

Capítol 3

Estructura de les Interfícies Persona-Màquina (HMI) i l'Índex d'Interfícies

"Para ver el bosque, ... te has de apartar de los arboles"

Anónimo

Capítol 3. Estructura de les Interfícies Persona-Màquina (HMI) i l'Índex d'Interfícies

3.1.- Introducció

El disseny d'interfícies persona-màquina (MMI: man machine interface) és un art i una ciència, com van dir Myers, Hix i Mullet [MYE 90, HIX 93 i MUL 95]. És un art que es cultiva i es desenvolupa per poder arribar a un producte final de qualitat científica. La qualitat de les interfícies persona-màquina depèn de l'orientació que tindrà el sistema pel qual es defineix la interfície del producte. El disseny de les interfícies persona-màquina requereix un gran percentatge de temps de desenvolupament dins d'un projecte [RUD 92, MYE 90], i encara es desenvolupen interfícies per a casos específics. Segons Myers, anualment apareix un bon nombre de tesis doctorals relacionades amb el tema de les interfícies d'usuari. Actualment, moltes empreses inclouen un equip de professionals només per al desenvolupament de la interfície dels seus programes informàtics.

En el camp de l'ofimàtica (informàtica aplicada a les feines d'oficina) s'ha creat tot un culte dels programes del tipus Windows. Sota aquest paradigma els usuaris amb diferents aplicacions han d'aprendre a fer servir les funcions i menús de Windows. Això és relativament adequat per al grup d'usuaris que treballa en el mateix camp o per a la mateixa finalitat. Però també és cert que hi ha diverses activitats amb les quals els usuaris no poden treballar amb aquestes "funcionalitats". Les aplicacions d'emergència, les funcions de seguretat i, fins i tot, els treballs de conducció, no poden tenir funcions amagades o que es trobin a l'enèsima pantalla de finestres desplegable. Les interfícies tenen una tecnologia i una filosofia que defineixen la seva estructura i les seves característiques. Les diferències entre els diversos tipus d'interfícies persona-màquina (HMI: human machine interface) es basen en les funcions de les tasques de l'usuari i els seus requeriments. En aquest capítol presentarem les estructures generals de les interfícies a fi d'estudiar-les i definir una metodologia empírica per avaluar interfícies (cosa que s'ha anomenat índex d'interfícies) i, d'aquesta manera, poder dissenyar una interfície millor al capítol 4.

3.2.- ¿Què són les Interfícies?

Tots els objectes que l'ésser humà ha construït i que es troben dins del nostre camp visual i ens donen informació són una mena d'interfície. Com es pot veure a la figura 3.1, l'ésser humà ha d'interpretar el significat de les coses que l'envolten d'acord amb la simbologia que s'ha inventat. Tots els aparells que ens simplifiquen la vida fan servir diferents interfícies per treballar. Les persones han de treballar amb totes aquestes diferències.

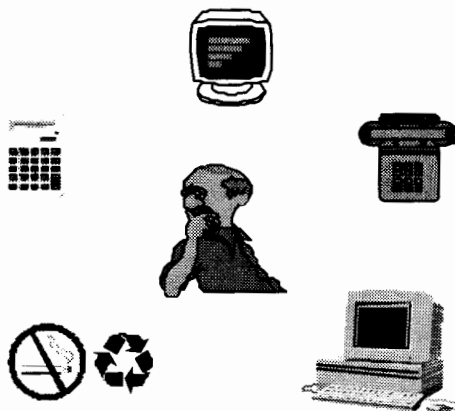


Figura 3.1.- L'ésser humà i les interfícies que l'envolten

Don Norman va escriure un llibre molt il·lustratiu, titulat "The psychology of everyday things" (1988), en el qual es dedica a descriure moltes de les situacions de la vida real que estan mal dissenyades o que presenten una relació confusa tant per als usuaris nous com per als experimentats. Un exemple molt comú són les portes d'entrada de qualsevol institució. Algunes de les portes s'obren si les empenyem, altres si les estirem; però, ¿quantes vegades encerteu cap on s'han de moure?

