resultados. Los algoritmos se suelen representar en forma narrativa, pero cuando tienen su aplicación más directa es cuando se convierten en diagramas o gráficos de programación, y son la representación gráfica de la solución del problema que se desea mecanizar. Un diagrama de programación es la representación gráfica de unos procedimientos y de la secuencia u orden en que deben ejecutarse; en resumen la representación gráfica de la solución de un problema o de un procedimiento. Se pueden considerar tres tipos fundamentales de diagramas de programación, conocidos también como diagramas de flujo u organigramas:

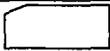
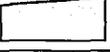
- a) Diagramas del sistema o de configuración.- Son diagramas destinados a describir el flujo de información entre los distintos soportes físicos de un sistema informático. Reflejan las operaciones normales para el desarrollo del proceso, que realizan los componentes utilizados en un programa.
- b) Diagramas de macroprocesos o bloques.- Representan la estructura en los módulos o bloques que se han realizado del problema a resolver. Incluye también el flujo de información entre los diversos módulos, así como el orden de ejecución de los mismos. Estos diagramas están relacionados con el proceso.
- c) Diagramas de detalle u ordinograma.- Son las órdenes en secuencia que se deben dar a la máquina para la resolución del problema.

Los diagramas que se realizan durante el desarrollo de una aplicación informática deben ser claros, concisos, esquemáticos y, especialmente, independientes del lenguaje de programación que se vaya a utilizar. Así mismo deben ser comprensibles para cualquier analista o programador que los examine, procurando no presenten excesiva complejidad.

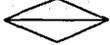
El Instituto de Normalización Americano (ANSI) (American National Standards Institute) ha diseñado un conjunto de símbolos y signos estándar que prácticamente han sido adoptados internacionalmente. Los símbolos utilizados varían según sean de aplicación a diagramas de sistemas, o a diagramas de bloques y diagramas de detalle.

- Diagramas de flujo de sistema.- Los símbolos utilizados sirven para representar operaciones manuales y automáticas con los diferentes dispositivos del sistema informático. Se denominan también organigramas del sistema o de la computadora; no reflejan las grandes funciones que debe desarrollar en forma automática el sistema de proceso de datos, pero en cambio, expresan de modo claro el número de dispositivos de entrada y salida que deben estar disponibles para la ejecución de cada programa. La Tabla 42, recoge los símbolos usuales en los diagramas de sistema.

Tabla 42: Símbolos utilizados en los diagramas de sistema

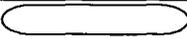
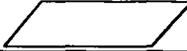
	Tarjeta perforada
	Cinta perforada
	Lectora ó impresora de documentos ópticos
	Cinta magnética
	Disco magnético
	Pantalla
	Almacenamiento de datos en línea
	Almacenamiento de datos fuera de línea
	Impresora ó plotter
	Terminal ó consola

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

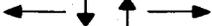
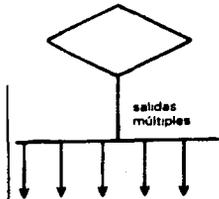
	Operación manual con los datos fuera de línea
	Fusión o mezcla de dos o más ficheros en uno solo
	Extracción de datos de un fichero
	Manipulación de uno o más ficheros fuera de línea
	Clasificación u ordenación de los datos de un fichero
	Red de transmisión
	Dirección del proceso
	Línea conectora

- Diagramas de flujo de detalle/ordinogramas.- Los ordinogramas o diagramas de flujo de detalle y de macroprocesos deben mostrar las operaciones que realiza un programa, con el detalle necesario para que una vez confeccionados, se pueda realizar la etapa siguiente de la programación (codificación). Dependiendo del nivel de lenguaje utilizado, orientado a la máquina u orientado al problema, variará el grado de detalle de los ordinogramas. Para lenguajes muy evolucionados como el COBOL, es suficiente representar únicamente los grandes bloques de tratamiento: entrada, salida, proceso y decisión sin tener que detallar las operaciones elementales. En los lenguajes ensambladores o de bajo nivel, como cada instrucción simbólica se transforma en una o varias instrucciones de lenguaje máquina, es preciso un ordinograma de detalle que muestre las operaciones elementales que debe efectuar la máquina.

Tabla 43: Símbolos utilizados en los diagramas de detalle/ordinogramas

	Terminal o inicio
	Entrada o salida
	Proceso
	Decisión

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

	Conector
	Conector
	Llamada a subrutina
	Pantalla
	Impresora
	Teclado
	Comentarios
	Dirección del proceso
	Decisión múltiple
	Línea conectora

Es conveniente que los ordinogramas y los organigramas utilicen notaciones normalizadas para operaciones de cualquier tipo. La Tabla 44, recoge los signos universalmente aceptados.

Tabla 44: Signos utilizados en los diagramas de flujo.

	Movimiento de unas posiciones de memoria a otras o cambios en campos de información	$\circ \wedge$	Exponenciación
			
	División	$<$	Menor que
	Suma	$=$	Igual
	Resta	$>$	Mayor que

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

*	Multiplicación	≤	Menor o igual
<>	Diferente	≥	Mayor o igual

V.B.3. TABLAS DE DECISION

Los organigramas presentan una serie de inconvenientes, entre ellos:

- El ordinograma no es único para un problema determinado.
- Dificiles de modificar.
- En lenguajes muy evolucionados, los organigramas pierden eficacia.
- El proceso secuencial del ordinograma obliga a establecerlo de manera progresiva antes de tener la totalidad del proceso a realizar.

El uso de las tablas de decisión en Informática es reciente —años 1958 a 1960—, aunque anteriormente se habían utilizado en numerosas actividades como tablas de tarifas, contabilidades, etc. Las tablas de decisión (TD) constituyen una herramienta poderosa para definir la lógica de un programa complejo. Es un medio de representación de la información en forma tabular, cuyo objetivo primordial es el de aportar información en un formato que sea fácil de leer y comprender. El uso de las tablas de decisión aunque no tan extendido como los ordinogramas, suele constituir en algunas ocasiones una técnica para capturar datos y la primera operación de análisis del problema. Una vez planteada la TD se suele realizar la construcción del ordinograma o algoritmo correspondiente. En ocasiones las TD sustituyen a los diagramas de flujo u ordinogramas.

La secuencia de un programa puede ser descrita por una estructura de decisión, la Tabla de Decisión (TD), es un documento de comunicación entre usuarios, analistas, programadores, etc., y un instrumento de análisis y programación, que se puede aplicar a numerosos y diversos problemas, permitiendo la representación de las diferentes situaciones de un modo fácil y lógico. Una TD es una herramienta que permite presentar de forma concisa las reglas lógicas que hay que utilizar para decidir acciones a ejecutar en función de las condiciones, y la lógica de decisión de un problema específico.

Una TD es un tipo de tabla que muestra lo que debe realizar el programa cuando se cumplen ciertas condiciones. Son especialmente útiles para describir procesos que incluyan muchas decisiones múltiples. En esencia las TD constituyen una técnica fácil de aprender y emplear que no requiere grandes esfuerzos de imaginación para su comprensión e interpretación. Una tabla de decisión se representa en un cuadro de cuatro bloques (Figura 80).

Matriz de condiciones	Entrada de condiciones (situación)
Matriz de acciones	Entrada de acciones (decisión)

Figura 80: Representación gráfica de una tabla de decisión (TD).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A la izquierda de la Figura 80 se tiene la matriz y a la derecha las entradas. La matriz de condiciones recoge las condiciones de todo o parte del problema, dicho en otras palabras, las preguntas que deben probarse para alcanzar una decisión. La matriz de acciones refleja todas o parte de las acciones del problema a realizar o las acciones que han de emprenderse cuando se presenta un conjunto dado de condiciones.

La entrada de las condiciones (combinación de las posibles condiciones), permiten reflejar en la TD si se cumple o no tal condición o si es indiferente, es decir, sea cual sea su condición de entrada, no tiene influencia sobre la acción que debería efectuarse. La entrada de las acciones (decisión) indica efectuar la acción correspondiente a un conjunto de condiciones complementadas.

Cada combinación de entrada de condiciones y su correspondiente entrada de acciones constituyen una relación denominada regla de decisión. Existen tantas reglas como pares distintos de entradas condiciones/acciones. El número de reglas de decisión debe cubrir todos los casos posibles, sin repeticiones ni omisiones.

Reglas para la construcción del TD se presentan a continuación:

- El número de reglas de decisión es 2^n , siendo n el número de condiciones posibles.
- A una condición de entrada sólo le corresponde una decisión o condición de salida.
- A una condición de salida le pueden corresponder varias condiciones de entrada.
- Para que una TD esté bien construida es necesario que en cada momento sea cierta una y sólo una de las situaciones.
- El resultado de una regla no varía si se permuta el orden de las líneas de condición, ni la lógica de decisión cambia si se permuta el orden de las columnas (reglas).
- Cada regla de decisión (columna) es una estructura Si-entonces (si se cumple la condición de entradas entonces realizar tal o tales acciones), del tipo booleano de condiciones y se le pueden aplicar las leyes del Algebra de Boole.
- La entrada de condiciones se representa con los símbolos lógicos S, N o X (S, afirmativa; N, negativa; X, indiferente).
- La entrada de acciones se representan con una X si se realiza y en blanco o un guión (—), si no se realiza.
- La lista de condiciones puede ponerse en cualquier orden.
- La lista de acciones debe ponerse en el orden en que se tengan que ejecutar.
- Cada columna (regla de decisión) de una TD equivale a una ruta o camino de un diagrama de flujo.

Situación de las condiciones

Condiciones	C1	S	S	N	N
	C2	S	N	S	N
Acciones	A1	*			*
	A2		*	*	*

Situación de las acciones

S..... Condición cumplida
 N..... Condición no cumplida
 *..... Ejecutar acción
 Casilla en blanco no ejecutar acción

Figura 83: Representación gráfica de una tabla de decisión (TD) completa

Las TD se leen siempre de izquierda a derecha y las reglas de arriba a abajo. Las líneas horizontales y verticales dobles sirven como límite o frontera: las condiciones aparecen encima de la doble línea horizontal y los tratamientos debajo de dicha doble línea.

Las tablas de decisión se pueden clasificar atendiendo a dos criterios:

- 1) Limitadas.- Son aquellas en las que la evaluación de todas las condiciones está limitada a dos posibles valores: SI, NO, o la reducción de ambas, el guión (—). En síntesis:
 - Las casillas situadas frente a las condiciones se rellenan con SI, NO, o bien, indiferente (—).
 - Las casillas situadas frente a las acciones sólo contienen asteriscos (*).

Ejemplo: Tabla de decisión para las ventas de unos grandes almacenes donde el cliente puede pagar al contado o con tarjeta de compras, y el pedido se le remitirá a su domicilio cobrándole los gastos de envío si el pedido es inferior a \$ 10,000 pesos. (En cualquier pedido se incluirá un IVA del 15%.)

Condiciones: ¿Tiene tarjeta de crédito? (C1)
 ¿Importe de la compra < 10,000? (C2)

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

Acciones:	Contado	(C1 no)	(A1)
	Cargar en cuenta	(C1 si)	(A2)
	Cargar portes	(C2 si)	(A3)
	Cargar IVA (15%)	(siempre)	(A4)

		R1	R2	R3	R4
¿Tiene tarjeta de crédito?	C1	S	S	N	N
¿Importe de la compra < 10,000?	C2	S	N	S	N
Pago de contado	A1			*	*
Cargar a cuenta	A2	*	*		
Cargar IVA	A3	*	*	*	*
Cobrar gastos de envío	A4	*		*	

Figura 84: Tabla de decisión (TD) para el ejemplo.

- 2) Ampliadas.- Son aquellas tablas en donde las distintas condiciones pueden tener un rango de alternativas superiores a dos valores (si o no). Ejemplos claros de aplicación de TD ampliadas son:
- Puesta al día de un fichero. Las posibles alternativas son: altas, bajas y modificaciones.
 - Valores numéricos múltiples correspondientes a un solo elemento.
 - Valores acotados.

Ejemplo: La tabla de decisión limitada anterior se debe modificar debido a que la empresa de transportes ha variado sus tarifas y es necesario un reajuste en las facturas de los pedidos, de acuerdo a las siguientes hipótesis.

- Si la compra es < \$5,000 Cargar gastos de envío.
- Si la compra está entre \$5,000 y 10,000..... Cargar 75 % de gastos de envío.
- Si la compra está entre \$10,000 y 50,000..... Cargar 50 % de gastos de envío.
- Si la compra es > \$50,000..... No cobrar gastos de envío.

El número de condiciones se eleva a 6, lo que significa 26 combinaciones o reglas de decisión diferentes. Por otra parte, las nuevas condiciones son excluyentes. Si el pedido es menor de \$5,000 pesos, nunca podrá cumplir las otras condiciones (>\$5,000 pesos).

Al elevado número de condiciones habría que sumar las nuevas acciones, lo que hace la resolución del problema con TD limitada sumamente compleja, y por ello es más sencillo recurrir a una TD ampliada.

¿Tiene tarjeta de crédito?	C1	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
¿Importe de la compra ?	C2	< 5,000		5,000 y 10,000		10,000 y 50,000		> 50,000	
Pago de contado	A1		*		*		*		*
Cargar a cuenta	A2	*		*		*		*	
Cargar IVA	A3	*	*	*	*	*	*	*	*
Cobrar gastos de envío	A4	100%		75%		50%		0%	

Figura 85: Tabla de decisión (TD) para el ejemplo.

En este caso ha sido necesario ampliar la condición «Tarjeta de Crédito» en dos subcondiciones, pero en cualquier caso esta tabla siempre será más fácil de leer y entender que su equivalente tabla limitada.

V.B.4. PROGRAMAS

El conjunto formado por la representación de datos y el algoritmo en sí, se conoce usualmente con el nombre de programa. En esencia, un programa es la descripción del proceso en un cierto lenguaje, o dicho de otra manera: la secuencia de acciones entendibles por la computadora que conducen a realizar una tarea determinada, y el correcto tratamiento de los datos.

Un programa es una secuencia de instrucciones que indican al hardware de un ordenador qué operaciones debe realizar con los datos. Los programas pueden estar incorporados al propio hardware, o bien pueden existir de manera independiente en forma de software. En algunas computadoras especializadas las instrucciones operativas están incorporadas en el sistema de circuitos; entre los ejemplos más comunes pueden citarse los microordenadores de las calculadoras, relojes de pulsera, motores de coches y hornos microondas. Por otro lado, un ordenador universal, o de uso general, contiene algunos programas incorporados (en la ROM, Read Only Memory; memoria de solo lectura) o instrucciones (en el chip del procesador), pero depende de programas externos para ejecutar tareas útiles. Una vez programado, podrá hacer tanto o tan poco como le permita el software que lo controla en determinado momento. El software de uso más generalizado incluye una amplia variedad de programas de aplicaciones, es decir, instrucciones al ordenador acerca de cómo realizar diversas tareas.

Dichas instrucciones deben darse en un lenguaje de programación: es decir, en una determinada configuración de información digital binaria. En las primeras computadoras, la programación era una tarea difícil y laboriosa ya que los conmutadores ON-OFF de las válvulas de vacío debían configurarse a mano. Programar tareas tan sencillas como ordenar una lista de nombres requería varios días de trabajo de equipos de programadores. Desde entonces se han inventado varios lenguajes informáticos, algunos orientados hacia funciones específicas y otros centrados en la facilidad de uso.

El lenguaje propio del ordenador, basado en el sistema binario, o código máquina, resulta difícil de utilizar para las personas. El programador debe introducir todos y cada uno de los comandos y datos en forma binaria, y una operación sencilla como comparar el contenido de un registro con los datos situados en una ubicación del chip de memoria puede tener el siguiente formato: 11001010 00010111 11110101 00101011. La programación en lenguaje máquina es una tarea tan tediosa y consume tanto tiempo que muy raras veces lo que se ahorra en la ejecución del programa justifica los días o semanas que se han necesitado para escribir el mismo.

El lenguaje ensamblador es uno de los métodos inventados por los programadores para reducir y simplificar el proceso. Al asignar un código mnemotécnico (por lo general de tres letras) a cada comando en lenguaje máquina, es posible escribir y depurar o eliminar los errores lógicos y de datos en los programas escritos en lenguaje ensamblador, empleando para ello sólo una fracción del tiempo necesario para programar en lenguaje máquina. En el lenguaje ensamblador, cada comando mnemotécnico y sus operadores simbólicos equivalen a una instrucción de máquina. Un programa ensamblador traduce el código fuente, una lista de códigos de operación mnemotécnicos y de operadores simbólicos, a código objeto (es decir, a lenguaje máquina), y a continuación, ejecuta el programa.

Sin embargo, el lenguaje ensamblador puede utilizarse con un solo tipo de chip de CPU o microprocesador. Los programadores, que dedicaron tanto tiempo y esfuerzo al aprendizaje de la programación de un ordenador, se veían obligados a aprender un nuevo estilo de programación cada vez que trabajaban con otro tipo de microprocesador. Lo que se necesitaba era un método abreviado en el que un enunciado simbólico pudiera representar una secuencia de numerosas instrucciones en lenguaje máquina, y un método que permitiera que el mismo programa pudiera ejecutarse en varios tipos de máquinas. Estas necesidades llevaron al desarrollo de lenguajes de alto nivel.

Los lenguajes de alto nivel suelen utilizar términos ingleses del tipo LIST, PRINT u OPEN como comandos que representan una secuencia de decenas o de centenas de instrucciones en lenguaje máquina. Los comandos se introducen desde el teclado, desde un programa residente en la memoria o desde un dispositivo de almacenamiento, y son interceptados por un programa que los traduce a instrucciones en lenguaje máquina.

Los programas traductores son de dos tipos: intérpretes y compiladores. Con un intérprete, los programas que repiten un ciclo para volver a ejecutar parte de sus instrucciones, reinterpretan la misma instrucción cada vez que aparece. Por consiguiente, los programas interpretados se ejecutan con mucha mayor lentitud que los programas en lenguaje máquina. Por el contrario, los compiladores traducen un programa íntegro a lenguaje máquina antes de su ejecución, por lo cual se ejecutan con tanta rapidez como si hubiesen sido escritos directamente en lenguaje máquina.

Se considera que fue la estadounidense Grace Hopper quien implementó el primer lenguaje de ordenador orientado al uso comercial. Después de programar un ordenador experimental en la Universidad de Harvard, trabajó en los modelos UNIVAC I y UNIVAC II, desarrollando un lenguaje de alto nivel para uso comercial llamado FLOW-MATIC. Para facilitar el uso del ordenador en las aplicaciones científicas; IBM desarrolló un lenguaje que simplificaría el trabajo que implicaba el tratamiento de fórmulas matemáticas complejas. Iniciado en 1954 y terminado en 1957, el FORTRAN (acrónimo de Formula Translator) fue el primer lenguaje exhaustivo de alto nivel de uso generalizado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Hopper, Grace Murray (1906-1992), oficial de la Marina estadounidense, matemática y precursora en el proceso de datos. Nació en Nueva York y estudió en el Colegio Vassar y en la Universidad de Yale. Profesora adjunta de matemáticas en Vassar (1931-1944), Hopper se incorporó a la Marina en 1943. Fue destinada al laboratorio de cálculo Howard Aiken en la Universidad de Harvard, donde trabajó como programadora en el Mark I (1944), la primera computadora a gran escala de Estados Unidos, precursora de los ordenadores o computadoras electrónicas.



Figura 86: Hopper, Grace Murray

Muy conocida por su trabajo en la Eckert-Mauchly Computer Corporation, (que más tarde fue parte de la compañía Sperry Rand) durante las décadas de 1950 y 1960, Hopper se acreditó por el invento del primer compilador (1952), un programa que traduce las instrucciones con palabras en inglés al lenguaje máquina de un ordenador. Ayudó a desarrollar el lenguaje de programación Flow-Matic (1957) y el lenguaje de programación COBOL (1959-1961), orientado a los negocios para UNIVAC, la primera computadora electrónica comercial. Se esforzó por atraer los intereses de la industria y de los negocios al mundo de la informática y cubrir el vacío existente entre la administración y los programadores. Hopper dio muchas clases y conferencias durante toda la década de 1960. Se retiró a la reserva de la Marina de Estados Unidos en 1966 y solamente se volvió a incorporar para dirigir la informatización de la Marina. Fue ascendida a capitán por un acta especial del Congreso en 1973, y a contralmirante en 1983. Hopper se retiró de la Marina en 1986 y trabajó como consejera del más alto rango en la Digital Equipment Corporation.

En 1957 una asociación estadounidense, la Association for Computing Machinery comenzó a desarrollar un lenguaje universal que corrigiera algunos de los defectos del FORTRAN. Un año más tarde aparece en el mercado el software ALGOL (acrónimo de Algorithmic Language), otro lenguaje de orientación científica. De gran difusión en Europa durante las décadas de 1960 y 1970, desde entonces ha sido sustituido por nuevos lenguajes, mientras que el FORTRAN continúa siendo utilizado debido a las gigantescas inversiones que se hicieron en los programas existentes.

El COBOL (acrónimo de Common Business Oriented Language.- Lenguaje Común Orientado hacia Aplicaciones de Empresa) es un lenguaje de programación para uso comercial y empresarial especializado en la organización de datos y manipulación de archivos, y hoy día está muy difundido en el mundo empresarial, el lenguaje de programación fue desarrollado entre 1959 y 1961 que utiliza como base el idioma inglés y que se caracteriza por su gran facilidad de lectura. Su afirmación como lenguaje exigido por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (actualmente es ADA), su énfasis en las estructuras de datos y su sintaxis similar al inglés (a diferencia de la de FORTRAN

y ALGOL) fueron las razones de su amplia aceptación y uso, en especial en aplicaciones de empresa. Los programas escritos en COBOL, que es un lenguaje compilado, se clasifican en cuatro divisiones: Identification, Environment, Data y Procedure.

- La Identification división.- Especifica el nombre del programa y contiene información general del programa como puede ser su autor, fecha en que se escribió y una pequeña descripción de su utilidad, así como cualquier otra documentación que el programador desee añadir.
- La Environment división.- Especifica qué equipo o equipos se están utilizando, y los archivos empleados en el programa para la entrada y la salida.
- La Data división.- Describe los datos utilizados en el programa.
- La Procedure division contiene la parte del procesamiento que dicta las acciones del programa.

El lenguaje BASIC (acrónimo de Código de Instrucciones Simbólicas de Uso General para Principiantes) fue desarrollado en el Dartmouth College a principios de la década de 1960 y se dirigió a los usuarios de ordenador no profesionales. Este lenguaje se universalizó gracias a la popularización de los microordenadores en las décadas de 1970 y 1980. Calificado de lento, ineficaz y poco estético por sus detractores, BASIC es sencillo de aprender y fácil de utilizar. Como muchos de los primeros microordenadores se vendieron con BASIC incorporado en el hardware (en la memoria ROM), se generalizó el uso de este lenguaje.

BASIC, (acrónimo de Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code.- Código de Instrucciones Simbólicas de Uso General para Principiantes), se trata de un lenguaje de programación de alto nivel desarrollado por los estadounidenses John Kemeny y Thomas Kurtz en el Dartmouth College a mediados de la década de 1960. BASIC se ganó su enorme popularidad gracias sobre todo a dos implementaciones, Tiny BASIC y Microsoft BASIC, que convirtieron a este lenguaje en la primera lengua franca de los microordenadores o microcomputadoras. Otras importantes implementaciones han sido CBASIC (BASIC Compilado), Integer y Applesoft BASIC (para el Apple II), GW-BASIC (para computadoras personales), Turbo BASIC (de Borland) y Microsoft QuickBASIC. El lenguaje ha cambiado en el transcurso de los años. Las primeras versiones eran interpretadas y no estructuradas. Las más recientes son estructuradas y, a menudo, compiladas. BASIC suele enseñarse a los programadores principiantes porque es fácil de utilizar y de comprender, y además porque contiene los mismos conceptos fundamentales que muchos otros lenguajes considerados más complejos, como Pascal y C.

Aunque existen centenares de lenguajes informáticos y de variantes, hay algunos dignos de mención, como el PASCAL, diseñado en un principio como herramienta de enseñanza, hoy es uno de los lenguajes de microordenador más populares; el Logo fue desarrollado para que los niños pudieran acceder al mundo de la informática; el C, un lenguaje de Bell Laboratories diseñado en la década de 1970, se utiliza ampliamente en el desarrollo de programas de sistemas, al igual que su sucesor, el C++. El LISP y el PROLOG han alcanzado amplia difusión en el campo de la inteligencia artificial.

Pascal, lenguaje de programación imperativo, diseñado entre los años 1967 y 1971 por Niklaus Wirth. Se trata de un lenguaje compilado y estructurado, basado en el lenguaje ALGOL, que simplifica su sintaxis a la vez que incluye nuevos tipos de datos y estructuras, como subrangos, tipos de datos enumerados, archivos, registros y conjuntos. La aceptación y el uso de Pascal se incrementó considerablemente en 1984 cuando Borland International introdujo Turbo Pascal. Se trataba de un compilador de Pascal de alta velocidad y bajo coste para sistemas MS-DOS del que se vendieron más de un millón de copias en sus diferentes versiones.

C, lenguaje de programación desarrollado en 1972 por el estadounidense Dennis Ritchie en los Laboratorios Bell. Debe su nombre a que su predecesor inmediato había sido llamado lenguaje de programación B. Aunque muchos consideran que C es un lenguaje ensamblador más independiente de la computadora que un lenguaje de alto nivel, su estrecha asociación con el sistema operativo UNIX, su enorme popularidad y su homologación por el American National Standards Institute (ANSI) lo han convertido quizá en lo más cercano a un lenguaje de programación estandarizado en el sector de microordenadores o microcomputadoras y estaciones de trabajo. C es un lenguaje compilado que contiene un pequeño conjunto de funciones incorporadas dependientes de la computadora. El resto de las funciones de C son independientes de la máquina y están contenidas en bibliotecas a las que se puede acceder desde programas escritos en C. Estos programas están compuestos por una o más funciones definidas por el programador, por lo que C es un lenguaje de programación estructurada.

C++, en informática, una versión orientada a objetos del lenguaje de programación denominado C, desarrollada por Bjarne Stroustrup a comienzos de la década de 1980 en los Laboratorios Bell.

El software o programas para computadora, son las instrucciones responsables de que el hardware (la computadora) realice su tarea. Como concepto general, el software puede dividirse en varias categorías basadas en el tipo de trabajo realizado. Las dos categorías primarias de software son:

- Los sistemas operativos (software del sistema).- Son los que controlan los trabajos del ordenador o computadora. El software del sistema procesa tareas tan esenciales, aunque a menudo invisibles, como el mantenimiento de los archivos del disco y la administración de la pantalla.
- El software de aplicación.- Es el que dirige las distintas tareas para las que se utilizan las computadoras. El software de aplicación lleva a cabo tareas de tratamiento de textos, gestión de bases de datos y similares.

Las anteriores constituyen dos categorías separadas el software de red, que permite comunicarse a grupos de usuarios, y el software de lenguaje utilizado para escribir programas. Además de estas categorías basadas en tareas, varios tipos de software se describen basándose en su método de distribución. Entre estos se encuentran los así llamados programas enlatados, el software desarrollado por compañías y vendido principalmente por distribuidores, el freeware y software de dominio público, que se ofrece sin costo alguno, el shareware, que es similar al freeware, pero suele conllevar una pequeña tasa a pagar por los usuarios que lo utilicen profesionalmente y, por último, el

infame vapourware, que es software que no llega a presentarse o que aparece mucho después de lo prometido.

V.B.5. CAJA NEGRA

En informática, la caja negra es una unidad cuya estructura interna se desconoce, pero cuya función está documentada. Los diseñadores de hardware y de software utilizan este término para hacer referencia a los circuitos o al código de programación que ejecutan determinada función. La mecánica interna de la función no es algo que interese al diseñador que utiliza una caja negra para obtener una función. Por ejemplo, un chip de memoria puede considerarse una caja negra. Muchas personas utilizan chips de memoria, e incluso los diseñan para los equipos informáticos, pero por lo general sólo los diseñadores de chips de memoria necesitan comprender su funcionamiento interno.

V.B.6. ESTRUCTURA GENERAL DEL PROGRAMA

La programación de computadoras es el proceso de planificar una secuencia de instrucciones que ha de seguir una computadora. Un programa es la secuencia de instrucciones que indica las acciones que ha de ejecutar la computadora.

El concepto de programa almacenado en la memoria fue ideado por John von Neumann en el año de 1946, y desde entonces todas las computadoras utilizan esta característica que las hace más flexibles y permite realizar cambios de un programa a otro.

En general, el desarrollo de un programa para la resolución de un problema tendrá en líneas generales las fases siguientes:

- Análisis.- Definición del problema.
- Algoritmo.- Desarrollo de la secuencia lógica de pasos para la resolución del problema.
- Prueba del algoritmo.- Seguir los pasos del algoritmo y ver si resuelven realmente el problema.
- Codificación.- Conversión del algoritmo en un programa escribiéndolo en un lenguaje de programación.
- Edición, ejecución y prueba.- Introducir el programa en la memoria, ejecutarlo y probar sus resultados, corrigiendo los errores hasta su puesta a punto final.
- Uso y mantenimiento.- Manejo y actualización del programa.

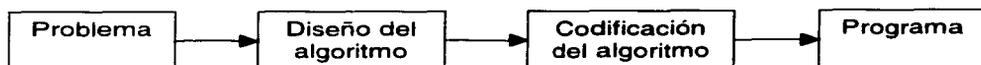


Figura 87: Fases de la programación

Dependiendo de la naturaleza del problema a resolver, se puede considerar que el equipo de desarrollo de un programa que consta de una sola persona, o un equipo de personas dirigidos por un programador, jefe del equipo. En cualquier caso, la descripción general de cada programa incluirá al menos los siguientes conceptos:

- Tipo de lenguaje de programación COBOL, Pascal, BASIC, etc.
- Descripción del programa con indicación de las tareas a realizar y del algoritmo de resolución.
- Frecuencia de procesamiento (diaria, semanal, en línea, etc.).
- Entradas y salidas del programa.
- Especificaciones detalladas de cálculos, tablas, etc.
- Limitaciones y restricciones (orden de entrada/salida de datos, tiempos de respuesta, etc.).

Una vez que los conceptos anteriores se conocen, el siguiente paso es escribir los programas. Los pasos que exige el desarrollo de un programa se pueden sintetizar en siete:

1. Planificación del problema, descripción y análisis.- Un equipo de analistas y usuarios debe decidir exactamente lo que el programa debe hacer, qué datos debe procesar y qué información producirá.
2. Desarrollo de las especificaciones del programa.- El programador especifica las funciones del procesamiento de los datos que el programa debe ejecutar. Las relaciones entre las funciones se establecen en una serie de diagramas de flujo.
3. Codificación del programa.- El programador escribe el código fuente del programa. Este código fuente consta de los pasos del programa descritos en un lenguaje de computadora. En la computadora el código fuente se traduce en un programa que la computadora puede ejecutar.
4. Depuración del programa.- El programador ejecuta el programa para detectar y corregir errores. A esta operación se denomina depurar el programa.
5. Verificación del programa.- El programador comprueba el programa para asegurarse que produce la información requerida. Durante esta fase se podría necesitar modificar el programa.
6. Documentación del programa.- El programador describe el funcionamiento y uso del programa en una documentación técnica y de usuario.
7. Mantenimiento del programa.- Si el tipo de información requerida necesitase cambios, el programa debe ser modificado. Así mismo, los usuarios del programa pueden descubrir errores o introducir a su vez cambios que la experiencia les

dicte, y por consiguiente debe modificarse el programa. En resumen, el programador debe mantener el programa, corrigiendo cualquier error o introduciendo las modificaciones necesarias para que el programa continúe durante todo el tiempo de su vida activa, siendo útil para cumplir las necesidades del usuario.

V.B.7. PSEUDOCÓDIGO

Otra herramienta muy útil en el análisis de programación es el pseudocódigo. Pseudo o seudo, significa «falso», «imitación» y código se refiere a las instrucciones escritas en un lenguaje de programación; pseudocódigo no es realmente un código, sino una imitación y una versión abreviada de instrucciones reales para las computadoras. Las tres herramientas que utilizan los programadores son: diagramas de flujo, tablas de decisión y pseudocódigos.

El pseudocódigo es una técnica para expresar en lenguaje natural la lógica de un programa, es decir, su flujo de control. El pseudocódigo no es un lenguaje de programación sino un modo de plantear un proceso de forma que su traducción a un lenguaje de alto nivel sea sencillo para un programador. La fase de confección de pseudocódigos es inmediatamente anterior a su codificación en el lenguaje de programación elegido. En la actualidad el pseudocódigo es una técnica muy utilizada sobre todo en la programación de lenguajes estructurados como Pascal, o bien utilizando técnicas de programación estructurada en otros lenguajes.

Los pseudocódigos utilizan palabras clave como DO (Hacer), IF-THEN-ELSE (Si-entonces-sino), ENDIF (Fin de si), REPEAT-UNTIL (Repetir hasta), REPEAT-WHILE (Repetir-mientras) o bien DO-WHILE (Hacer-mientras). DO-UNTIL (Hacer-hasta), etc.

V.B.8. ¿ QUE ES VISUAL BASIC 5.0 ?

Microsoft Visual Basic, es la manera más rápida y sencilla de crear aplicaciones para Microsoft Windows. Tanto si es un profesional experimentado, como un recién llegado a la programación en Windows, Visual Basic, proporciona un juego completo de herramientas que facilitan el desarrollo rápido de aplicaciones.

La palabra "Visual" hace referencia al método que se utiliza para crear la interfaz gráfica de usuario (GUI). En lugar de escribir numerosas líneas de código para describir la apariencia y la ubicación de los elementos de la interfaz, simplemente puede arrastrar y colocar objetos prefabricados en su lugar dentro de la pantalla. Si se ha utilizado alguna vez un programa de dibujo como Paint, este tiene la mayor parte de las habilidades necesarias para crear una interfaz de usuario efectiva.

La palabra "Basic" hace referencia al lenguaje BASIC (Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code), un lenguaje utilizado por más programadores que ningún otro lenguaje en la historia de la informática o computación. Visual Basic ha evolucionado a partir del lenguaje BASIC original y ahora contiene centenares de instrucciones, funciones y palabras clave, muchas de las cuales están directamente relacionadas con la interfaz gráfica de Windows. Los principiantes pueden crear aplicaciones útiles con sólo aprender unas pocas palabras clave, pero, al mismo tiempo, la eficacia del lenguaje permite a los

profesionales acometer cualquier objetivo que pueda alcanzarse mediante cualquier otro lenguaje de programación de Windows.

El lenguaje de programación Visual Basic no es exclusivo de Visual Basic. La Edición para aplicaciones del sistema de programación de Visual Basic, incluida en Microsoft Excel, Microsoft Access y muchas otras aplicaciones Windows, utilizan el mismo lenguaje. El sistema de programación de Visual Basic, Scripting Edition (VBScript) para programar en Internet es un subconjunto del lenguaje Visual Basic. La inversión realizada en el aprendizaje de Visual Basic ayudará a abarcar estas otras áreas.

Si el objetivo es crear un pequeño programa para su uso personal o para su grupo de trabajo, un sistema para una empresa o incluso aplicaciones distribuidas de alcance mundial a través de Internet, Visual Basic dispone de las herramientas necesarias.

- Las características de acceso a datos permiten crear bases de datos y aplicaciones cliente para los formatos de las bases de datos más conocidas, incluidos Microsoft SQL Server y otras bases de datos de ámbito empresarial.
- Las tecnologías ActiveX permiten utilizar la funcionalidad proporcionada por otras aplicaciones, como el procesador de textos Microsoft Word, la hoja de cálculo Microsoft Excel y otras aplicaciones Windows. Puede incluso automatizar las aplicaciones y los objetos creados con la Edición profesional o la Edición empresarial de Visual Basic.
- Las capacidades de Internet facilitan el acceso a documentos y aplicaciones a través de Internet desde su propia aplicación.
- La aplicación terminada es un auténtico archivo .exe que utiliza una biblioteca de vínculos dinámicos (DLL) de tiempo de ejecución que puede distribuir con toda libertad.

Visual Basic se encuentra disponible en tres versiones, cada una de las cuales está orientada a unos requisitos de programación específicos.

- La Edición de aprendizaje de Visual Basic permite a los programadores crear robustas aplicaciones para Microsoft Windows NT, Windows 95 y posteriores. Incluye todos los controles intrínsecos, además de los controles de cuadrícula, de fichas y los controles enlazados a datos. La documentación que se proporciona con esta edición incluye Learn VB Now (un CD-ROM multimedia), un Manual del programador impreso, la Ayuda en pantalla y los Libros en pantalla de Visual Basic.
- La Edición profesional proporciona a los profesionales un completo conjunto de herramientas para desarrollar soluciones para terceros. Incluye todas las características de la Edición de aprendizaje, así como controles ActiveX adicionales, incluidos controles para Internet y el Generador de informes de Crystal Reports. La documentación que se proporciona con la Edición profesional incluye el Manual del programador, la ayuda en pantalla, la Guía de herramientas y componentes, y el Manual del usuario de Crystal Reports para Visual Basic.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- La Edición empresarial permite a los profesionales crear sólidas aplicaciones distribuidas en un entorno de equipo. Incluye todas las características de la Edición profesional, así como el Administrador de automatización, la Galería de objetos, las herramientas de administración de bases de datos, el sistema de control de versiones orientado a proyectos Microsoft Visual SourceSafe, etc. La documentación impresa que se proporciona con la Edición empresarial incluye toda la documentación de la Edición profesional, y la Guía para la creación de aplicaciones cliente-servidor con Visual Basic y el Manual del usuario de SourceSafe.

V.B.8.a. ESTRUCTURAS BÁSICAS DE CONTROL DE VISUAL BASIC 5.0

Existe un número determinado de palabras reservadas, que solo pueden utilizarse de un modo limitado, dichas palabras forman las instrucciones o sentencias de programación de un lenguaje.

V.B.8.a.í. SENTENCIA IF...THEN...ELSE

If...Then...Else (Instrucción)

Ejecuta condicionalmente un grupo de instrucciones, dependiendo del valor de una expresión.