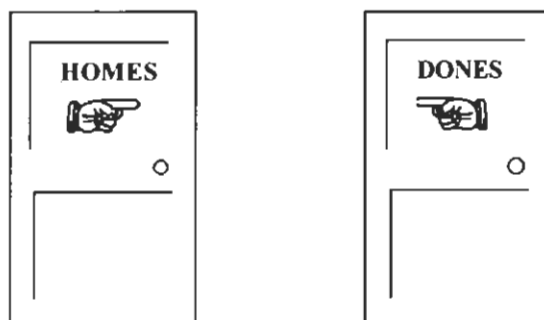


Figura 3.2.- Interfícies confuses en el món real. Modificat de [MAN 97]

Una part dels problemes de confusió i d'interpretació està provocada per l'enfocament que es fa dels productes. Com podem veure a la figura 3.2, hi ha coses tan senzilles que uns simples detalls les tornen confuses. Aquests petits inconvenients que trobem a la vida quotidiana a vegades originen problemes d'estabilitat emocional, sensacions de desadaptació o dubtes respecte a la pròpia capacitat intel·lectual. Si bé és cert que el món no és perfecte, això no vol dir que, per aquest motiu, puguem presentar els productes de qualsevol manera perquè els usuaris mai no s'equivoquen. La bellesa de la vida és la seva diversitat. La qüestió és que el món artificial no està ben organitzat i que la informació necessària no arriba a l'usuari adequadament. Més exemples d'això es poden trobar a la pàgina web de Michael J. Darnell <<http://www.baddesigns.com>>. Aquesta pàgina web no està gaire ben dissenyada, però presenta exemples interessants dels problemes d'ús de les coses quotidianes.

Tot això ha provocat que els usuaris tinguin vergonya a l'hora de fer certes coses. Moltes vegades els usuaris senten un cert temor de com fer servir les coses perquè tenen por d'utilitzar-les malament, és a dir, tenen por d'equivocar-se. Molts dels usuaris que van participar en els processos d'avaluació de les diferents etapes del disseny de la interfície d'aquesta tesi tenien por de no fer bé les coses. Durant una bona part del procés d'avaluació ha calgut tranquil·litzar les persones perquè intentessin fer les coses d'una manera normal [BON 99b i RUD 94].

Un altre llibre que va impactar a causa del seu realisme és el de Ralph Nader, titulat *Unsafe at any speed* (Grossman Publishers). En aquesta publicació es plantegen els diferents problemes d'enginyeria de disseny del cotxe, que es van amagar com si fossin responsabilitat de l'usuari perquè es van publicar en un manual. Si els cotxes estiguessin ben dissenyats no caldria cap manual. No es pot demanar que els usuaris tinguin uns coneixements que són a un papers amagats a la guantera.

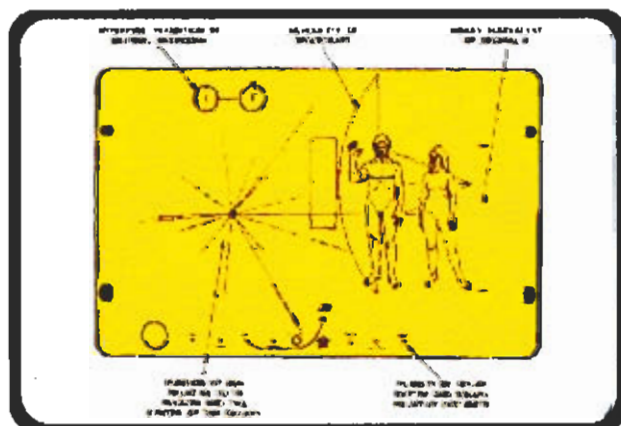


Figura 3.3.- Placa d'informació que els extraterrestres han de ser capaços d'entendre (NASA)

A la figura 3.3 es mostra la placa que es va enviar en el PIONEER 10 (ara fora del nostre sistema solar). S'espera que si algun ésser d'un altre sistema el troba podrà entendre qui som i com trobar-nos. Les imatges que presenta de la dona i de l'home se suposa que han estat fetes d'acord amb una mostra mitjana de la nostra societat, i l'habilitat per entendre la placa està basada en el fet que tinguin coneixement de l'hidrogen. Per altra banda, s'espera que la posició de la mà de l'home sigui interpretada com una salutació del nostre planeta.

L'estudi de les interfícies pretén solucionar aquests detalls en el camp informàtic. Dins d'aquest camp, ens interessen especialment les interfícies per a la teleoperació de sistemes teleoperats. Així, aquest estudi se centrarà en les interfícies informàtiques i en com aquestes interfícies poden ajudar els usuaris a desenvolupar la seva feina. En el llibre de Mullet i Sano, "Designing Visual Interface", on tracta molts dels principis del disseny visual, hi podem trobar exemples interessants de disseny visual. Recentment, Harry Sandler va presentar un treball sobre les "Understanding Design Representations", en el qual explica com representacions visuals idèntiques poden tenir diferents interpretacions quan estan destinades a diferents grups de persones [SAD 01].