Sintaxis

If condición *Then* [instrucciones]-[*Else* instrucciones_else]

Puede utilizar la siguiente sintaxis en formato de bloque:

```

If condición Then
    [instrucciones]
    [Elseif condición-n Then
        [instrucciones_elseif] ...
[Else
    [instrucciones_else]]
End If

```

La sintaxis de la instrucción *If...Then...Else* consta de tres partes:

Parte	Descripción
-------	-------------

Condición	Requerido. Uno o más de los siguientes dos tipos de expresiones: Una expresión numérica o expresión de cadena que puede ser evaluada como <i>True</i> o <i>False</i> . Si la condición tiene un valor Null, la condición se considera <i>False</i> .
-----------	---

<i>elseif</i>	Opcional. Una o más instrucciones ejecutadas si la condición-n asociada es <i>True</i> .
<i>else</i>	Opcional. Una o más instrucciones ejecutadas si ninguna de las expresiones anteriores condición o condición-n es <i>True</i> .

Puede utilizar la forma de una sola línea para pruebas cortas y sencillas. Sin embargo, el formato de bloque proporciona más estructura y flexibilidad que la forma de línea simple y, generalmente, es más fácil de leer, de mantener y de depurar.

Nota Con la sintaxis es posible ejecutar múltiples instrucciones como resultado de una decisión *If...Then*, pero todas deben estar en la misma línea y separadas por dos puntos, como en la instrucción siguiente:

```
If A > 10 Then A = A + 1 : B = B + A : C = C + B
```

Una instrucción con formato de bloque *If* debe ser la primera de la línea. Las partes *Else*, *Elseif* y *End If*, de la instrucción, solamente pueden ir precedidas de un número de línea o por una etiqueta de línea. El bloque *If* debe terminar con una instrucción *End If*. Para determinar si una instrucción *If* es un bloque, examine lo que sigue a la palabra clave *Then*. Si lo que aparece detrás de *Then* en la misma línea no es un comentario, la instrucción se considera como una instrucción *If* de una sola línea. Las cláusulas *Else* y *Elseif* son opcionales. Puede tener en un bloque *Elseif*, tantas cláusulas *If* como desee, pero ninguna puede aparecer después de una cláusula *Else*. Las instrucciones de bloque *If* se pueden anidar; es decir, unas pueden contener a otras.

Cuando se ejecuta un bloque *If*, se prueba condición. Si condición es *True*, se ejecutan las instrucciones que están a continuación de *Then*. Si condición es *False*, se evalúan una a una las condiciones *Elseif* (si existen). Cuando se encuentra una condición *True* se ejecutan las instrucciones que siguen inmediatamente a la instrucción *Then* asociada. Si ninguna de las condiciones *Elseif* es *True* (o si no hay cláusulas *Elseif*), se ejecutan las instrucciones que siguen a *Else*. Después de la ejecución de las instrucciones que siguen a *Then* o *Else*, la ejecución continúa con la instrucción que sigue a *End If*.

V.B.8.a.ii. SENTENCIA SELECT CASE (INSTRUCCIÓN)

Ejecuta uno de varios grupos de instrucciones, dependiendo del valor de una expresión.
Sintaxis

```
Select Case expresión_prueba
  [Case lista_expresion-n
    [instrucciones-n]] ...
  [Case Else
    [instrucciones_else]]
End Select
```

La sintaxis de la instrucción *Select Case* consta de las siguientes partes:

Parte Descripción

expresión_prueba	Requerido. Cualquier expresión numérica o expresión de cadena.
lista_expresión-n	Requerido si aparece la palabra clave <i>Case</i> . Lista delimitada por comas de una o más de las formas siguientes: expresión, expresión <i>To</i> expresión, <i>Is</i> expresión operador de comparación. La palabra clave especifica un intervalo de valores. Si se utiliza la palabra clave <i>To</i> , el valor menor debe aparecer antes de <i>To</i> . Utilice la

	palabra clave <i>Is</i> con operadores de comparación (excepto <i>Is</i> y <i>Like</i>) para especificar un intervalo de valores. Si no se escribe, la palabra clave <i>Is</i> se insertará automáticamente.
Instrucciones-n	Opcional. Una o más instrucciones ejecutadas si expresión_prueba coincide con cualquier parte de lista_expresión-n.
instrucciones_e/se	Opcional. Una o más instrucciones que se ejecuten si expresión_prueba no coincide con nada de la cláusula <i>Case</i> .

Si expresión_prueba coincide con cualquier lista_expresión asociada con una cláusula *Case*, las instrucciones que siguen a esa cláusula *Case* se ejecutan hasta la siguiente cláusula *Case* o, para la última cláusula, hasta la instrucción *End Select*. El control pasa después a la instrucción que sigue a *End Select*. Si expresión_prueba coincide con una expresión de lista_expresión en más de una cláusula *Case*, sólo se ejecutan las instrucciones que siguen a la primera coincidencia.

La cláusula *Case Else* se utiliza para indicar las instrucciones que se van a ejecutar si no se encuentran coincidencias entre expresión_prueba y una lista_expresión en cualquiera de las otras selecciones de *Case*. Aunque no es necesario, es buena idea tener una instrucción *Case Else* en el bloque *Select Case* para controlar valores imprevistos de expresión_prueba. Cuando no hay una instrucción *Case Else* y ninguna expresión de la lista en las cláusulas *Case* coincide con la expresión de prueba, la ejecución continúa en la instrucción que sigue a *End Select*.

Se pueden utilizar expresiones múltiples o intervalos en cada cláusula *Case*. Por ejemplo, la línea siguiente es válida:

Case 1 To 4, 7 To 9, 11, 13, *Is* > MaxNumber

Nota El operador de comparación *Is* no es lo mismo que la palabra clave *Is* utilizada en la instrucción *Select Case*.

También puede especificar intervalos y expresiones múltiples para cadenas de caracteres. En el siguiente ejemplo, *Case* coincide con las cadenas que son exactamente iguales a todo, cadenas que están entre nueces y sopa en orden alfabético y el valor actual de ElemPrueba:

Case "iguales a todo", "nueces" To "sopa", ElemPrueba

Las instrucciones *Select Case* se pueden anidar. Cada instrucción *Select Case* debe tener su correspondiente instrucción *End Select*.

V.B.8.a.iii. SENTENCIA WHILE...WEND (INSTRUCCIÓN)

Ejecuta una serie de instrucciones mientras una condición dada sea *True*.

Sintaxis

While condición
[instrucciones]
Wend

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La sintaxis de la instrucción *While...Wend* consta de las siguientes partes:

Parte	Descripción
Condición	Requerido. Expresión numérica o expresión de cadena cuyo valor es <i>True</i> o <i>False</i> . Si condición es Null, condición se considera <i>False</i> .
Instrucciones	Opcional. Una o más instrucciones que se ejecutan mientras la condición es <i>True</i> .

Si condición es *True*, todas las instrucciones se ejecutan hasta que se encuentra la instrucción *Wend*. Después, el control vuelve a la instrucción *While* y se comprueba de nuevo condición. Si condición es aún *True*, se repite el proceso. Si no es *True*, la ejecución se reanuda con la instrucción que sigue a la instrucción *Wend*. Los bucles *While...Wend* se pueden anidar a cualquier nivel. Cada *Wend* coincide con el *While* más reciente.

V.B.8.a.í.v. SENTENCIA DO...LOOP (INSTRUCCIÓN)

Repite un bloque de instrucciones cuando una condición es *True* o hasta que una condición se convierta en *True*.

Sintaxis

```
Do [{While | Until} condición]
    [instrucciones]
[Exit Do]
    [instrucciones]
Loop
```

O bien, puede utilizar esta sintaxis:

```
Do
    [instrucciones]
[Exit Do]
    [instrucciones]
Loop [{While | Until} condición]
```

La sintaxis de la instrucción *Do Loop* consta de las siguientes partes:

Parte	Descripción
Condición	Opcional. Expresión numérica o expresión de cadena que es <i>True</i> o <i>False</i> . Si la condición es Null, condición se considera <i>False</i> .
Instrucciones	Una o más instrucciones que se repiten mientras o hasta que condición sea <i>True</i> .

Se puede utilizar cualquier número de instrucciones *Exit Do* ubicadas en cualquier lugar dentro de una estructura de control *Do...Loop*, para proporcionar una salida alternativa de un *Do...Loop*. La instrucción *Exit Do* se utiliza frecuentemente en la evaluación de alguna condición, por ejemplo, *If...Then*; en este caso, la instrucción *Exit Do* transfiere el control a la instrucción que sigue inmediatamente a la instrucción *Loop*.

Cuando se utiliza con instrucciones anidadas *Do...Loop*, la instrucción *Exit Do* transfiere control al bucle que está anidado un nivel por encima del bucle donde ocurre.

V.B.8.a.v. SENTENCIA FOR...NEXT (INSTRUCCIÓN)

Repite un grupo de instrucciones un número especificado de veces.

Sintaxis

```
For contador = principio To fin [Step incremento]
    [instrucciones]
[Exit For]
[instrucciones]
Next [contador]
```

La sintaxis de la instrucción *For...Next* consta de las siguientes partes:

Parte	Descripción
Contador	Requerido. Variable numérica que se utiliza como contador de bucle. La variable no puede ser de tipo Boolean, ni ningún elemento de matriz.
Principio	Requerido. Valor inicial del contador.
Fin	Requerido. Valor final del contador.
Incremento	Opcional. Cantidad en la que cambia el contador cada vez que se ejecuta el bucle. Si no se especifica, el valor predeterminado de incremento es uno.
Instrucciones	Opcional. Una o más instrucciones entre <i>For</i> y <i>Next</i> que se ejecutan un número especificado de veces.

El argumento incremento puede ser positivo o negativo. El valor del argumento incremento determina la manera en que se procesa el bucle, como se muestra en la Tabla 4:

Tabla 45: Tipos de argumentos para la sentencia *FOR*

Valor	El bucle se ejecuta si
Positivo ó 0	contador <= fin
Negativo	contador >= fin

Una vez que se inicia el bucle y se han ejecutado todas las instrucciones en el bucle, incremento se suma a contador. En este punto, las instrucciones del bucle se pueden ejecutar de nuevo (si se cumple la misma prueba que causó que el bucle se ejecutara inicialmente) o bien se sale del bucle y la ejecución continúa con la instrucción que sigue a la instrucción *Next*.

Se pueden colocar en el bucle cualquier número de instrucciones *Exit For* como una manera alternativa de salir del mismo. La instrucción *Exit For*, que se utiliza a menudo en la evaluación de alguna condición (por ejemplo, *If...Then*), transfiere el control a la instrucción que sigue inmediatamente a la instrucción *Next*. Se pueden anidar bucles

For...Next, colocando un bucle *For...Next* dentro de otro. Para ello, proporcione a cada bucle un nombre de variable único como su contador. La siguiente construcción es correcta:

```
For I = 1 To 10
  For J = 1 To 10
    For K = 1 To 10
      ...
    Next K
  Next J
Next I
```

Nota Si omite un contador en una instrucción *Next*, la ejecución continúa como si se hubiera incluido. Se produce un error si se encuentra una instrucción *Next* antes de su instrucción *For* correspondiente.

V.C. PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA

Para aumentar la eficiencia de la programación y el mantenimiento se necesita dotar a los programas de una estructura. Las razones para ello no sólo es el aumento de fiabilidad y eficiencia sino también asegurar que los programas sean adaptables, manejables, fácilmente comprensibles y transportables. A estas condiciones se les suele añadir la claridad y simplicidad.

A medida que la tecnología electrónica ha ido avanzando las computadoras se han ido haciendo más rápidas, y el postulado que subsistía en la década de los años 60's e inclusive de los 70's, en el que el programador debía arañar tiempo de ejecución recurriendo a trucos de programación, ha ido dejando de tener peso y hoy día se buscan programas claros en su estructura, adaptables, transportables posibilidad de pasarlos de una máquina a otra y simples. La hora de programador se ha elevado en coste considerablemente y si a eso se le une que las posibles modificaciones en un programa pueden producir la pérdida de claridad del mismo, es preciso realizar el programa con técnicas de programación estructurada que permitan aumentar la eficiencia de la programación y su mantenimiento.

Los primeros propósitos de la programación estructurada dirigían sus esfuerzos a buscar modos de minimizar la probabilidad de error en el proceso de programación. El factor humano es una de las fuentes más importantes en la comisión de errores. Uno de los objetivos de la programación estructurada es la minimización del error humano.

Aunque al profesor Edgar W. Dijkstra de la Universidad de Eindhoven se le considera el padre de la programación estructurada, muchos otros investigadores han trabajado en su desarrollo y de ellos podemos citar a Hoare, Wirth, Knuth, Dahl, Bohm, Jacopini, Warnier, etc. Una definición aceptable de programación estructurada es que la programación estructurada (PE), es una técnica de construcción de programas que utiliza al máximo los recursos del lenguaje, limita el conjunto de estructuras aplicables a leer y presenta una serie de reglas que coordinan adecuadamente el desarrollo de las diferentes fases de la programación, para lo cual la programación estructurada utiliza en su diseño los siguientes conceptos o principios fundamentales recogidos esencialmente en la definición anterior:

- Estructuras básicas.- El Teorema de la estructura (o antiguo teorema de Bohm y Jacopini, 1966) demostró que cualquier programa con un solo punto de entrada y un solo punto de salida puede resolverse con tres únicos tipos de estructuras de control:
 - Secuencial.- Una estructura secuencial es aquella que ejecuta las acciones sucesivamente unas a continuación de otras sin posibilidad de omitir ninguna y naturalmente, sin bifurcaciones. Todas estas estructuras tendrán una entrada y una salida.
 - Alternativa.- Es aquella estructura en la que únicamente se realiza una alternativa (una determinada secuencia de instrucciones) dependiendo del valor de una determinada condición o predicado. Las estructuras alternativas también llamadas condicionales pueden ser de tres tipos:
 - a) Simple.- Son aquellas en que la existencia o cumplimiento de la condición implica la ruptura de la secuencia y la ejecución de una determinada acción.
 - b) Doble.- Es aquella que permite la elección entre dos acciones o tratamientos en función de que se cumpla o no determinada condición.
 - c) Múltiple.- Estas estructuras se adoptan cuando las condiciones pueden tomar n valores enteros distintos: 1, 2, 3, ... , n
 - Repetitiva.- Las estructuras repetitivas o iterativas son aquellas en las que las acciones se ejecutan un número determinado de veces y dependen de un valor predefinido o el cumplimiento de una determinada condición. Las estructuras repetitivas permiten representar aquellas acciones que pueden descomponerse en otras subacciones primitivas.

Una iteración es el hecho de repetir la ejecución de una secuencia de acciones o de una acción. Un bucle o lazo es el conjunto de acciones iterativas. Para describir una iteración, si se conoce el número n de repeticiones, se puede escribir simplemente n veces la acción o secuencia de acciones a repetir. Sin embargo si n es grande las operaciones anteriores pueden resultar tediosas y la secuencia algorítmica difícil de leer. Con frecuencia es difícil determinar el número de repeticiones. En consecuencia es preciso disponer de estructuras algorítmicas que permitan describir una iteración de forma cómoda. Las tres estructuras más usuales dependiendo de que la condición se encuentre al principio o al final de la iteración son:

- a) Estructura Mientras.- El bucle Mientras determina la repetición de un grupo de instrucciones mientras la condición se cumpla inicialmente. Esta estructura se conoce principalmente como DOWHILE.
- b) Estructura Repetir-hasta.- En esta estructura el número de iteraciones o repeticiones del grupo de instrucciones se ejecuta hasta que la condición deje de cumplirse. Esta condición se cumple al final y se conoce como DOUNTIL

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- c) **Estructura Para (Desde-hasta).**- En esta estructura el número de iteraciones o repeticiones del grupo de instrucciones se ejecuta un número fijo de veces.
- **Recursos abstractos.**- La estructuración debe cumplir el uso de recursos abstractos. El proceso de realización de diferentes pasos hasta encontrar la solución de un problema es un proceso abstracto. Diseñar o concebir un problema en términos abstractos consiste en no tener en cuenta la máquina que lo va a resolver así como el lenguaje de programación que se va a utilizar. Esto lleva consigo la obtención de un conjunto de acciones que se han de realizar para obtener una solución. Al considerar un algoritmo y los cálculos que incluyen, se hace abstracción de los valores específicos. Igualmente el concepto de variable implica una abstracción cuando se da un nombre a una operación determinada, y se utiliza considerando lo que hace pero sin preocuparnos de cómo lo hace.

Tras encontrar la solución adecuada mediante el ordinograma o el algoritmo, se analiza esta solución con la computadora y el lenguaje de programación que se va a utilizar, a fin de comprobar si las diferentes acciones son susceptibles de ser ejecutadas por la máquina tal y como han sido concebidas; si eso no fuera posible, será preciso descomponer las acciones en otras subacciones más elementales, continuándose el proceso hasta que cada subacción pueda ser codificada en el lenguaje elegido y por consiguiente ejecutado en la computadora del usuario.

- **Diseño descendente "arriba-abajo" (top-down).**- La metodología o diseño descendente (top-down), también conocida como arriba-abajo consiste en establecer una serie de niveles de menor o mayor complejidad (arriba-abajo) que den solución al problema. En esencia consiste en efectuar una relación entre las etapas de la estructuración de forma que una etapa jerárquica y su inmediatamente inferior se relacionen mediante entradas y salidas de información. Un programa estructurado tiene una representación en forma de árbol.

La marcha analítica de un proceso descendente está basada en dos características esenciales: representación en forma de árbol y descomposición funcional. El diseño se basa en la realización de diferentes niveles. El primer nivel resuelve totalmente el problema y el segundo y sucesivos niveles son refinamientos sucesivos del primero (stepwise) y se sigue siempre la metodología de recursos abstractos. Si el diseño y planteamiento es correcto nunca será preciso volver atrás ya que los niveles anteriores al que se esté situado en un momento dado ya habrán resuelto el problema en su totalidad.

De aquí que el profesor Dijkstra declarara que la estructura GOTO es perjudicial para la programación.

V.C.1. PROGRAMACIÓN MODULAR

Tras conocer las características que debe tener un programa es necesario seguir una metodología encaminada al cumplimiento de esas características. La metodología de la programación es la técnica que permite que la programación sea lo más eficaz posible en cuanto al desarrollo y mantenimiento.

La realización de un programa sin seguir un método de programación riguroso, aunque funcione, a la larga no será más que un conjunto más o menos grande de instrucciones. La definición de las diferentes etapas adolecen en general de indefinición y falta de continuidad (desarrollo y mantenimiento). La consecuencia inmediata de lo expuesto anteriormente se podría recoger en la siguiente relación de problemas y defectos que suelen tener los programas escritos sin un determinado método.