La necessitat de millorar les interfícies i la comunicació persona-màquina ha impulsat l'Institut de Tecnologia de Massachusetts (MIT) a desenvolupar un projecte a gran escala per millorar aquesta interrelació. Conegut amb el nom de Projecte Oxigen (Project Oxygen), i amb la idea de "enabling people 'to do more by doing less,' that is, to accomplish more with less work", el doctor Michael Dertouzos va treballar amb múltiples tecnologies amb l'intent de simplificar la interacció amb les màquines d'una forma més natural, posant la tecnologia al servei dels usuaris [DER 97 i 01]. A la figura 3.4 podem veure un conjunt dels elements que el Projecte Oxigen vol agrupar per desenvolupar el concepte de tecnologia invisible. Aquest concepte és similar al de Mark Weiser, "ubiquitous computing", (<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>) i està destinat a atendre l'usuari i fer-li la vida molt més fàcil. De fet, les empreses més importants del món tenen un grup de pensadors (think tank) que treballa només per millorar els conceptes d'interfície intel·ligents, modelització d'usuaris, interfície de tres dimensions i altres formes d'interacció en el futur. Per exemple:

- Microsoft: <<http://www.research.microsoft.com/adapt/>>. Treballa el grup de Sistemes Adaptatius i Interacció (Adaptive Systems & Interaction Group: ASI).
- IBM: <<http://www.research.ibm.com/compsci/hci/index.html>>. S'ocupa del grup d'Interacció Persona-Ordinador (Human-Computer Interaction: HCI).

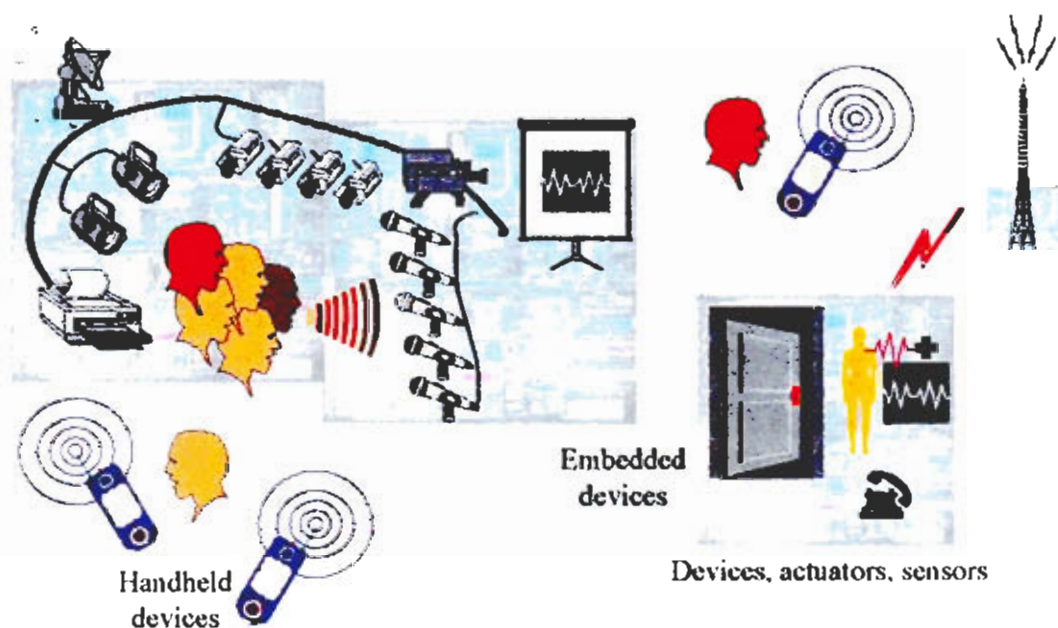


Fig. 3.4.- Projecte Oxigen. MIT <<http://oxygen.lcs.mit.edu>>

Als Estats Units també es va estudiar com simplificar la connexió a la seva xarxa informàtica. A *More Than Screen Deep: Toward Every-Citizen Interfaces to the Nation's Information Infrastructure*, el Consell d'Investigació Nacional (National Research Council) va centrar-se en els diferents tòpics que recomanen els experts per simplificar la interacció persona-ordinador <<http://www.nap.edu/readingroom/books/screen/>> [NCR 97].

3.3.- Disseny de les Interfícies Persona-Màquina (HMI)

Al capítol 2, la secció que portava per títol “Aplicació de l'Ergonomia a l'Àmbit Industrial”, s'ha comentat que, bàsicament, existeixen dues metodologies de disseny ergonòmic. El disseny d'interfícies necessita les dues metodologies plantejades, ja que parteix d'una distribució definida, que anirem estudiant al llarg aquest capítol. També cal que aquest disseny sigui provat sempre pels usuaris finals als quals va adreçada la interfície a fi de fer les adaptacions necessàries al disseny que es tracti. Al capítol 2, en el punt titulat “Avaluació i factors humans mesurables”, també s'ha comentat la importància de tenir en compte la valoració que es dona a la concepció inicial de la interfície, sobretot pel que fa al disseny. L'orientació que donarem a la interfície determinarà algunes de les seves característiques, i això afectarà el rendiment del programa i el resultat de les avaluacions que es facin.

En el present capítol estudiarem quines són les bases per a un bon disseny i comentarem les característiques d'un disseny interactiu. Així, mostrarem com iniciar un producte fins arribar, passant per les diferents fases, a l'estat de versió final, que sempre implicarà la necessitat de fer més modificacions.

3.4.- Disseny d'Interfícies Interactives

La funció de tota interfície és establir un diàleg del sistema amb l'usuari. En aquesta “conversa” l'usuari ha de poder obtenir tota la informació que vol, i l'ordinador ha de poder rebre la informació que necessita per continuar treballant. En definitiva, a la interfície s'ha de poder establir una simbiosi [BAI 89, HEL 93 i SHN 87].

L'efectivitat d'aquesta comunicació interactiva depèn de com es presentin les dades i de com se sol·liciti la informació [BAI 89 i SHN 87]. En aquest cas, l'ordinador ha de ser programat perquè demani les dades amb molta discreció. Una conversa humana efectiva requereix gestos, paraules amb una entonació i un ritme adequats al missatge que es vol transmetre i imatges relacionades. Els diàlegs de l'usuari amb l'ordinador estaran limitats als formats de presentació disponibles actualment i a les característiques de l'entorn on es treballi. Hi ha autors que consideren que molts dels atributs expressius dels diàlegs humans haurien de ser conservats i tramesos a les interfícies d'usuari [BAI 89, IVE 89 i MAD 73]. Quan les persones es comuniquen han de compartir un coneixement bàsic del tema del qual parlem, i tenen un conjunt d'assumpcions comunes. Per exemple, els mariners i els metges tenen tot un vocabulari associat al seu entorn de treball, i fan servir unitats i mesures diferents que la resta de persones. En el cas dels mariners, la unitat de distància és la milla nàutica, i la unitat de velocitat és el nus; a més, tenen un vocabulari específic: proa, popa, estribord, babord, etc., així com un coneixement profund del seu entorn específic de treball.

En treballs publicats s'ha exposat la importància d'incloure l'usuari en el conjunt del disseny, i també de desenvolupar proves que permetin fer interfícies més orientades a l'usuari d'acord amb la tasca que aquest ha de realitzar [BON 98b]. De fet, les possibilitats d'incloure eines interactives facilita la utilització, la conducció i la visualització per l'usuari [BON 99b]. Les facilitats de l'usuari no es limiten només a les pantalles d'ordinador. Josep Amat *et al.* han presentat un interessant exosquelet virtual per a la manipulació d'objectes mitjançant la visió artificial [AMA 98, AMA 99a, AMA 99b i AMA 00]. El sistema detecta la posició de l'usuari i els punts crítics de seguiment i, així, determina què s'ha de fer. Això ha resultat ser un excel·lent sistema per controlar braços robotitzats, a més de ser una interfície natural de control.

La definició i l'ús dels diàlegs de les interfícies d'usuari també s'han comparat amb l'aprenentatge i l'ús d'una llengua estrangera [MAD 73]. El desig de l'usuari de fer qualsevol cosa amb el programa estarà precedit d'un període de vacil·lació per recordar la seqüència d'instruccions que s'han d'indicar a l'ordinador. Posteriorment, la practica farà que les regles siguin molt més familiars i l'usuari podrà expandir el seus coneixements a poc a poc.