- Los programas suelen ser excesivamente rígidos, presentando problemas para adaptarlos a las cada día más cambiantes configuraciones.
- Los programadores gastan la mayoría de su tiempo corrigiendo sus errores.
- Los programadores generalmente rehúsan el uso de programas y módulos ya escritos y en funcionamiento, prefiriendo escribir los suyos. La comunicación entre programadores es muy difícil.
- Un proyecto de varios programadores tiene normalmente varios conjuntos diferentes de objetivos.
- Cada programador tiene sus propios programas convirtiéndose esta relación en algo inseparable.
- Las modificaciones en las aplicaciones y programas son muy difíciles de hacer, implican mucho tiempo y elevado coste de mantenimiento. Ello conduce a colocar "parches" que complican cada vez más el diseño inicial o bien a que el programa caiga en desuso y frente al elevado coste de actualización se opte por crear una nueva aplicación que sustituya a la existente.
- Deficiencias en la documentación:
 - Descripciones incompletas o escasas
 - Ausencia de diagramas
 - No actualizada

En esencia, los problemas anteriores y otros no citados imposibilitan la evolución y mantenimiento de los programas. Por consiguiente es de suma importancia prever las futuras modificaciones al objeto de mantener los programas funcionando correctamente y puestos al día. Estas previsiones se pueden resumir en:

- Aumento del volumen de datos y estructuras.
- Cambios en la organización de la información.
- Cambios debidos preferentemente a la modernización de los documentos y sus formatos.
- Sustitución, ampliación o reducción en el sistema de proceso de datos.
- Etcétera.

Así pues se deben prever las posibles modificaciones mediante la creación de programas con la suficiente flexibilidad que sean capaces de adaptarse a los cambios. Se deben crear programas claros, inteligibles y breves con el objetivo de que puedan ser leídos, entendidos y fácilmente modificados. En resumen, se deben establecer una serie de normas que permitan el paso de una programación artesanal a una programación que permita conseguir una estandarización y en consecuencia una disminución de los costos informáticos, mayor independencia del programador y seguridad de funcionamiento.

Al diseñar un programa, éste debe reunir unas características fundamentales:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- **Correcto, fiel:** producir resultados requeridos;
- **Legible:** ser entendido por cualquier programador, además fáciles modificaciones;
- **Modificable:** el diseño nunca es definitivo y por ello su estructura debe permitir modificaciones;
- **Depurable:** debe ser fácil la localización y corrección de errores.

El concepto básico de la programación modular es muy simple, consiste en dividir un programa en módulos. En realidad es un método de diseño que tiende a dividir el problema, de forma lógica, en partes perfectamente diferenciadas que pueden ser analizadas, programadas y puestas a punto independientemente. La división de un problema en módulos o programas independientes exige otro módulo que controle y relacione a todos los demás, es el denominado módulo base o principal del problema. Realmente la programación modular es un intento para diseñar programas, de forma tal que cualquier función lógica pueda ser intercambiada sin afectar a otras partes del programa. Las ventajas de la programación modular se pueden resumir en los siguientes puntos:

- a) Un programa modular es más fácil de escribir y depurar (ejecutar, probar y poner a punto). Se puede profundizar en las pruebas parciales de cada módulo mucho más de lo que se hace en un programa mayor.
- b) Un programa modular es fácil de mantener y modificar.
- c) Un programa modular es fácil de controlar. El desglose de un problema en módulos permite encomendar los módulos más complejos a los programadores más experimentados y los más sencillos a los programadores más noveles.
- d) Posibilita el uso repetitivo de las rutinas en el mismo o en diferentes programas.

Los inconvenientes se pueden resumir en:

- a) No se dispone de algoritmos formales de modularidad, por lo que a veces los programadores no tienen claras las ideas de los módulos.
- b) La programación modular requiere más memoria y tiempo de ejecución.

Se podrían sintetizar los objetivos de la programación modular en los siguientes:

- Disminuir la complejidad.
- Aumentar la claridad y fiabilidad.
- Disminuir el coste.
- Aumentar el control del proyecto.
- Facilitar la ampliación del programa mediante nuevos módulos.
- Facilitar las modificaciones y correcciones al quedar automáticamente localizadas en un módulo.

El concepto de módulo no es único y se pueden dar varias definiciones, aunque tal vez la más acertada sea la siguiente:



Un módulo está constituido por una o varias instrucciones físicamente contiguas y lógicamente encadenadas, las cuales se pueden referenciar mediante un nombre y pueden ser llamadas desde diferentes puntos de un programa.

Un módulo puede ser:

- Un programa.
- Una función.
- Una subrutina (o procedimiento).

Los módulos deben tener la máxima cohesión y el mínimo acoplamiento. Es decir, deben tener la máxima independencia entre ellos. La salida del módulo debe ser función de la entrada pero no de ningún estado interno. En esencia el módulo ha de ser una caja negra que facilite unos valores de entradas y suministre unos valores de salida que sean exclusivamente función de las entradas.

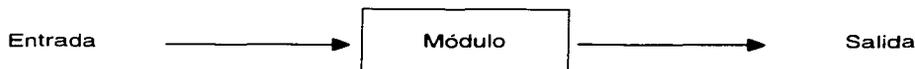


Figura 88: Relación entrada-salida con el módulo principal

En la creación de los módulos deben cumplirse tres aspectos básicos: descripción, rendimiento y diseño.

- En la descripción se definen las funciones y objetivos del programa.
- Para obtener el máximo rendimiento se ha de comprobar que el programa realice el proceso aprovechando al máximo todos los recursos de los que dispone.
- En cuanto al diseño se debe comprobar la estructura que sigue el módulo así como la estructura de los datos y la forma de comunicación entre los diversos y diferentes módulos.

Con independencia de las técnicas, los requisitos que debe cumplir la programación modular son:

- a) Establecimiento de un organigrama modular.
- b) Descripción del módulo principal.
- c) Descripción de los módulos básicos o secundarios.
- d) Normas de la programación.

El organigrama modular se realiza mediante bloques, en el que cada bloque corresponde a un módulo y muestra gráficamente la comunicación entre el módulo principal y los secundarios. El módulo principal debe ser claro y conciso, reflejando los puntos fundamentales del programa. Los módulos básicos deben resolver partes bien definidas del problema. Sólo pueden tener un punto de entrada y un punto de salida. Si un módulo es complejo de resolver conviene se subdivida en submódulos. Ningún módulo puede ser llamado desde distintos puntos del módulo principal.

Las normas de programación dependerán del análisis de cada problema y de las normas generales o particulares que haya recibido el programador. Según las funciones que pueden desarrollar cada módulo, éstos se clasifican

- Módulos tipo raíz, director o principal.
- Módulos tipo subraíz.
- Módulos de entrada (captura de datos).
- Módulos de variación de entradas.
- Módulos de proceso.
- Módulos de creación y formatos de salidas.

Las fases de la resolución de un problema con programación modular son las siguientes:

- Estudio de las especificaciones del problema. En esta etapa las Tablas de decisión son una herramienta de gran utilidad.
- Confección del ordinograma o tabla de decisión de cada módulo.
- Codificación de cada módulo en el lenguaje adecuado.
- Pruebas parciales de cada uno de los módulos componentes.
- Prueba final de los módulos enlazados.

El diseño de una aplicación con programación modular consiste en la realización de una red de módulos. Existirá un módulo raíz, que se denomina principal o director y cada módulo sólo puede tener una entrada y una salida que lo enlazan con el módulo principal, incluso habiendo estructuras repetitivas y alternativas dentro de un módulo. La programación modular se basa en el diseño descendente (top-down) que permite comprobar el funcionamiento de cada módulo mediante módulos ya comprobados.

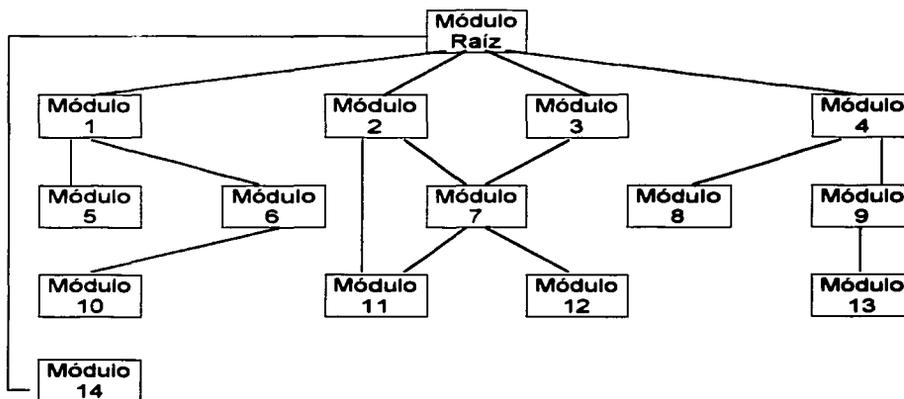


Figura 89: Relación modular de un programa

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El montaje de la red se hace en modo ascendente (bottom-up) por lo que un programador puede estar escribiendo el módulo 11 mientras otro hace lo propio con el módulo 12. Una vez terminados ambos se puede comprobar su funcionamiento con un módulo ficticio 7 que llama a ambos. De igual forma se pueden escribir los módulos 10 y 14 al tiempo que los 11 y 12, etc.

Los datos que forman parte de un programa modular se dividen en dos grandes grupos: variables internas o locales y variables externas o globales.

Las variables internas son utilizadas por un solo módulo y las variables externas por más de un módulo. Los módulos se comunican entre sí por las variables externas que técnicamente son las más importantes en el desarrollo del programa. Los módulos tienen que utilizar las variables bien como referencia o como modificador de su valor.

La división de un programa en módulos debe cumplir los siguientes criterios:

- a) Cada módulo debe corresponder a una función lógica perfectamente diferenciada.
- b) El tamaño de cada módulo es variable. Deben ser pequeños para que sean claros y de poca complejidad. Las normas varían según las situaciones. IBM considera que un módulo no debe superar el número de 50 instrucciones en PL/1; en COBOL un número no superior a 500 instrucciones, etc. Como norma general práctica se puede considerar el tamaño máximo de un módulo como una página de listado de impresora.
- c) Evitar variables externas.
- d) Procurar no utilizar demasiados niveles de modularización para evitar complejidad de la red.
- e) Estructura de caja negra para cada módulo (la salida debe ser función exclusiva de la entrada).

Las técnicas de programación modular no aportan nuevos conceptos desde el punto de vista de proceso de la información sino más bien un método o filosofía para la descomposición idónea de un problema en problemas o módulos más sencillos. Una vez terminado el diseño de los programas de cada módulo se debe realizar el montaje del programa completo mediante un diseño ascendente.

V.C.2. MÉTODO JACKSON

Esta metodología creada por el inglés Michael Jackson se basa en que la estructura de un programa está en función de la estructura de los datos que manipula. Jackson emplea módulos según un orden jerárquico dentro de los diferentes niveles donde se encuentra; cada módulo es un dato o conjunto de datos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

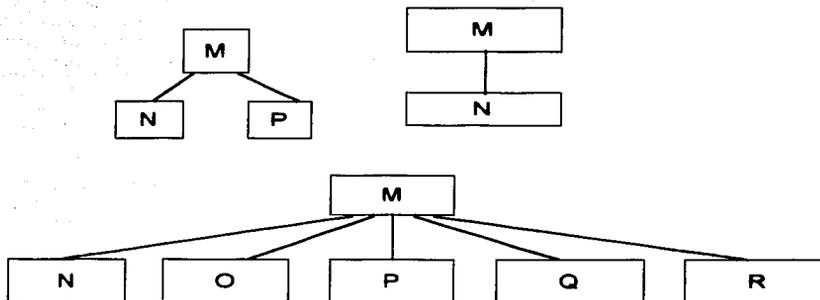


Figura 90: Estructuras básicas del método Jackson

Las estructuras básicas en este método vienen representadas en la Figura 90 y son las siguientes:

- **Secuencial.**- Un número determinado de módulos se ejecutan una sola vez en el orden jerárquico preestablecido.
- **Repetitiva.**- Un módulo se ejecuta desde cero hasta n veces. El proceso repetitivo se indica con un asterisco (*).
- **Alternativa.**- Se selecciona para la ejecución un módulo entre varios posibles. El proceso se indica por medio de una letra O.

Con estas estructuras básicas se puede obtener cualquier otra que intervenga en el diseño del programa. El uso del método de Jackson supone lectura arriba-abajo y de izquierda a derecha.

Los pasos a seguir para resolver un determinado problema con esta metodología son:

1. Establecer o definir los datos de entrada y salida (resultados).
2. Creación de la estructura del programa a partir de las diferentes estructuras de los datos.
3. Utilizar los recursos que posee el método para conseguir los resultados.
4. Escribir el pseudocódigo y codificar.

V.C.3. MÉTODO BERTINI

La metodología Bertini consiste en la descomposición de un problema en niveles, teniendo cada uno de ellos un inicio, un conjunto de procesos y un fin. Esta metodología representa la estructura de los programas y no las operaciones del tratamiento. Las diferentes estructuras se representan en la Figura 14, según Bertini las instrucciones se ejecutan de derecha a izquierda pero el programador puede leerlo al revés si le resulta más cómodo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

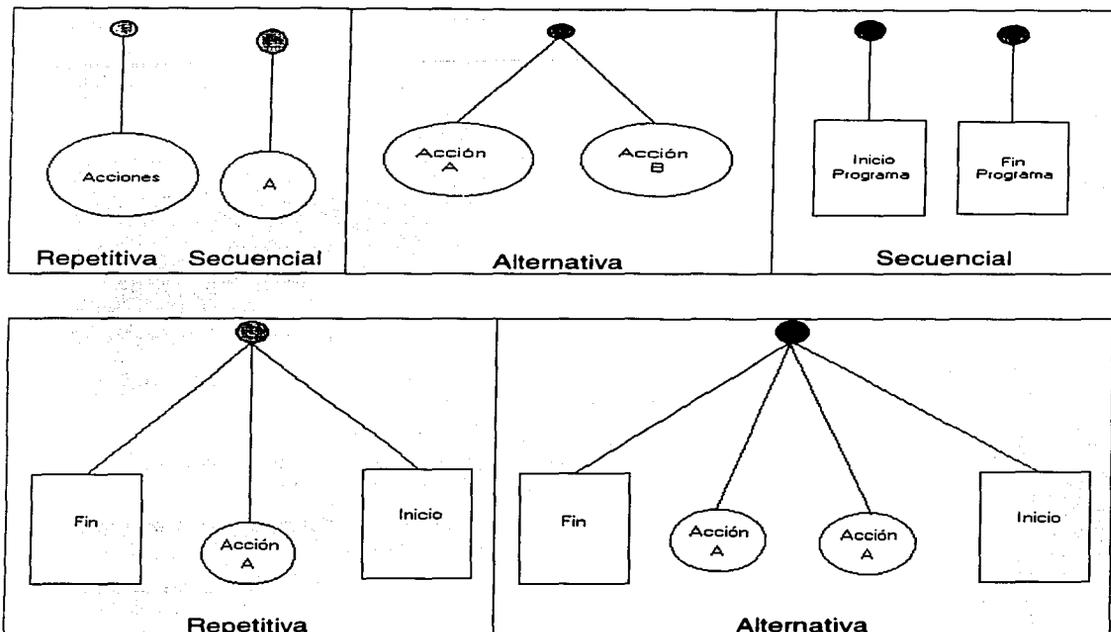


Figura 91: Estructuras básicas del método Bertini

V.C.4. METODO WARNIER

Se basa en una metodología matemática que establece un único lenguaje de comunicación entre usuarios, analistas y programadores, lo que permite la comprensión de forma sencilla por cualquier programador. La representación de cualquier proceso se puede hacer mediante llaves. El método se basa en la descomposición por niveles del problema. En cada nivel se detallan los tratamientos que permiten la resolución del problema planteado.

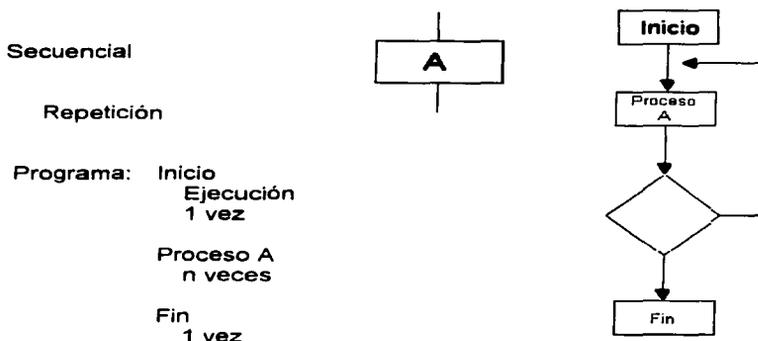


Figura 92: Estructuras básicas del método Warnier

Las estructuras utilizadas son conceptualmente idénticas a las de Jackson si bien su representación varía. Los pasos a seguir en esta metodología son:

1. Estudio de los datos de salida.
2. Estudio de los datos de entrada teniendo en cuenta la organización de los datos en el fichero lógico de salida y analizando las posibles fases de tratamiento.
3. Cuadro sinóptico o de descomposición formado a partir de la estructura de los datos de entrada, salida y del tratamiento.

El diagrama se obtiene de forma automática del cuadro sinóptico y su uso puede no ser imprescindible. La lista de instrucciones, su orden de ejecución, produce en casi su totalidad la escritura del programa con independencia del lenguaje.

Alternativa

Inicio

1 vez

Proceso A
0-1 vez

Proceso B
0-1 vez

Fin

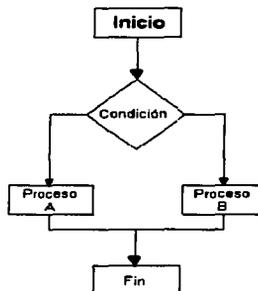


Figura 93: Estructuras básicas del método Warnier

V.D. ACOPLAMIENTO

Una de las metas fundamentales del diseño modular es la flexibilidad que adquiere cada uno de los elementos constitutivos. Esta flexibilidad se expresa en función de la facilidad que presentan al cambio y qué tanto afectan dichos cambios a otras partes del sistema, sin embargo una característica que debiera ser propia de un buen diseño modular es la independencia de los mismos.

En subsistema de actualización de archivo maestro, en el cual encontramos después de la apertura, mezclas y borrados que fueran pertinentes para la aplicación específica, un módulo de reordenamiento de los datos.

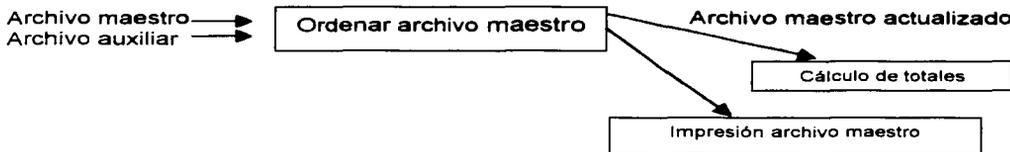


Figura 94: Actualización de un archivo maestro

El dicho archivo maestro mantiene, en forma física, registros dados de baja en forma lógica por los operadores. Es decir, aunque un registro ya no se vea, ni sea tomado en cuenta por el sistema para efectos de cálculo; aún permanece ocupando espacio dentro del archivo maestro. Una vez que se ha realizado la apertura del archivo maestro se eliminan los registros en forma física.

El módulo encargado de reordenar los datos pide como entrada un archivo maestro, un archivo auxiliar de características predefinidas y como salida un archivo maestro actualizado. El archivo auxiliar es creado por el módulo padre del ordenador y debe encontrarse vacío. Así funciona este módulo ordenador, por lo que, desde este punto, no debería haber problemas por los detalles de implantación, sin embargo, el módulo que hemos citado tiene, a este nivel, detalles de implantación que pueden resultar muy caros.