A continuació exposarem els diferents estils per al disseny d'interfícies:

3.4.1.- Concepcions de les Interfícies

Totes les llengües tenen dos components: el significat i la forma del llenguatge. El significat del llenguatge està relacionat amb el contingut del missatge que un dels usuaris vol transmetre a l'altre. La forma del llenguatge està relacionada amb la manera amb què aquest missatge es transmet a l'altre: amb l'expressió de la cara, el to de la veu, els gestos per acompanyar la conversa, etc. La definició de les estructures de les interfícies implica que cal conèixer els comandaments i el missatge que es vol transmetre. Sobre aquesta definició podem trobar diferents esquemes de concepció de la interfície [MAD 90, PRE 92]:

- Conceptual
- Funcional
- Seqüencial (sequencing)
- Validació (binding)

Les dues primeres concepcions d'interfícies estan relacionades amb el significat, mentre que les altres dues estan relacionades amb la forma.

3.4.1.1.- El Disseny Conceptual

El disseny conceptual és la definició dels conceptes necessaris de l'aplicació, ja coneguts per l'usuari. Aquesta concepció també és coneguda pel nom de model de l'usuari de l'aplicació (user's model of the application). Aquest tipus de disseny fa referència a objectes, propietats dels objectes, relacions entre objectes i operacions entre si.

En el cas de la definició de la interfície d'un robot submarí, trobem que els objectes són: el robot submarí, el fons, la superfície, el vaixell, etc. Cada un d'aquests objectes té un conjunt de propietats; per exemple, el robot només pot navegar entre el fons i la superfície, el vaixell sempre estarà damunt la superfície, etc. El robot conté un conjunt de sensors i elements que defineixen la seva funcionalitat: motors, càmeres, braços, llums, etc. Cada un d'aquests elements presenta una funcionalitat que permet que el robot operi: segons el motor que estigui operatiu, el robot es desplaçarà endavant, endarrere, amunt, avall, cap a la dreta o cap a l'esquerra.

3.4.1.2.- El Disseny Funcional

En aquest cas s'especifica fins al detall la funcionalitat de la interfície; això implica que cal definir els següents paràmetres: quina informació és necessària per a cada operació d'un objecte, quins errors hi pot haver, com cal solucionar els errors i quins resultats podem esperar en cada operació. Com que aquesta metodologia defineix el significat de les operacions i no l'ordre amb què s'han de fer o els dispositius amb què es fan, el disseny funcional també rep el nom de disseny semàntic (semantic design).

Segons l'exemple d'abans, caldria definir els conceptes relatius a cada operació del robot i estudiar la informació necessària per assolir l'operativitat. És a dir, que si volem moure els braços del

robot, primer caldria definir quins controls s'han de fer servir i indicar cada un dels paràmetres que controli el seu moviment: guany, rotació, desplaçament, etc. Els errors que poden tenir els moviments de braços podrien estar causats, per exemple, pel fet de portar una càrrega massa pesada, etc. En aquest cas, les solucions que l'usuari podria escollir estarien indicades a la pantalla, i explicarien com agafar menys càrrega, com fer servir l'altre braç, com sol·licitar una grua de transport, com demanar ajuda, etc. Pel que fa al desplaçament de braços, només s'espera veure que els braços s'han mogut a la interfície, però la correcció dels errors ha d'oferir una informació més consistent que permeti a l'usuari resoldre el problema de forma satisfactòria. En general, el disseny funcional establiria el significat de les relacions i les operacions del disseny conceptual.

3.4.1.3.- Disseny Seqüencial

També conegut com **disseny sintàctic** (syntactic design), a les interfícies confegides amb aquest tipus de disseny s'hi defineix l'ordre de les entrades i de les sortides. En el cas de les entrades cal definir les regles a fi d'obtenir la informació necessària. En el cas de les sortides, cal fer representacions distribuïdes per la pantalla (factors espacials), les quals poden variar en el temps (factors temporals).

3.4.1.4.- Disseny de Validació

El disseny de validació determina que el significat de les entrades i de les sortides es forma a partir de les primitives entrades i sortides del hardware. Les entrades primitives estan compostes per tots els dispositius d'entrada d'informació presents en el sistema (teclat, ratolí, etc.), mentre que les primitives de sortida són normalment els elements gràfics (incloent-hi el text) i els seus atributs. Aquesta metodologia de disseny cerca la millor alternativa d'introducció de dades i la formació d'icones i gràfics d'interacció amb l'usuari.

3.4.2.- Disseny d'Interfícies d'Usuari: Enfocament de Comportament (Behavioral) i de Construccions (Constructional)

La meta de tota interfície és transmetre informació als usuaris. En l'actualitat aquesta meta s'amplia perquè intenta agrupar tots els usuaris sota un esquema de disseny universal. Així doncs, tots els usuaris farien servir molt aquest disseny (la "utilització" —usability— seria molt alta). La interfície d'usuari sorgeix per la necessitat de comunicar les idees d'un programa principal. Històricament, les interfícies es van desenvolupar per fer-les servir els mateixos programadors, normalment el mateix personal tècnic associat al projecte; això va comportar que les interfícies resultants fossin molt variables i que la facilitat d'ús fos limitat (vegeu el capítol 2, "Evolució històrica de l'ergonomia"). Com expliquen Hix i Hartson, "What is best for a user is rarely easiest for a programmer" [HIX 93]. Per emfatitzar la natura dels dissenys, es pot dir que aquests poden tenir dos dominis, que són [HIX 93]:

- Domini de comportament: preval l'usuari i el seu comportament.
- Domini de construccions: preval el programa i el programador.

En el domini de comportament s'intenta descriure una interfície de forma independent del programari i del sistema. En aquest cas es treballa independentment del sistema i depenent dels factors humans. La interacció és un disseny dirigit a l'usuari que es basa en un estil gràfic.

En el domini de construccions s'intenta optimitzar el sistema i, per tant, moltes vegades es necessiten totes les dades, ja que s'intenta aprofitar tots els recursos del sistema (esdeveniments, transició d'estat, estat de tots els sensors, etc.). La interacció es descriu internament, segons el sistema, en termes de construcció o necessitats dels dissenyadors de programes o de sistemes. La taula 3.1 descriu les característiques de cada un d'aquests enfocaments.

	<i>Comportament</i>	<i>Construcció</i>
Què es desenvolupa	Component de comunicació amb l'usuari.	Component de comunicació amb el sistema.
Quina visió adopta	La visió de l'usuari	La visió del sistema
Què es descriu	Les accions de l'usuari, les seves percepcions i tasques.	Les accions del sistema i el seu estat.
Què involucra	Factors humans representacions simples	Algorismes Estructura de dades

Taula 3.1.- Comparació dels dominis de comportament i construcció [HIX 93]

3.5.- Estils d'Interfícies Interactives

A l'apartat de "Disseny d'interfícies interactives" ja comentàvem que els diàlegs de les interfícies d'usuari són una mena de llengua. Aquesta "llengua" ha de complir uns requisits que li permetin ser "parlada" i "entesa" pels usuaris [EBE 94]; és a dir, la interfície ha de ser:

- **Eficient:** ha de permetre que l'usuari efectui les comandes desitjades d'una forma simple i sense ambigüitats.
- **Completa:** cal disposar de tots els comandaments necessaris que ens possibilitin fer totes les funcions per a les quals està definida la interfície. No hi poden faltar comandaments. S'hi ha de poder fer tot el que es vulgui fer.
- **Estructurada:** les comandes s'han d'expressar en un ordre lògic
- **Consistent:** la mateixa funció sempre s'ha de poder definir de la mateixa manera a qualsevol part del programa.
- **Àgil:** les coses simples s'han de poder fer de forma simple.
- **Coherent:** la repetició d'una seqüència específica sempre ha d'arribar a la mateixa resposta.

Una interfície amb regles complexes serà difícil d'aprendre a fer-la funcionar; per això, els nous usuaris trigarán temps a fer-la servir. De fet, però, aquest tipus d'interfície serà molt ràpida de dissenyar. Les interfícies també poden ser completes, però no estructurades ni coherents; és a dir, que poden tenir tots els comandaments necessaris però cada un amb un format de presentació diferent, o poden permetre fer operacions que no estiguin gens relacionades amb el tema especificat. A continuació descrivim les diverses formes de presentació del missatge, que són complementàries de l'apartat titulat "Alternatives de Visualització", al capítol 2.