Considerar que se requiere de un archivo auxiliar con las características mencionadas, es restringir el método de ordenamiento de ese archivo, o a ocupar un método que haga uso de él; y más peligroso aún, significa exponer al módulo a que cualquier módulo padre use el archivo auxiliar y lo deje en un estado inconveniente para su uso por el ordenador. Después de todo ¿quién va a crear que un archivo vacío y sin indicios de ser necesitado, pueda afectar a otra parte del sistema? Una modificación tal, que nos permitiera escribir un método más eficiente (en cuanto a velocidad y recursos de memoria utilizados), podría prescindir del archivo, lo cual puede generar o no problemas, dependiendo del tratamiento posterior del archivo. Entonces podría existir un módulo que usara el producto intermedio, generado por el archivo auxiliar.

Dentro del diseño modular se debe cuidar que cada módulo sea una pieza intercambiable. Tal es la filosofía dentro del hardware, en donde basta cambiar un módulo (una tarjeta) para convertir la computadora en otra, aprovechando los recursos existentes con mejores características.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Es posible lograr esto en mayor o menor escala, pero depende de qué tan ligado esté un módulo con el resto del sistema. Si es menor el número de parámetros que componen al módulo, entonces será más sencillo modificarlo o inclusive reemplazarlo.

Un caso típico se presenta en el siguiente ejemplo: en la compañía XYZ se desea modificar el módulo A, así que se le asigna el trabajo a un programador. Muy pronto el programador descubre que para entender el módulo A debe comprender cómo se procesa tal cosa en el módulo B, y que para comprender el módulo B también debe entender el C, creando así una larga y frustrante cadena que lo único que logra es retrasar sensiblemente la entrega a tiempo del trabajo.

De lo dicho anteriormente podemos observar que, según la forma en que se comuniquen los datos, así se determinará la flexibilidad de un sistema. La claridad con que se definan, tanto los parámetros como la función, determinará la reutilización del código para aplicaciones futuras.

Se ha insistido mucho en la necesidad de una correcta definición de los parámetros y las funciones que un módulo debe desempeñar. Los errores más costosos, dentro de cualquier proyecto de programación, son los de diseño. Un buen diseño redundará en menores costos y más facilidades en el resto de las labores de implantación y mantenimiento.

En el ejemplo citado anteriormente, se habló del conocimiento que el programador necesitaba de B ó C para poder modificar A. Sin embargo, el conocimiento no es un término fácilmente cuantificable. Sabemos que A está acoplado a C, pero está más altamente acoplado a B. Esto hará que el programador ocupe más tiempo al tener que conocer también B para modificar A.

Con el término acoplamiento se hace referencia al grado de interdependencia entre módulos, y según se sigue de la discusión anterior, el acoplamiento entre éstos puede ser considerado, dentro de una escala del más fuerte (el menos deseable) al más débil (el más deseable), de la siguiente forma, según es propuesto por Yourdon:

- Acoplamiento por contenido
- Acoplamiento por zonas compartidas
- Acoplamiento de control
- Acoplamiento de zonas de datos
- Acoplamiento de datos

V.D.1. ACOPLAMIENTO POR CONTENIDO

Un módulo modifica los valores locales o las instrucciones de algún otro.

Básicamente este tipo de acoplamiento se presenta en programas hechos en lenguaje ensamblador, en donde es posible escribir datos sobre cualquier área de memoria.

Sin embargo, existe una manera más sutil de acoplamiento por contenido que es utilizada por muchos programadores: el uso de macroinstrucciones. Utilizar variables que contienen instrucciones puede llegar a extremos de verdadero abuso. Imaginemos un

módulo padre A que hace una llamada a cualquier módulo B de lectura o procesamiento, en el cual, a través de variables de ambiente (por contexto), se establece la acción más pertinente a ser ejecutada. Esta acción se almacena en la variable comando, la cual es devuelta al módulo padre para que sea ejecutada.

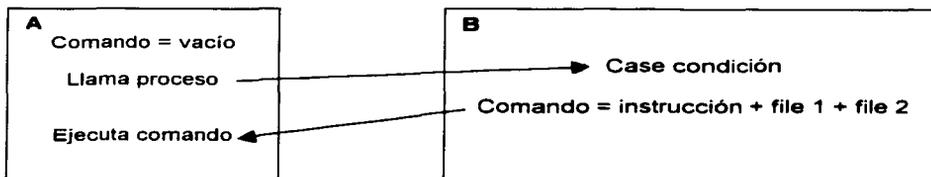


Figura 95: Relación de los programas A y B

Esta es una relación claramente patológica: el módulo A es jerárquicamente superior a B, el módulo A es padre del módulo B, sin embargo el comportamiento de A está supeditado a B; el módulo B le dice a su padre qué es lo que debe hacer.

Esta relación de acoplamiento es muy fuerte, no será posible modificar alguno de los módulos, en forma separada, porque ambos están estrechamente unidos.

V.D.2. ACOPLAMIENTO POR ZONAS COMPARTIDAS

Los módulos están atados, en forma conjunta, por medio de sus zonas globales para las estructuras de datos.

Este es un caso muy típico dentro de la programación con lenguajes de alto nivel, que no hacen uso de manejadores de bases de datos. En lenguajes tales como FORTRAN, Pascal o C, en los cuales las lecturas de los archivos deben especificarse con formatos, las estructuras de los programas están ligadas a las estructuras físicas del archivo. Pongamos por ejemplo un archivo maestro de empleados:

CLAVE	NOMBRE	A. PATERNO	A. MATERNO	DEPARTAMENTO
5 Caracteres	10 Caracteres	15 Caracteres	15 Caracteres	4 Caracteres

Figura 96: Estructura del archivo empleados

Cualquier acceso al archivo maestro tendrá los formatos especificados, de tal forma que una rutina que desee acceder al departamento al cual pertenece el empleado, deberá especificar un espaciado de $5+10+15+15=45$ caracteres antes de leer el dato. Cualquier modificación a esta estructura supondrá también el cambio de todos los formatos de lectura y escritura.

Y esto que se hace evidente para el manejo de los archivos, es ignorado al elaborar sus programas haciendo uso de variables globales. En muchas ocasiones los programadores

suelen definir variables que serán de uso extensivo en todo el sistema; por ejemplo, definir un arreglo con los nombres de los doce meses del año.

Dado que cualquier módulo puede hacer uso de dicho nombre, es fácil declararlo una vez y usarlo siempre... imaginemos un arreglo definido de la siguiente manera:

```
AÑO="1992"
MES [1] ="ENE"
....
MES [12] ="DIC"
```

De tal forma que la expresión siguiente:

```
FECHA=MES[1]+"/ "+AÑO
```

producirá:

```
FECHA=> ENE / 1992
FECHA=> DIC / 1992
```

La longitud normalizada a tres caracteres del nombre de cada mes, no es problema para la correcta concatenación del mes y el año, y siempre produce una fecha de una longitud determinada.

A la manera de los cuentos, se puede decir: un día llegó a la compañía un programador nuevo, amante de las ventanas de opción y diálogo, al cual le encargaron escribir un programa que realizara la captura de ciertos parámetros del sistema; como el mes de trabajo. El programador, ante las insistentes quejas de los usuarios, respecto a los mensajes crípticos y taquigráficos usuales del sistema, decide colocar en el menú de lectura de los meses, el nombre completo de cada uno, y para ello, lo único que hace es redefinir el arreglo de los meses, de esta manera su menú de opciones sufre la transformación mostrada a continuación:

ENE	ENERO
FEB	FEBRERO
MAR	MARZO
ABR	ABRIL
MAY	MAYO
JUN	JUNIO
JUL	JULIO
AGO	AGOSTO
SEP	SEPTIEMBRE
OCT	OCTUBRE
NOV	NOVIEMBRE
DIC	DICIEMBRE

Los usuarios quedan muy complacidos con el cambio. Sin embargo, los efectos secundarios no se harán esperar. Muchos de los reportes llevan la fecha de emisión justificada a la derecha. El cambio introducido termina por producir un error en todos esos reportes:

```

PAG 1          PAG 1
DIC / 1992    ==> DICIEMBRE

PAG 1          PAG 1
MAY / 1992    ==> MAYO / 19

```

El uso de este tipo de variables puede causar muy serios problemas, su empleo debe estar claro y plenamente justificado. Programas con variables de tipo global limitan gravemente su independencia, ya que requieren datos definidos extralimites de la función.

V.D.3. ACOPLAMIENTO DE CONTROL

Un módulo controla la secuencia de otro a través de banderas de control. Observemos el siguiente segmento de pseudocódigo correspondiente a un programa de juego:

P. PRINCIPAL DEL JUEGO

```

HAZ MIENTRAS ( continuar)
  SI ( juega_ ordenador ) ENTONCES
    TIRA_COMPUTADORA(juega ordenador)
  SINO
    ACEPTA_JUGADA (juega ordenador)
  FINDELSI
FIN DEL HAZ

```

En donde:

```

TIRA ORDENADOR
CALCULA JUGADA ORDENADOR
DESPLIEGA JUGADA
NIEGA QUE juega ordenador

```

```

ACEPTA JUGADA
HAZ MIENTRAS (no sea jugada valida)
  PIDE jugada usuario
FIN DEL HAZ
DESPLIEGA JUGADA
AFIRMA QUE juega ordenador

```

Dentro del ciclo de repetición se encuentran dos llamadas a funciones excluyentes, una de las cuales calcula una jugada por parte de la computadora y la otra acepta una jugada válida del humano. Para que se pueda conmutar entre un módulo u otro, se hace uso de la bandera juega máquina, de tal forma que si está afirmada, se ejecuta la rutina TIRA COMPUTADORA, pero si está negada, se ejecutará ACEPTA _ JUGADA.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Aquí vemos con bastante claridad que el ciclo no operaría correctamente si la bandera no se actualizara en los módulos hijos; de hecho, su operación es totalmente dependiente de lo que suceda con la bandera.

En un programa hijo, con 4,238 líneas, se podría perder de vista que la línea 3,043 que actualiza la bandera es indispensable, y por lo tanto intentar borrarla como parte de un segmento que ya no es útil.

V.D.4. ACOPLAMIENTO POR ZONAS DE DATOS

Es similar al de zonas compartidas, pero los datos son compartidos en forma selectiva por las rutinas. Esta no es una forma común de acoplamiento, se presentaba en los programas FORTRAN en la estructura COMMON. A través de este declarador es posible crear áreas de datos comunes entre subrutinas. Cada área de datos puede tener un nombre y ser utilizada y referenciada por dicho nombre:

```
COMMON /DATOS /MESES (12), COMPANIAS (3), RFC (3)
COMMON /PANTALLAS /MENU(4) ,COLORES (12)
COMMON /REPORTES /CODIGOSIMP (7), TIPOSLETRA (4)
SUBROUTINE CHEQUES
```

```
COMMON /DATOS /MESES (12), CIAS (3) ,REGISFC(3)
```

```
COMMON /REPORTES /CODIMPRESORA(7) ,FUENTES (4)
```

En este ejemplo, la subrutina CHEQUES no recibe ningún parámetro formal, pero los datos son pasados a través de áreas de datos comunes con el resto del sistema:

```
/DATOS/ y /REPORTES/.
```

COMMON únicamente pasa un apuntador al primer elemento de la lista, de tal forma que es posible redefinir nombres o hacer manipulaciones poco recomendables como:

```
COMMON /DATOS /ENE, FEB, MAR, ABR, MAY, JUN, JUL, AGO,
```

```
      *      SEP, OCT, NOV, DIC, CIA(3), RFC1, RFC2, RFC3
```

V.D.5. ACOPLAMIENTO DE DATOS

Incluye el uso de listas de parámetros para pasarlos elementos entre rutinas.

Esta es la forma más recomendable. Al pasar los datos por medio de listas definidas explícitamente, cualquier programador sabrá de dónde vienen los datos que son procesados en un módulo cualquiera, es más, de la definición y la notación empleada hasta este momento, esta es la manera más formal para definir un módulo, mismo resultado que se obtiene con la flotación de módulos bajo expresiones puramente matemáticas.

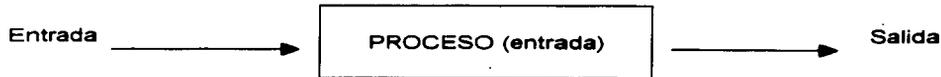


Figura 97: Descripción gráfica de los procesos

Esta manera también permite establecer qué parámetros son realmente necesarios y cuáles pueden ser generados en otros módulos. Por ejemplo, en el ejercicio presentado anteriormente sobre la bandera de control, es relativamente sencillo suponer que dicha bandera es innecesaria, la línea que la actualiza debe ir fuera del módulo y no dentro del mismo. Se llegará a esta conclusión cuando se establezca la función del módulo y los parámetros que son requeridos.

Acoplamiento de datos		Acoplamiento de control		Acoplamiento por contenido
+ deseada				- deseada
baja	*	*	*	alta
Sin acople directo		Acoplamiento por zonas de datos		Acoplamiento de zonas compartidas

Figura 98: Tipos de acoplamiento

Una variación de acoplamiento está vinculada con la portabilidad del código fuente. El encadenamiento del sistema a un tipo específico de equipo o compilador, puede crear una dependencia con gran cantidad de estragos cuando sea necesario cambiar el equipo o se adquiera una versión distinta del compilador.

No se está satanizando los distintos tipos de acoplamiento ni restringiendo la libertad de diseño, en ocasiones es por demás indispensable valerse de algún tipo de acoplamiento que no es precisamente el más recomendable, sin embargo, es importante señalar que en el momento de diseñar se deben evaluar las implicaciones que dicho tipo de acoplamiento traerá posteriormente.

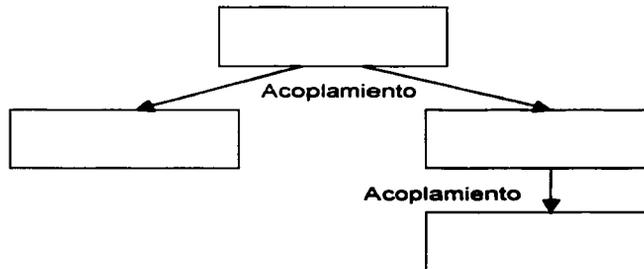


Figura 99: El acoplamiento es la fuerza de relación dentro de los módulos

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

V.E. COHESIÓN

En tanto que el acoplamiento se refiere a la fuerza de relación entre módulos de un sistema, la cohesión interna de un módulo se mide en términos de la fuerza de unión de los elementos internos del módulo.

Los conceptos de acoplamiento y cohesión están íntimamente relacionados: a mayor cohesión de cada módulo en el sistema, menor será el acoplamiento que existirá entre ellos. Durante el desarrollo de un módulo es necesario pensar siempre en el Principio del diseño modular (entre más relacionados estén los componentes del sistema, menor relación tendrán con otros módulos).

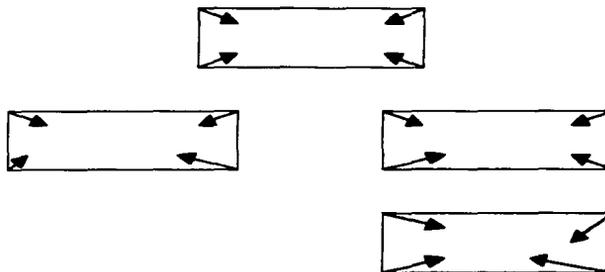


Figura 100: La cohesión es la relación dentro de los módulos

La cohesión es tomada por muchos diseñadores en una forma muy asociativa y que puede hacer perder de vista el principio del diseño modular. Tal es el caso del diseñador que se dice: "Bueno, el módulo A está relacionado con B, a su vez este tiene que ver con el módulo C, así que los junto a todos y así me ahorro pasar parámetros. ¡Genial!", sin embargo, el resultado final nos lleva a una cohesión del módulo resultante (en su totalidad) muy baja, debido a que A no tiene nada que ver con el módulo C.

Existen siete niveles de cohesión, que listados dentro de una escala de la más débil (la menos deseada) a la más fuerte (la más deseada) son:

- Cohesión coincidental
- Cohesión lógica
- Cohesión temporal
- Cohesión de comunicación
- Cohesión secuencial
- Cohesión funcional
- Cohesión informacional

V.E.1. COHESIÓN COINCIDENTAL

Los elementos que forman el módulo no tienen relación aparente entre cada uno de ellos.

Han aparecido ya dos ejemplos de este tipo de cohesión en párrafos anteriores. El primero fue la anécdota en la cual se "modularizaba" simplemente dividiendo un código monolítico en segmentos de igual tamaño. Es por demás evidente que los elementos de procesamiento quedarán unidos de forma arbitraria y que no tendrán relación unos con otros y el segundo ejemplo más típico y sutil, fue la rutina que devuelve la bandera juega máquina.

Un módulo coherente debe realizar una sola función y, el que la línea que pasa el control al otro jugador sea eliminada del módulo, no afecta la función que ejecuta ese módulo (generar una jugada válida). Un programador que al revisar un módulo encuentre asignaciones que no son utilizadas en ninguna parte de ese módulo siempre se sentirá tentado a borrar dichas líneas, que bien pueden ser consideradas basura.

Sin embargo, existe un caso aún más típico y problemático. Un programador ha visto que un segmento de código cualquiera se utiliza en varias partes de su programa.

Supongamos por ejemplo que el bloque anterior, aparece en diversas partes, así que nuestro programador decide crear un módulo llamado MOSI que le evite escribir estas líneas y, de paso, ahorrar un poco de código.

```
SI ( bandera4 es cierta) ENTONCES
  SALTA AL SIGUIENTE REGISTRO
  INCREMENTA 1 LINEA DE IMPRESION
  REINICIA suma parcial
FIN DEL SI
```

Sin embargo, en un caso particular no es necesario reiniciar la suma, o bien, es necesario incrementar dos líneas de impresión. Si un programador se encuentra depurando precisamente ese caso, le resultará muy sencillo modificar MOSI para ejecutar lo que él desea, aunque se producirá un error en todas las otras rutinas que usaban a MOSI.

V.E.2. COHESIÓN LÓGICA

Implica algunas relaciones entre los elementos de un módulo. Los módulos lógicamente unidos normalmente requieren de una descomposición mayor.

Un módulo lógicamente unido normalmente incluye funciones que al relacionarse crean estructuras muy complejas. En el módulo LEETODO podría crearse un bloque monolítico para determinar el tipo de dispositivo de entrada, así como el manejo de los diversos errores.

Las banderas de error, las decisiones y los parámetros pueden crear relaciones bastante complejas. Cada uno de los segmentos que manejen un dispositivo podría abstraerse como un módulo. Si se ve bajo esta perspectiva cada módulo realiza una función y estará fuertemente acoplado con los demás módulos.

Suelen reunirse en un solo módulo funciones que tienen alguna relación lógica. En el módulo de altas se tendrán, juntos, segmentos que dan de alta un archivo maestro o los archivos detalle. Aunque realizan la misma función lógica dar de alta, es indispensable recordar que un módulo debe hacer una sola cosa sobre un objeto específico.

Dentro de la escala de cohesión, este tipo de unión se muestra más arriba debido a que los elementos están unidos por un criterio común, cosa que no sucede dentro de la cohesión coincidental.

V.E.3. COHESIÓN TEMPORAL

Todos los elementos son ejecutados en un momento dado, sin requerir de ningún parámetro o lógica alguna para determinar qué elemento debe ejecutarse. Prácticamente en cualquier sistema es común encontrar por lo menos un módulo de inicialización: apertura de archivos, inicialización de variables, declaración de parámetros generales de trabajo, etcétera.

Dentro de la escala de cohesión, un módulo con este tipo de unión entre sus elementos se encuentra más arriba con respecto a la cohesión lógica, porque en un módulo de cohesión temporal los elementos se encuentran unidos a través de una relación de tiempo. Es necesario que la inicialización ocurra en un periodo específico, de tal modo que no es fácil suponer que alguno de los elementos se ejecute en algún otro segmento de programa. Esta asociación en el tiempo da una mayor cohesión con respecto a los otros tipos vistos anteriormente, sin embargo, en la escala completa aún posee una cohesión baja.

Este tipo de unión, por otra parte, puede llegar a representar importantes problemas. Es común hacer una serie de suposiciones que no necesariamente tiene por qué cumplirse.

Veamos el siguiente segmento de código:

```
RESERVA AREA 1 PARA EL archivo A
RESERVA AREA 1 PARA EL archivo B
ASIGNA CERO A valor inicial
ASIGNA valor inicial A contador, total, subtotal, numero
DECLARA códigos COMO ARREGLO DE 50 ELEMENTOS

HAZ DESDE INDICE = 1 HASTA 50
    ASIGNA BLANCOS A código (índice)
FIN DEL HAZ
```

En él se declara que se usará la misma área de memoria para los archivos A y B, aunque nadie asegura que en algún tiempo a futuro se requiera usar ambos archivos simultáneamente. Aquí, como en varios lenguajes, el pseudocódigo asigna simultáneamente un cero (valor asignado a la variable valor inicial) a cuatro variables. Si por alguna razón se deseara cambiar a 1 valor inicial, simplemente modificando la línea tres, repercutirá en el ciclo que no inicializaría correctamente al arreglo código.

Este es un ejemplo demasiado pequeño para que pudiese ocurrir dicha eventualidad, pero en un módulo de 120 líneas, entre la asignación de valor inicial y la asignación de las

cuatro variables, podrían existir 20 ó 30 sentencias previas, y otras tantas entre ésta y el ciclo, de tal forma que es fácil perder de vista aspectos como el que se ha mencionado.

V.E.4. COHESIÓN DE COMUNICACIÓN

Los elementos se refieren al mismo conjunto de datos de entrada o salida. Segmentos de código que no necesariamente sean interdependientes pueden en un momento dado compartir los mismos datos, por ejemplo, un módulo que imprima en papel y envíe a una cinta la información contenida en algún archivo maestro. Aquí, aunque el proceso de impresión no depende del proceso GRABAR CINTA, ambos utilizan los mismos datos.

Esta asociación de módulos por medio del factor común (datos) hace más fuerte la cohesión. Se depende de uno de los pilares del sistema (los datos), aunque los segmentos que conforman el módulo no tengan mucho que ver el uno con el otro.

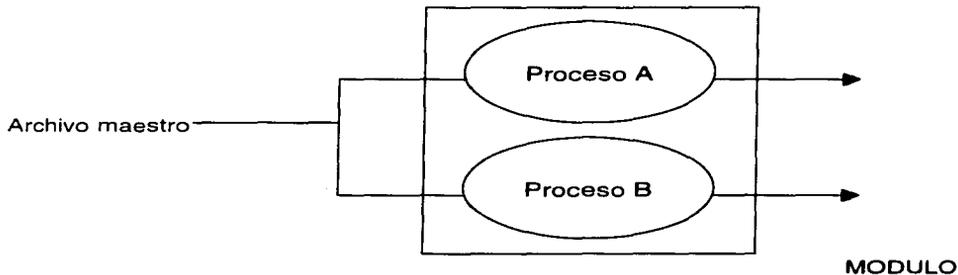
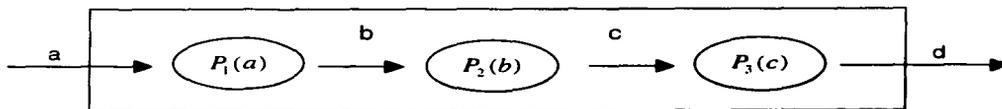


Figura 101: Cohesión de comunicación

V.E.5. COHESIÓN SECUENCIAL

Ocurre cuando la salida de un elemento es la entrada para el siguiente. Al igual que en la cohesión por comunicación, la cohesión secuencial hace referencia al mismo conjunto de datos, sólo que después de haber sido procesados por un segmento precedente. En términos de los datos, éstos van siendo procesados en cadena por los segmentos que conforman al módulo.



$$d = F(a) = P_3(P_2(P_1(a)))$$

Figura 102: Cohesión secuencial

Aunque en la Figura 102 se aprecia en su forma más abstracta la secuencia de los procesos que conforman al módulo, la bifurcación en más de una rama de flujo de datos es, en la mayor parte de las ocasiones, necesaria.

Módulos con este tipo de unión son producto de un enfoque claramente orientado al flujo de datos. Sin embargo, es común con un enfoque orientado al flujo de control, en donde éste se refiere a las líneas que indican a dónde debe pasar el control después de ejecutar determinado elemento de procesamiento.

Analizando la función $F(a)$ definida en la Figura 102, observamos que el proceso P_1 recibe el dato a y lo entrega como el dato b al proceso P_2 (b). P_2 (b), que a su vez genera el dato c , que es un insumo del proceso P_3 (c) para dar como resultado d .

Un diseñador típico tendrá originalmente tres procesos $P_1()$, $P_2()$ y $P_3()$. Estos tres pueden ser una sola función $F(a)$, tal y como se ha mostrado. El diseñador, sin embargo, podría crear dos funciones $F_1(a)$ y $F_2(c)$, de tal modo que se redefiniría al sistema como:

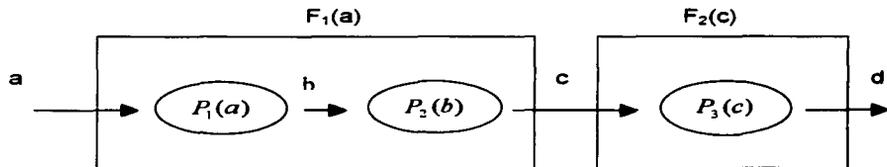


Figura 103: Sistema redefinido

Al definir dos módulos en lugar de uno solo, los conceptos de acoplamiento vuelven a tener vigor. Un mal diseño para este caso en particular podría excluir de la función $F_1(a)$ del proceso $P_2(b)$ y reunirlo con el proceso $P_3(b)$ para formar $F_2(a)$. La decisión sobre qué debe ir reunido en el mismo módulo vuelve a quedar definida por el principio del diseño modular y los aspectos funcionales del sistema.

V.E.6. COHESIÓN FUNCIONAL

Todos los elementos se encuentran relacionados para el desempeño de una función.

Desafortunadamente la definición parece bastante ambigua y la siguiente, bastante subjetiva:

En un módulo completamente funcional, cada elemento de procesamiento es una parte integral y esencial para la ejecución de un módulo.

Para establecer una definición más operacional podríamos establecer que:

Una función con cohesión funcional es aquella que no posee cohesión secuencial, comunicacional, temporal, lógica o coincidental. Es un módulo que no posee elementos ajenos a la función que desempeña, la cual debe ser única y sencilla.

Ejemplos de ello vienen del enunciado con el cual se define a la función Lee dato del tipo XYZ de la ventana de dialogo, la cual especifica claramente lo que el módulo debe realizar. En cambio, un enunciado como Obtén todos los registros de entrada, es demasiado ambiguo porque no especifica claramente qué o de dónde provienen los registros de entrada.

Constantine sugiere lo siguiente para establecer el nivel de cohesión de un módulo:

Encontramos que una manera efectiva de hacer esto es describir, total y precisamente, la función de un módulo en una sentencia sencilla en español [...] si el módulo es en naturaleza funcional, será posible describir su operación totalmente con una sentencia imperativa de estructura simple: usualmente con un simple verbo transitivo y un objeto específico singular. Además, las siguientes pautas pueden ser usadas para guardar o distinguir los módulos no funcionales:

1. Si la proposición tiene que ser compuesta y que contenga una coma o más de un verbo, el módulo probablemente estará desempeñando más de una función, por lo que tal vez tenga una unión del tipo secuencial o de comunicación.
2. Si el enunciado contiene palabras relacionadas con el tiempo, tales como primero, después, entonces, cuando y principio, el módulo probablemente tendrá una unión secuencial o temporal.
3. Si el predicado de la oración no contiene un objeto específico y sencillo que le siga al verbo, el módulo probablemente se encuentra unido lógicamente; por ejemplo edita todos los datos está unido lógicamente, mientras que edita los datos fuente puede tener una unión funcional.
4. La existencia de palabras como inicializa y limpia denotan una unión temporal.

Acoplamiento de datos		Acoplamiento de control		Acoplamiento por contenido
+ deseada				- deseada
baja	*	*	*	alta
Sin acople directo		Acoplamiento por zonas de datos		Acoplamiento de zonas compartidas

Figura 104: Acoplamiento de datos

V.F. PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS

El objetivo de la Programación Orientada a Objetos (POO), es producir softwares de mayor calidad. La diferencia fundamental de esta metodología con respecto a otras existentes y basadas en procedimientos que es la Metodología Orientada a Objetos (MOO) interconexión a los datos y operaciones de procesos sobre estos datos. Es decir, la MOO rompe la división que existía entre datos y procedimientos.

Para un diseñador de sistemas en orientación a objetos, ya no es necesario convertir el dominio de un problema en:

- Estructuras de datos preestablecidas y en
- Controles predefinidos por el lenguaje de programación.

En vez de ello, el diseñador puede definir sus propios tipos abstractos de datos y abstracciones funcionales, y por lo tanto transformar el dominio del mundo real en abstracciones creadas por el programador. Esta transformación del mundo real mediante abstracciones, puede ser más natural teniendo en cuenta que el diseñador puede crear (inventar) un número virtualmente ilimitado de abstracciones.

Cuanto mayor sea el número de abstracciones mejor se pueden llegar a reflejar la realidad.

Los orígenes de la POO están divididos en cuatro etapas:

1ª Etapa: lenguajes Ensambladores:

La unidad de programación es la instrucción, compuesta de un operador y los operandos. El nivel de abstracción que se aplica es muy bajo.

2ª Etapa: Lenguaje de programación: FORTRAN, COBOL:

Los objetos de operaciones del mundo real se podían modelar mediante datos y estructuras de control separadamente. En esta etapa el diseño del Software se enfoca sobre la representación del detalle procedimental (procedure en ALGOL) y en función del lenguaje elegido. Conceptos como: refinamiento progresivo modularidad procedimental y programación estructurada son conceptos básicos que se utilizan en esta etapa. Existe mayor abstracción de datos.

3ª Etapa: Se introducen en esta etapa los conceptos de abstracción y ocultación de la información.

4ª Etapa: A partir de los años de 1970 se trabaja sobre una nueva clase de lenguaje de simulación y sobre la construcción de prototipos tales como SIMULA-70 y basado en parte de éste, el SMALLTALK. En estos lenguajes, la abstracción de datos tiene una gran importancia y los problemas del mundo real se representan mediante objetos a los cuales se les añade el correspondiente conjunto de operaciones asociados a ellos.

La POO representa una metodología que se basa en las siguientes características:

- 1) Los diseñadores definen nuevas clases (o tipos) de objetos.
- 2) Los objetos poseen una serie de operaciones asociados a ellos.
- 3) Las operaciones tienden a ser genéricas, es decir, operar sobre múltiples tipos de datos.
- 4) Las clases o tipos de objetos comparten componentes comunes mediante mecanismos de herencia.

Términos como Abstracción de datos, Objetos, Encapsulación entre otros, son conceptos básicos sobre la que se fundamenta la POO. Estos conceptos con frecuencia inducen a cierta confusión y sin embargo cada uno de ellos describe aspectos complementarios, como a continuación se indica:



Objeto: Una estructura de datos y conjunto de procedimientos que operan sobre dicha estructura. Una definición más completa de objetos es: una entidad de programa que consiste en datos y todos aquellos procedimientos que pueden manipular aquellos datos.

El acceso a los datos de un objeto es solamente a través de este procedimiento; únicamente estos procedimientos pueden manipular, referenciar y/o modificar estos datos.

Para poder describir todos los objetos de un programa, conviene agrupar éstos en Clases. Podemos considerar una clase como una colección de objetos que poseen características y operaciones comunes. Una clase contiene toda la información necesaria para crear nuevos objetos.

Los objetos que tienen un mismo comportamiento (que tiene propiedades similares) se representan por un prototipo que define sus características.

- Un prototipo es un modelo (molde) a partir del cual se pueden construir tantos elementos como se quiera. Un prototipo es una forma de construir un conjunto por definición. Los elementos del conjunto descrito son los ejemplares del prototipo.
- En la terminología de los lenguajes objetos no se habla de prototipos sino de Clases.
- Los ejemplares construidos a partir de la clase se llaman instancias (objetos) de la clase.
- Dos instancias diferentes de una misma clase comparte el mismo conjunto de procedimientos y la misma lista de datos, pero con valores diferentes.
- Las clases no son utilizadas directamente. Ellas no sirven más que para crear las instancias.
- Es necesario por lo tanto, construir una primera instancia, si se requiere activar los puntos de entrada de una clase.

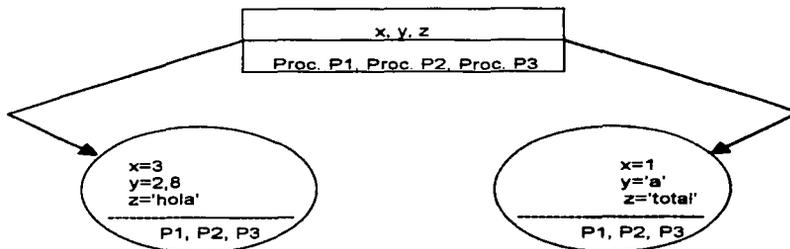


Figura 105: Una clase y dos Instancias

- La distinción entre "clase" e "instancia" es prácticamente lo mismo que entre TYPE (tipo) y VAR (variable) en un lenguaje como PASCAL.
- Las instancias u objetos del sistema serán las diferentes instancias de las diferentes clases que lo constituyen.

En este punto, convendría enfatizar en la diferencia que existe entre clase y objetos.

- Una clase es un tipo. Un objeto es una instancia de ese tipo. Además, la clase es un concepto estático: una clase es un elemento reconocible en el texto del programa.
- Un objeto es un concepto puramente dinámico, el cual pertenece, no al texto del programa, sino a la memoria del computador, donde los objetos ocupan un espacio en tiempo de ejecución una vez que haya sido creado.

Clase. - Una clase es un descriptor de propiedades que pueden engendrar ejemplares utilizables y que denominados instancias u objetos. Para poder describir todos los objetos de un programa conviene agrupar estos en clases. La clase se puede considerar por tanto como una colección de objetos que poseen características y operaciones comunes. Una clase contiene toda la información necesaria para crear nuevos objetos.

Objeto (instancia): Los objetos o instancias son entidades concretas que se fabrican o crean a partir de una clase.

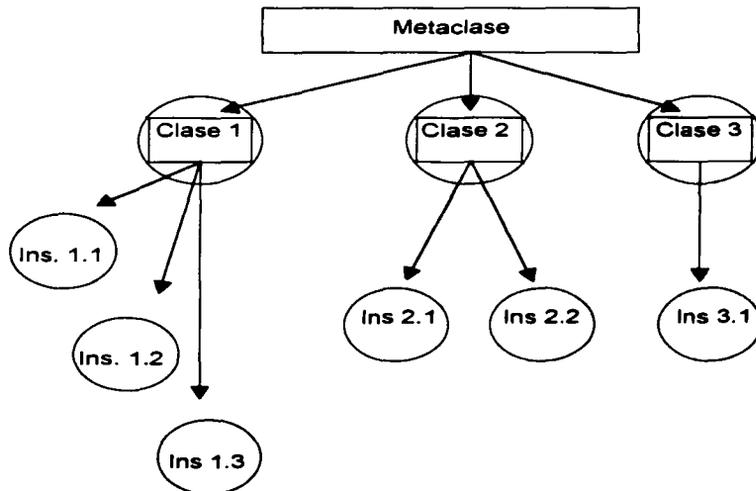


Figura 106: Metaclase: los objetos son instancias de las clases, las clases son instancias de la metaclase

Metacalse: Todas las clases de un sistema tienen al menos una propiedad en común, que es la de ser una clase. Imaginemos que se quiere describir el conjunto de todas las clases existentes. Este conjunto podrá ser definido por una nueva clase que describirá las y propiedades comunes a todas ellas. Esta nueva clase tendrá por instancias las otras clases del sistema.

- Una clase donde sus instancias son clases se llama una Metacalse.
- En un sistema, una metacalse distinguirá los objetos no terminales, que son las instancias de la metacalse (estas instancias son clases) y los objetos terminales, que son las instancias de los objetos no terminales.

Metacircularidad: Si se quiere tener un sistema enteramente coherente, basado sobre los conceptos de la Programación Objeto, se debe exigir que todas las entidades manipuladas sean objetos. Todas las entidades deben ser instancias de una clase.

- El concepto de metacalse permite ver las clases como objetos.
- Pero como las metacalse deben ser instancias de clase, este proceso no puede ser infinito. Debe existir un bloqueo en el grafico de instanciación.
- Se llamará Metacircularidad a la facultad de un sistema para definirse a sí mismo.

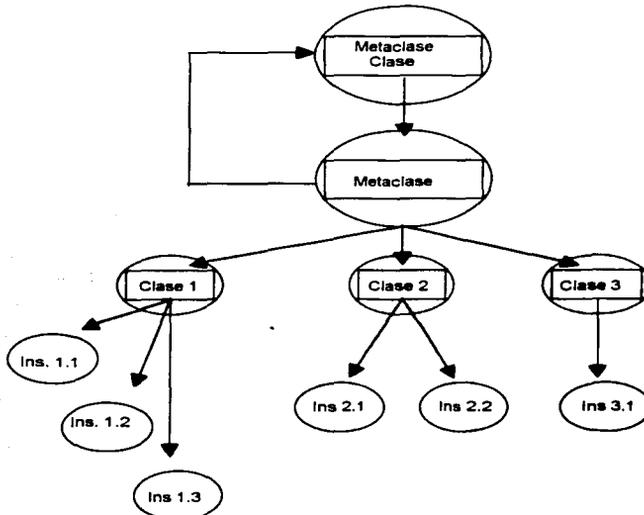


Figura 107: Metacircularidad: 'Metacalse' es una instancia de 'Metacalse Clase', y 'Metacalse Clase' es instancia de 'Metacalse' evitando así que el sistema sea infinito

Instanciación: La instanciación es la acción que permite construir un objeto a partir de las descripciones contenidas en la clase de la cual desciende. La instanciación debe ser un mecanismo dinámico donde los objetos pueden ser creados (cuando se solicite) en tiempo de ejecución.