3.5.1.- Comandes

És la forma més antiga i tradicional de demanar una acció. L'usuari escriu la comanda específica amb el format adequat i tots els seus paràmetres, i l'ordinador executa la tasca especificada. Des del punt de vista del programador, és la interfície més fàcil de desenvolupar. L'exemple més conegut d'aquest tipus d'interfície és el sistema operatiu DOS, el predecessor del qual era el CP/M. Entre els avantatges que tenen les interfícies de comandes hi ha la facilitat d'implementació i la facilitat d'ampliació. A més, la interfície és més ràpida si l'usuari la coneix prou bé. Però també és la més difícil d'aprendre, ja que l'índex d'errors és molt gran i la satisfacció dels nous usuaris o dels principiants és molt baixa. D'altra banda, un fet molt comú d'aquests sistemes és que són molt inflexibles i no deixen opció a desfer les accions. Entre les raons que molts usuaris avançats adueixen quant a la preferència d'interfícies de comandes, tenim que:

- Tenen més llibertat per treballar i poden triar els paràmetres segons el seu gust.
- Treballen més de pressa.
- Veuen allò que estan fent i tenen la sensació de controlar la màquina.

En l'actualitat molts d'aquests arguments són obsolets perquè les interfícies són més gràfiques i avui el rendiment és molt millor que abans. Però encara ara es poden trobar interfícies de comandes que es fan servir per primera vegada a les interfícies gràfiques; per exemple, fer un backup (una còpia amb verificació) al Windows 95. Això no és gens fàcil per als usuaris nous. A les interfícies de comandes totes les comandes són accessibles a través del teclat, però cal un llarg període de pràctiques per arribar a conèixer totes les comandes. Les interfícies de comandes són adequades per a programes que tenen moltes comandes amb múltiples paràmetres, com, per exemple, Matlab. Aquestes interfícies solen estar dotades d'un complet sistema d'ajuda en línia, i disposen d'un altre disseny d'interfícies a fi de simplificar a l'usuari algunes tasques.

3.5.2.- Interfície de Finestres (Windows), Icones i Manipulació Directa

Les interfícies actuals tenen tres característiques bàsiques: treballen amb finestres, tenen icones i moltes són de manipulació directa. La finestra (window) és una àrea de la pantalla on l'usuari pot treballar i en el marc de la qual s'estableixen totes les relacions actives. També és l'àrea on es mostren a l'usuari dades específiques.

Les icones són representacions gràfiques que expressen alguna cosa: una funció (desar fitxers), descriure un objecte (fitxers de text), una propietat (paperera per esborrar fitxers) o qualsevol altre concepte. En general, les icones s'han de poder executar, és a dir, si l'usuari les activa hauran d'executar alguna acció específica. A les interfícies de manipulació directa (direct manipulation user interface) les relacions, els objectes o els atributs poden ser activats visualment. Aquestes operacions s'executen per accions desenvolupades sobre les representacions visuals, conegudes com a "icones". Normalment, aquestes interfícies de "finestres, icones i manipulació directa" poden ser activades amb el ratolí, que també es pot utilitzar per treballar, però normalment admeten la utilització de qualsevol perifèric. La idea de fer servir el ratolí és per facilitar-ne l'ús. Schneidermann [SCH 82] va definir el concepte de manipulació directa i va explicar la seva importància i les seves propietats per a les interfícies gràfiques. [HUT 86] descriu el model psicològic de la interacció d'interfícies de manipulació.

Actualment, la majoria de les interfícies d'usuari per a sistemes operatius són de manipulació directa i permeten a l'usuari fer moltes de les funcions de forma visual. Així, l'usuari pot arrossegar els fitxers, obrir-los, canviar-los el nom, etc. d'una forma més natural. Les interfícies de manipulació directa no es consideren un disseny d'interfície sencer i, per tant, necessiten el complement d'altres dissenys per oferir més suport de comunicació a l'usuari; per això, gairebé sempre estan relacionades amb les interfícies d'icones. Quan s'actua sobre una icona, normalment aquest realitza alguna acció addicional per informar l'usuari que ha estat activada; és com una mena de realimentació de l'activació. L'operació més normal és que les icones canviïn de color. Amb un increment del rendiment dels processadors i amb un increment de memòria es poden veure icones animades que fan algun tipus de moviment que n'indica la funcionalitat (i que fan gràcia).

El disseny d'icones té quatre característiques específiques:

- S'han de reconèixer: és molt important la rapidesa i exactitud amb què una icona és reconeguda.
- S'han de recordar: un cop conegut el significat, s'ha de poder recordar fàcilment.
- No s'han de confondre: una icona que compleix una funció específica s'ha de poder discriminar d'altres de semblants.
- Han de ser petites: d'aquesta manera es podran ordenar totes les icones a la pantalla (vegeu la taula 3.2).