Copia Diferencial: Una clase es un descriptor estático de objetos. Es obligatorio crear una instancia de una clase antes de poder utilizar esta instancia. El concepto de Copia Diferencial consiste en que todo objeto sea capaz de duplicarse antes de una demanda. Las dos copias tienen el mismo conjunto de procedimientos y la misma lista de variables pero con valores diferentes.

Herencia: La Herencia es la propiedad más innovadora y una de las más interesantes de un verdadero lenguaje objeto. El mecanismo de herencia permite, cuando se desea, fabricar o crear una clase a partir de otra u otras ya existentes y que tengan propiedades comunes con la clase a crear. La creación de nuevas clases se puede realizar de tres diferentes a partir de clases ya existentes por:

- **Imitación:** Se refiere a crear productos que posean características similares a las que ya existen.
- **Refinamiento o particularización:** Se refiere a crear productos particularizados de otros.
- **Combinación:** Se crea un nuevo producto mediante combinación de características que producen de otros productos.

En el ámbito de la POO la imitación, el refinamiento y la combinación de productos se traduce en extensión, especialización de elementos de una clase para dar lugar a nuevas clases. Las características de estas nuevas clases serán, por lo tanto, una extensión. Una especialización o una combinación de las características de la (s) clase (s) de las que se hereda (n) estas características.

Se dice que estas tres clases están inscritas en un grafo de herencia. Las propiedades que tiene este grafo es el de un árbol de herencia.

Herencia Simple: Cuando en un grafo de herencia cada clase no puede tener más que uno y un solo padre se dirá que es una Herencia Simple.

Al recibir un mensaje una instancia de clase (objeto) se puede considerar varios casos:

1. El mensaje corresponde a un procedimiento definido localmente en la clase del receptor. Este caso se realiza la ejecución de este procedimiento.
2. El mensaje no corresponde a un punto de entrada de la clase del receptor. Si esta clase posee un padre, se envía el mismo mensaje al padre, y así recursivamente hasta encontrar la primera clase en el grafo de herencia que tenga un punto de entrada correspondiente al selector.
3. El selector de mensaje no corresponde a ningún punto de entrada de la clase del receptor, ni tampoco a la del padre ni ascendentes. En este caso, el envío del mensaje provoca un error.

El mecanismo de herencia no nos impide cuando se agrega una clase en un grafo de herencia, dar a las variables y a los procedimientos de esta nueva clase, nombres ya utilizados en sus niveles.

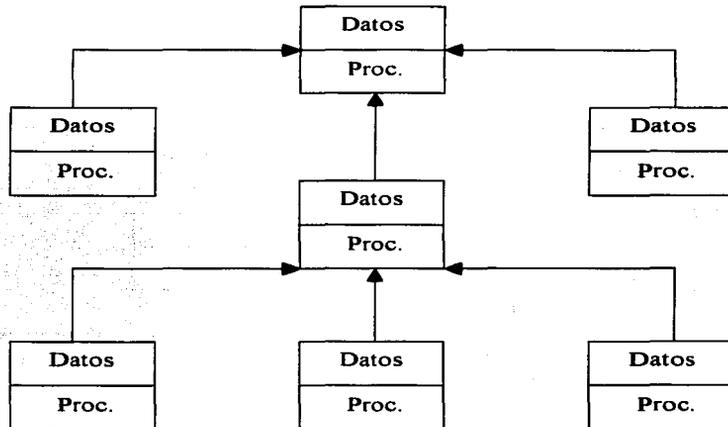


Figura 108: Herencia Simple

Herencia Múltiple. - Una herencia se dice Herencia Múltiple si una clase tiene el derecho de poseer varios padres. Esta propiedad de herencia múltiple nos va a permitir modelizar los objetos del mundo real cuando se tiene varias visiones de este objeto. Según el contexto en el cual se encuentre el objeto, un automóvil será:

- Un vehículo
- Un producto de tecnología
- Una maquina de recreo

Podemos, por tanto, crear una clase automóvil que tenga tres padres:

- 1) Clase Vehículo
- 2) Clase Producto de Tecnología
- 3) Clase Máquina de Recreo

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Según la Figura 109

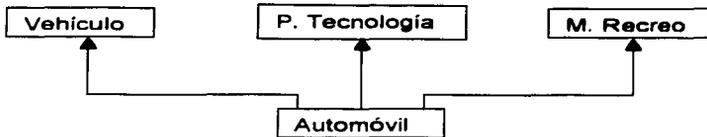


Figura 109: Herencia Múltiple

La herencia múltiple da lugar a un grave problema, si varias clases padres tienen procedimientos con un mismo nombre, como en la Figura 110

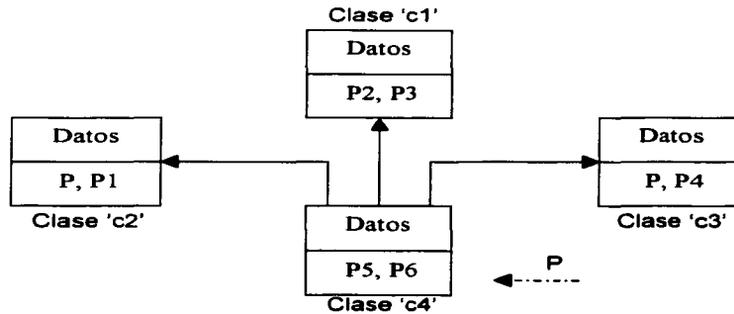


Figura 110: Herencia Múltiple

Herencia Repetida.-: Esta situación de Herencia Repetida se produce cuando las características de dos clases que son herederas comunes de una tercera clase son utilizadas para definir una nueva clase, tal como se indica en la siguiente Figura.

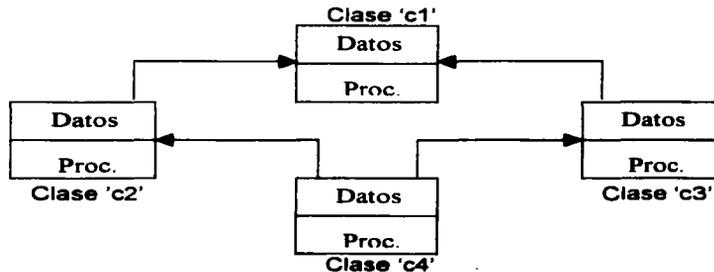


Figura 111: Las clases 'c2' y 'c3' heredan de 'c1', y la clase 'c4' hereda de 'c2' y 'c3'

Herencia Selectiva.- Si se desea se puede crear una clase que no herede más que una parte de las propiedades de una clase existente. Se hablará entonces de Herencia Selectiva. La Herencia Selectiva es una protección contra el riesgo de una mala definición, si no se conoce con suficiente detalle la clase de la que se hereda, se puede crear una nueva clase restringiendo la herencia a las variables y métodos conocidos.

Herencia Dinámica.- La Herencia Dinámica es la cualidad de un sistema en el que las ligaduras de herencia entre dos clases pueden ser modificadas por la ejecución de un procedimiento. Esto significa que una instancia puede decidir modificar el padre de la clase de donde ellas son descendiente. Esto tiene como consecuencia modificar todas las instancias existentes de esta clase. La herencia dinámica no es generalmente utilizada en los lenguajes que manejen instanciación, puesto que la clase es un descriptor estático. Sin embargo, se presenta corrientemente esta propiedad en los lenguajes donde los objetos son creados por copia diferencial.

V.G. CICLO DE VIDA DEL SOFTWARE

La Figura 112 ilustra el ciclo de vida del desarrollo de sistemas típicos, aunque moderno.

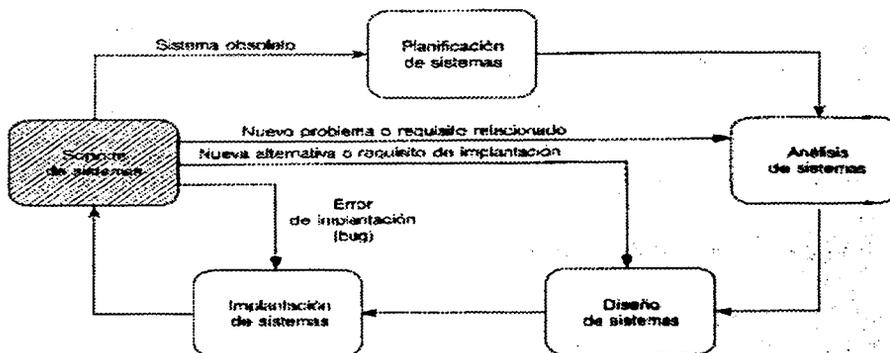


FIGURA 112: Ciclo de vida del software

Donde puede verse que el ciclo consta de cinco funciones de alto nivel, cada una de las cuales se expone a continuación:

1. **Planificación de sistemas.** El ámbito de la planificación de sistemas puede ser toda la empresa, una división de la misma o cualquier otro tipo de sus unidades organizativas. Su propósito es identificar y establecer las prioridades sobre aquellas aplicaciones de los sistemas de información cuyo desarrollo reporte máximos beneficios para la empresa considerada en su conjunto. Esta fase indica la relativa madurez del funcionamiento de los sistemas de información.

Sus entradas son las misiones de empresa y cualquier tipo de detalle o limitación de los sistemas existentes. Sus salidas clave o productos son los canales de sistemas de empresa y de información y los proyectos planificados de desarrollo de aplicaciones. En consecuencia, los proyectos planificados «giran» hacia las fases restantes.

2. **Análisis de sistemas.** El dominio cubierto por el análisis de sistemas es una única aplicación de sistemas de información. Su propósito es analizar el problema o la situación de empresa de que se trate y, entonces, definir las necesidades de la empresa con respecto a la creación o el perfeccionamiento de un sistema de información. Las necesidades de empresa no implican obligatoriamente una solución de tipo informático. El suceso que activa el análisis es bien el proyecto planificado de desarrollo de aplicaciones (procedente de la fase de planificación de sistemas) o un proyecto no planificado de desarrollo de aplicaciones (que responde a un problema, una oportunidad o una norma no previstos). Otras posibles entradas son los detalles y limitaciones de los sistemas existentes y hechos y necesidades relacionados con la empresa. El producto clave obtenido es una relación de las necesidades de empresa que explica lo que precisan los usuarios, aunque no cómo se proyecta diseñar o implantar dichas necesidades.
3. **Diseño de sistemas.** El dominio que cubre el diseño de sistemas sigue siendo la aplicación de sistemas de información única de que hablábamos en el análisis de sistemas. Su propósito es diseñar una solución técnica, de tipo informático, que satisfaga las necesidades de empresa según han sido especificadas durante el análisis de sistemas.

El suceso que lo activa es la relación de necesidades de empresa. Otras entradas son las opiniones y recomendaciones relacionadas con el diseño expuestas por los usuarios de sistemas. El producto resultante principal del diseño de sistemas es una relación técnica de diseño. Este producto establece (o demuestra) «cómo» conseguirá el sistema de información satisfacer las necesidades de empresa de los usuarios.

4. **Implantación de sistemas.** El dominio que cubre la implantación de sistemas está definido por los componentes de tipo tecnológico de la aplicación de sistemas de información que se diseñaron en la fase anterior. Su propósito es construir y/o ensamblar los componentes técnicos y poner en funcionamiento el sistema de información nuevo o mejorado. El suceso que lo activa es la relación técnica de diseño obtenida del diseño de sistemas. Su producto resultante clave es un sistema de información en producción. El término producción se utiliza para describir un sistema que ha sido puesto en funcionamiento cotidiano. Otra de sus salidas es la documentación y formación de usuarios finales necesaria para utilizar el sistema en producción.
5. **Soporte de sistemas.** El dominio que cubre el soporte de sistemas es el sistema de información puesto en producción mediante la implantación de sistemas. El propósito del soporte de sistemas es sostener y mantener el sistema durante el resto de su vida útil. La entrada a esta fase es el sistema de información en producción. También se activan diversas actividades de soporte a partir de los problemas de uso del sistema.

Llegará un momento en que el sistema en producción será demasiado caro de mantener, o dejará de suministrar el apoyo adecuado a la empresa. Entonces, el ciclo de vida deberá cerrarse para volver a las fases de planificación o análisis de sistemas.

Capítulo VI

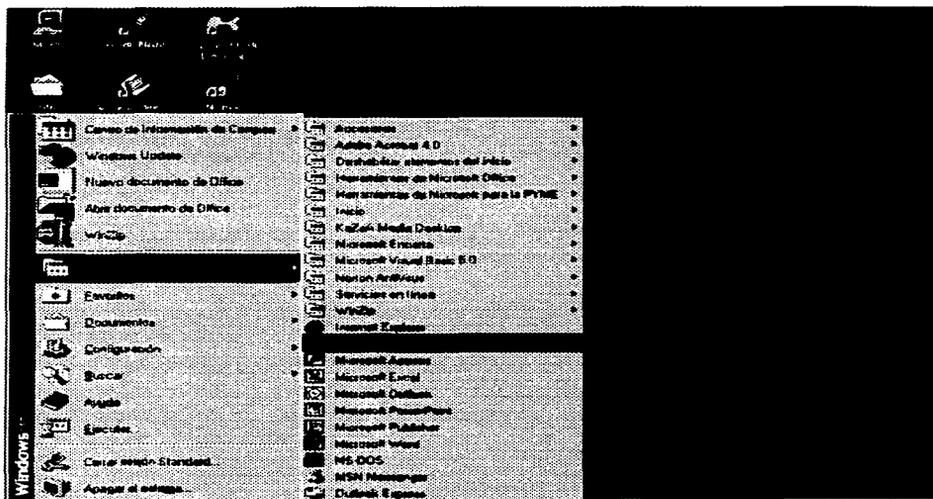
Manual del Usuario

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En este último capítulo del trabajo se describe la forma de utilizar el software desarrollado para el cálculo de la iluminación interior y exterior, por medio del manual del usuario.

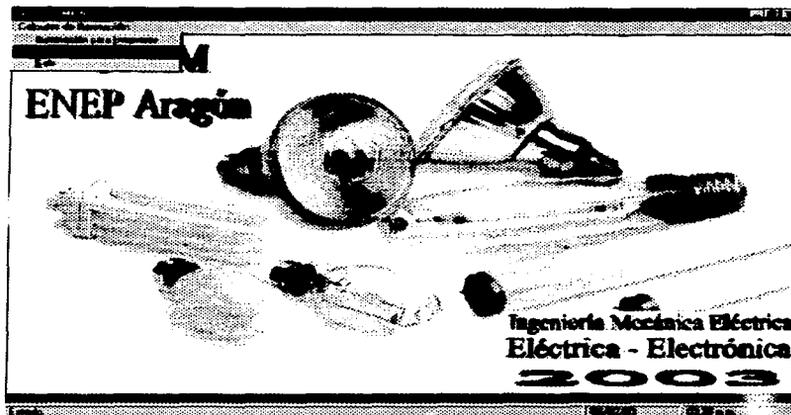
Para el buen desempeño de este programa es necesario contar con una PC compatible con IBM, sistema operativo Windows 98, memoria RAM de cuando menos 64 Mbs y un disco duro con espacio libre mínimo de 10 Mbs

Al instalar el programa de aplicación, este crea un icono de acceso en el menú de inicio, programas llamado "LUMEN".

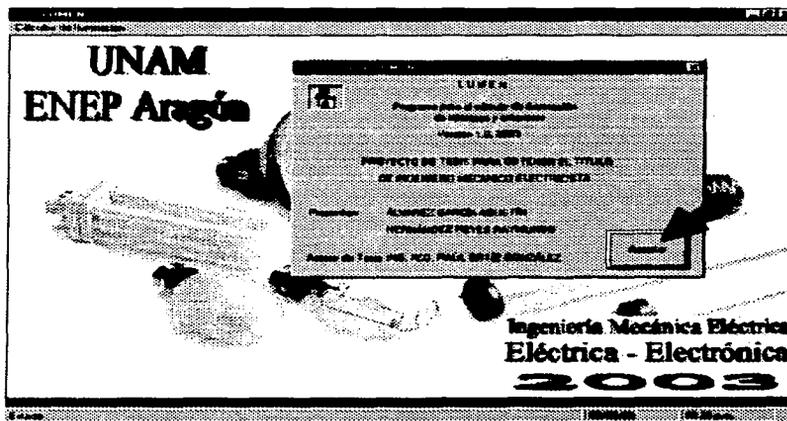


Al dar click en el icono de "LUMEN" se despliega la pantalla de presentación del software, apareciendo en la parte superior izquierda el menú principal mostrando las opciones del programa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Al seleccionar en el menú principal del programa la opción "Iluminación para Interiores" ó "Iluminación para Exteriores", se desplegará en el monitor la información de quienes desarrollaron el programa.



Cuando se acciona el botón de aceptar, el programa se dirige a la pantalla ya sea de cálculo de iluminación para interiores ó de cálculo de iluminación para exteriores, según se haya dado click en el menú principal del programa.

VI.A. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES

La ventana que a continuación se muestra es el resultado de seleccionar en el menú principal la opción de Iluminación para Interiores, en cual define el local a iluminar ya sea que tenga una forma Regular o Irregular, esto quiere decir, que si el local es de forma cuadrada ó rectangular los datos que se tendrán que ingresar, serán el largo y ancho del área de estudio, o caso contrario de que el local sea irregular, por ejemplo, que tuviera un pasillo, o una habitación que termina en cuchilla, se ingresarían el área y el perímetro del local a iluminar.

Definida la forma del local, se ingresan los datos que son solicitados tomando la referencia de acuerdo a las cavidades zonales, como es la "hcs" que es la distancia que hay entre las lámparas y el plano de trabajo, la "hcc" que es la distancia que existe entre la luminaria y el techo, y por último la "hcp" la cual es la distancia del plano de trabajo al suelo. Todas las medidas deben darse en metros.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El cálculo para el coeficiente de utilización depende del conjunto lámpara-luminaria, dicho dato es proporcionado por el fabricante que en este caso es Philips. El factor de pérdidas de luz describen los factores que afecta al conjunto lámpara-luminaria, como son el nivel de polvo en el medio ambiente, la temperatura, las variaciones de energía eléctrica que son proporcionados por el fabricante de la luminaria, los datos que aparece por default son los recomendados por el fabricante, los cuales pueden ser modificado.

Cálculo de iluminación para interiores

Figura del local:
 Regular (rectangular)
 Irregular

Ancho: metros
 Largo: metros
 Hcs: metros
 Hcp: metros
 Hcp: metros

Color techo:
 Color paredes:
 Color piso:
 Local destinado a:

Coeficiente de utilización:
 Factor de pérdida de luz (DLP + FPL + FRI):

16/02/03 01:15 pm

Seguidamente se da click al botón de seleccionar lámpara, mostrando el catalogo de lámparas.

Cálculo de iluminación para interiores

Figura del local:
 Regular (rectangular)
 Irregular

Ancho: metros
 Largo: metros
 Hcs: metros
 Hcp: metros
 Hcp: metros

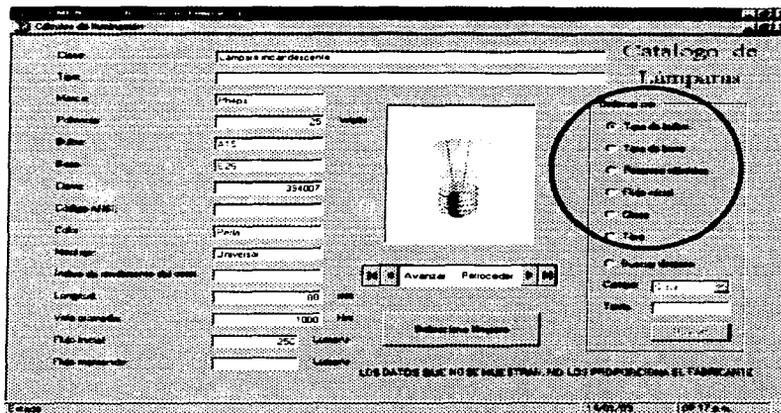
Color techo:
 Color paredes:
 Color piso:
 Local destinado a:

Coeficiente de utilización:
 Factor de pérdida de luz (DLP + FPL + FRI):

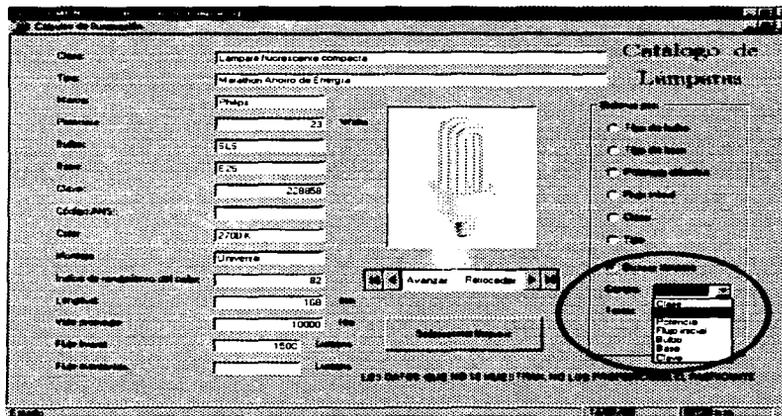
16/02/03 01:15 pm

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Desplegándose una ventana, que muestra los datos técnicos de diferentes tipos de lámparas considerando el flujo inicial y potencia respectiva. Además de que las lámparas podrán ser ordenadas según sus características.



Si se buscará una lámpara en especial, se puede localizar de una manera más sencilla, dando click a Buscar Lámpara, seleccionando la opción deseada.



Una vez encontrada la lámpara deseada se da click al botón de Seleccionar Lámpara.

Seleccionada la lámpara aparecerán los datos del flujo inicial y la clave de la lámpara según el fabricante Philips.

Hoy en día hay una gran variedad de luminarias que en muchos de sus casos son decorativas y requieren más de una lámpara, por lo que es necesario definir la cantidad de lámparas de cada luminaria. A continuación se da click al botón de Ver Resultados.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Esta ventana muestra los resultados obtenidos, que son: RCL (la razón de cavidad del local), RCT (razón de cavidad del techo), RCP (razón de cavidad de las paredes) y, el IC (índice del cuarto), el nivel de iluminación recomendado dependiendo para lo que sea destinado el local, el nivel obtenido de acuerdo a la selección de la lámpara, los porcentajes de reflexión del techo, paredes y suelo, el número de luminarias, la distancia entre las luminarias para obtener un mejor aprovechamiento, la clase, tipo, marca, clave, potencia y flujo inicial de lámpara.

En la parte inferior se tiene los botones de Regresar, Imprimir y Salir. Donde al dar click al botón de Regresar aparecerá la ventana anterior para poder hacer un nuevo cálculo. En su caso si se necesita la información impresa se da click al botón de Imprimir. Y por último, si se desea terminar la sesión se da click al botón de Salir con lo cual se cierra el programa, regresando al escritorio de Windows.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI.B. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DE EXTERIORES

La ventana que a continuación se muestra es el resultado de seleccionar en el menú principal del programa la opción de iluminación para Exteriores, en donde el primer dato que se introducirá son las dimensiones del lugar a iluminar.

Cálculo de iluminación para exteriores

Largo:

Ancho:

Actividad a realizar:

Tipo de luminaria:

Nivel de contaminación:

Factor de utilización:

Tipo de pavimento:

Clase de la luminaria:

Fuente:

Botones:

A continuación se especifican las actividades a realizar, para considerar el nivel requerido de iluminación.

Cálculo de iluminación para exteriores

Largo:

Ancho:

Actividad a realizar:

Tipo de luminaria:

Nivel de contaminación:

Factor de utilización:

Tipo de pavimento:

Clase de la luminaria:

Fuente:

Botones:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

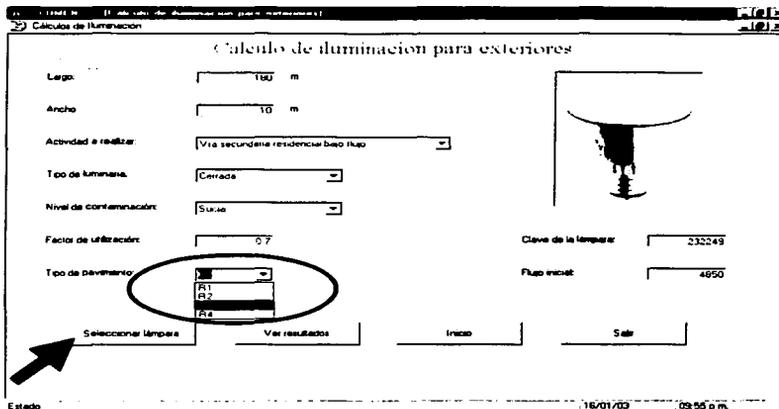
Seguidamente se considera el tipo de luminaria que puede ser abierta o cerrada, estableciendo el tipo de contaminación que sufrirá la luminaria.

Generalmente los lugares de tipo exterior a iluminar son avenidas, autopistas y vías públicas, por lo que se deben considerar las características reflectivas del pavimento para el cálculo de luminancia de una vialidad, la cual se muestran en la siguiente tabla:

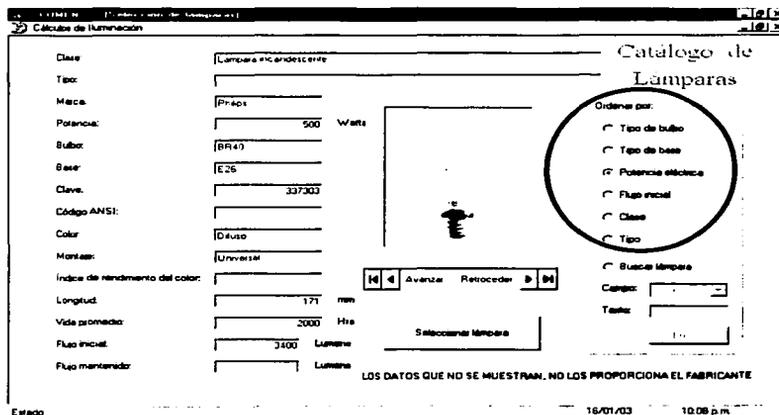
Clase	Descripción	Tipo de reflectancia
R1	Superficie de concreto, cemento Portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15 % de agregados brillantes artificiales.	Casi difuso
R2	Superficie de asfalto con un agregado compuesto de un mínimo de 60 % de grava de tamaño mayor a 10 mm. Superficie de asfalto con 10 a 15 % de abrillantador artificial en la mezcla agregada.	Difuso especular
R3	Superficie de asfalto regular y con recubrimiento sellado, con agregados tal como roca o roca volcánica, textura rugosa después de algunos meses de uso (tipo de autopistas).	Ligeramente especular
R4	Superficie de asfalto con textura muy tersa.	Muy especular

Fuente: Diario Oficial, septiembre 1999

A continuación se selecciona el tipo de superficie del lugar que se iluminara.

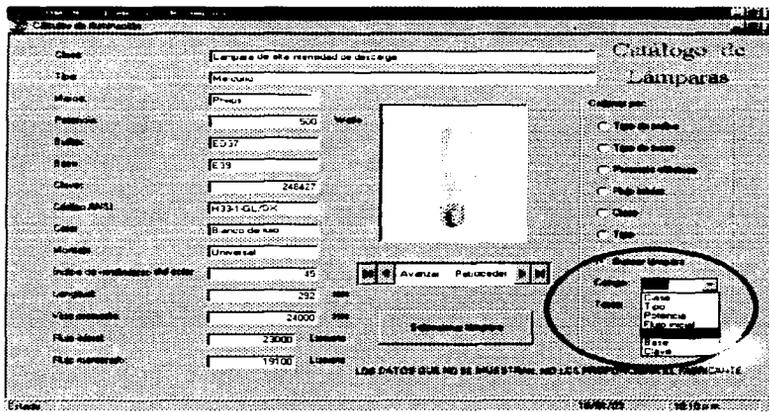


Al dar click al botón de Seleccionar Lámpara, se despliega el Catálogo de Lámparas. En la ventana que a continuación se presenta, se muestran los datos técnicos de diferentes tipos de lámpara indicando el flujo inicial y la potencia respectiva. Además de que las lámparas pueden ser ordenadas según sus características.

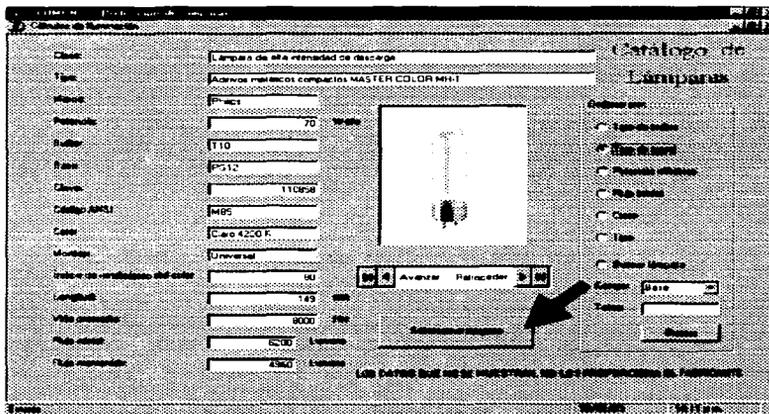


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Si se busca una lámpara en especial, se puede localizar de la siguiente manera, dar click en Buscar Lámpara, y seleccionar la opción deseada.



Una vez encontrada la lámpara deseada se da click al botón de Seleccionar Lámpara.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Seleccionada la lámpara, aparecerán los datos del flujo inicial y la clave de la lámpara según el fabricante Philips, y a continuación se da click al botón de Ver Resultados.

Esta ventana muestra los resultados finales obtenidos, que son el nivel de iluminación recomendado dependiendo de la actividad a realizar, la altura de montaje de la luminaria, la disposición recomendada de las luminarias, el número de luminarias, el factor de mantenimiento, la distancia entre las luminarias para obtener un mejor aprovechamiento, la clase, tipo, marca, clave, potencia y el flujo inicial de lámpara.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

En la parte inferior se tiene los botones de Regresar, Imprimir y Salir. Donde al dar click al botón de Regresar aparece la ventana anterior para poder hacer un nuevo cálculo. Si fuera necesario una hoja con los resultados obtenidos se da click al botón de Imprimir.

Nivel de iluminación (valor recomendado): Lux
 Nivel de iluminación (valor recomendado): Lux
 Nivel de consumo (valor recomendado): W
 Distancia recomendada:
 Factor de mantenimiento:
 Distancia entre lámparas: m
 Numero de lámparas:
 Factor de utilización (valor recomendado):
 Precio inicial (valor recomendado): Lux

Clase:
 Tipo:
 Marca: Clase de producto:
 Potencia: Watts Rendimiento: Lumen

Regresar Imprimir Salir

O al dar click al botón de Salir, se da por terminada la sesión, cerrando el programa, con lo que se regresa al escritorio de Windows.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI.C. IMPRESIÓN DE RESULTADOS

Una vez terminados con los cálculos, tanto en el "Iluminación para Interiores" como "Iluminación para Exteriores" según haya sido nuestra elección, se podrá obtener una impresión con los resultados. Al dar click al botón de Imprimir se muestra la pantalla con los datos de entrada y los resultados obtenidos por lumen.

RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL PROYECTO DE ILUMINACIÓN INTERIOR

DATOS DE ENTRADA

Local destinado a: Residencia sala de estar general

Tipo de local: Regular Ancho: 10.00 m Largo: 10.00 m

Hcs: 1.80 m Hcc: 0.20 m Hcp: 0.80 m

Número de lámparas por luminaria: 1.00

Clave de lámpara seleccionada: 381095 Marca: Philips

Potencia eléctrica: 15.00 Watts

Flujo inicial: 825.00 Lumens

Clase: Lámpara fluorescente compacta

Tipo: Maratón Ahorro de Energía

Color techo: pintura tono mediano amarillo

Color paredes: pintura tono claro miel

Color piso: rocas cemento

Coefficiente de utilización: 0.726 Factor de perdidas de luz: 0.837

RESULTADOS OBTENIDOS POR LUMEN

RCL: 1.80 RCT: 0.20 RCP: 0.80 Ic: 25.00

Nivel de iluminación recomendado: 100.00 Lux

Nivel de iluminación obtenido: 100.26 Lux

Reflectancia del techo: 65.00 %

Reflectancia de paredes: 70.00 %

Reflectancia del piso: 27.00 %

Número de luminarias: 20.00

Espaciamiento: 2.24 m

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL PROYECTO DE ILUMINACIÓN INTERIOR

DATOS DE ENTRADA

Local destinado a: Residencia sala de estar general

Tipo de local: Regular Ancho: 100.00m Largo: 40.00 m

Hcc: 1.80 m Hcc: 0.20 m Hcp: 0.80 m

Número de lámparas por luminaria: 2.00

Clave de lámpara seleccionada: 381095 Marca: Philips

Potencia eléctrica: 15.00 Watts

Flujo inicial: 825.00 Lumens

Clase: Lámpara fluorescente compacta

Tipo: Maratón Ahorro de Energía

Color techo: pintura tono mediano amarillo

Color paredes: pintura tono claro miel

Color piso: rocas cemento

Coefficiente de utilización: 0.726 Factor de pérdidas de luz: 0.837

RESULTADOS OBTENIDOS POR LUMEN

RCL: 1.80 RCT: 0.20 RCP: 0.80 Ic: 25.00

Nivel de iluminación recomendado: 100.00 Lux

Nivel de iluminación obtenido: 100.26 Lux

Reflectancia del techo: 65.00 %

Reflectancia de paredes: 70.00 %

Reflectancia del piso: 27.00 %

Número de luminarias: 10.00

Espaciamiento: 3.16 m

**TESIS CON
FALLA DE URGEN**

RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL PROYECTO DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

DATOS DE ENTRADA

Área destinado a: Autopistas y carreteras
Ancho: 100.00m Largo: 10.00 m
Tipo de Luminaria: Abierta Nivel de contaminación: Limpia
Clave de lámpara seleccionada: 381095
Marca: Philips
Potencia eléctrica: 300.00 Watts
Flujo inicial: 3,400.00 Lumens
Clase: Lámpara incandescente
Tipo:
Tipo de pavimento R1
Coeficiente de utilización: 0.700

RESULTADOS OBTENIDOS POR LUMEN

Nivel de iluminación mínimo recomendado: 4.00 Lux
Nivel de iluminación medio recomendado: 12.00 Lux
Altura de montaje recomendada: 6.00 m
Disposición recomendada: Pareada
Factor de mantenimiento: 0.80
Número de luminarias: 3.00
Distancia entre luminarias: 31.70
Factor de Uniformidad media: 0.33
Nivel de iluminación obtenido: 12.00 Lux

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

Tras la terminación de este trabajo tendremos siempre en cuenta que el Ingeniero Mecánico Electricista es el profesional que utiliza los conocimientos de las ciencias físicas y matemáticas, así como las técnicas de la ingeniería, la economía y la administración, para transformar la naturaleza por medio de dispositivos mecánicos y/o eléctricos, los cuales optimicen el funcionamiento de sistemas productivos formados por hombres, máquinas e insumos.

En el campo de la Ingeniería Eléctrica y Electrónica este profesionista interviene en la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas eléctricos de potencia y de instalaciones eléctricas. Estudia y realiza las aplicaciones industriales de la electrónica y del control automático, e interviene en el estudio y realización de sistemas de comunicaciones.

Al concluir con la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica además de comprender y manejar los conceptos abstractos de matemáticas y de fenómenos físicos, se obtienen conocimientos y habilidades para utilizar lenguajes y equipos de cómputo, como herramientas de trabajo para un mejor desenvolvimiento profesional.

Y por último, el profesionista para la obtención de resultados debe desarrollar un profundo espíritu creativo haciendo frente a situaciones que se presenten, utilizando técnicas que permitan obtener fácilmente conocimientos útiles para la vida profesional, teniendo la voluntad y la disposición de utilizar los conocimientos adquiridos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA

- N. Bratu, E. Campero Littlewood
INSTALACIONES ELÉCTRICAS CONCEPTOS BÁSICOS Y DISEÑOS
Edit. ALFAOMEGA
Cap. 3
- Enrique Harper, Gilberto
EL ABC DEL ALUMBRADO Y LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN
Edit. LIMUSA NORIEGA EDITORES
- **MANUAL DE ALUMBRADO WESTINGHOUSE**
Edit. DOSSAT
- Fernández Salazar, Luis C.
TÉCNICAS Y APLICACIONES DE LA ILUMINACIÓN
Edit. Mc Graw Hill
- Dr. Ramírez Vázquez, José
LUMINOTÉCNICA ENCICLOPEDIA DE LA ELECTRICIDAD
Edit. CEAC
- Serie Sunset
ILUMINACIÓN RESIDENCIAL IDEAS, ACCESORIOS E INSTALACIONES
Edit. Trillas
- John P. Frier
SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INDUSTRIAL
Edit. Limusa
- Ronald
ILLUMINATION ENGINEERING
Edit. Prentice Hall
- Dr. Ramírez Vázquez, José
SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PROYECTOS DE ALUMBRADOS
Edit. CEAC
- Norton, Peter
INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN
Edit. Mc Graw Hill
- Joyanes Aguilar, Luis
METODOLOGÍA DE LA PROGRAMACIÓN
Diagrama de flujo algoritmos y programación estructurada
Edit. Mc Graw Hill

- Joyanes Aguilar, Luis
FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN
Algoritmos y estructuras de datos, segunda edición
Edit. Mc Graw Hill

- Whitten, Jeffrey L.
Bentley, Lonnie D.
Barlow, Victor M.
ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN
Edit. Mc Graw Hill

- Peñalosa Romero, Ernesto
FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN APUNTES
Edit. UNAM; ENEP ARAGÓN 2001

- Solórzano Palomares, J. Fernando
APUNTES SOBRE COMPUTADORAS Y PROGRAMACIÓN VOLUMEN UNO
INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN
Edit. UNAM Facultad de Ingeniería, 1995

- Solórzano Palomares, J. Fernando
APUNTES SOBRE COMPUTACIÓN Y PROGRAMACIÓN VOLUMEN DOS
INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN
Edit. UNAM Facultad de Ingeniería, 1995