Aquesta última característica respecte a la grandària és important perquè permet deixar més àrea de treball a la finestra de l'aplicació principal, però també suposa un desavantatge molt gran, ja que una icona petita requereix un esforç més gran de disseny, costa més de reconèixer i, a més, és més difícil de veure i de triar. A la taula 3.2 mostrem la grandària de les icones de diferents sistemes.

Plataforma	Petit	Gran
APPLE	16 x 16 pixels	32 x 32 pixels
OS/2 IBM	16 x 16 pixels	32 x 32 pixels
WINDOWS Microsoft	16 x 16 pixels	32 x 32 pixels
PenPoint	18 x 26 pixels	34 x 44 pixels

Taula 3.2.- Grandària d'Icones per Plataforma [FOW 95]

Òbviament, les icones són funcionals si només en considerem una part, però no podem omplir tota la pantalla d'icones. A la figura 3.5 es pot veure el cas d'un processador de paraules i una quantitat exagerada de les possibles icones que es podrien tenir activades alhora. Però ningú no podria treballar així ja que no deixa lliure ni un terç de la pantalla per escriure-hi o visualitzar un text.



Fig. 3.5.- Excés d'icones a la pantalla en WORD 2000

[BEW 83 i PRE 90] presenten un report d'experiments de diferents icones i [HEM 82 i MAR 84] exposen els seus comentaris sobre el disseny d'icones. Horton [HOR 94] també presenta un estudi complet d'icones i els seus dissenys. Actualment tots els programes són enterament interactius i, per tant, gairebé tota la pantalla, o qualsevol objecte, té una funció determinada quan l'usuari l'activa, si bé pot ser que no hi hagi cap mena d'icona representada. Per això és pertinent preguntar-se: ¿es pot parlar d'una icona gegant? Exemples de les interfícies de manipulació directa les podem trobar en alguns sistemes operatius (Mc Finger, OS X, Gnome, KDE, Windows 2000, Win XP, X Window, etc.) o en alguns programes (Simulink, Orcad, Xilinx, etc.).

3.5.3.- La Barra de Menús

La barra de menús és àmpliament utilitzada per tota mena d'interfícies (gràfiques i no gràfiques). La funcionalitat i la versatilitat d'aquest element (amaga totes les funcions i només és una barra que ocupa molt poc espai) fan que sigui present a tots els programes com a eina d'interfície auxiliar. La seva sola presència fa que molts usuaris tinguin confiança respecte a l'ús dels programes. Es pot veure que en els programes que permeten amagar aquesta barra, pocs usuaris l'amaguen; això es deu al fet que, d'una banda, és molt poc l'espai que s'estalvia a la pantalla (només una línia) i, de l'altra, produeix una sensació de control de l'usuari sobre la interfície.

Allò que no es podia fer amb les icones, ja que ocupaven molt espai a la pantalla, ara es pot fer amb la discreció dels menús desplegable, que apareixen quan l'usuari els tria de la barra de menús. La barra de menús redueix les necessitats dels usuaris de recordar les funcions del programa, ja que estan agrupades per similitud funcional; quan l'usuari les activa, apareix el menú d'operacions.

3.5.4.- Altres Formes de Diàleg

En el món informàtic es poden trobar altres formes de diàlegs gràfics, i amb l'increment del rendiment dels processadors segurament en sorgiran d'altres de més interactives. Entre aquestes altres formes de comunicació, podem trobar:

3.5.4.1.- *What You See Is What You Get (WYSIWYG)*

Aquest concepte significa que “el que veus és el que tindràs”, que resumeix la necessitat de poder veure a la pantalla de l'ordinador el que realment es vol obtenir. És el cas més conegut dels processadors de textos; és a dir, que si com a introducció a un capítol hem escrit una frase amb lletres grosses, hauriem de veure-la a la pantalla tal com la volem i com sortirà impresa:

```
[títol][lletres grandària = 36][tipus lletra = Algeriana][ressaltat][centrat]
Un Estil no WYSIWYG
[fi centrat][fi ressaltat][fi tipus lletra][fi lletres grandària][fi títol]
```

Est il WYSIWYG

Actualment les interfícies virtuals no són del tot WYSIWYG perquè la qualitat de les presentacions del món real encara són molt complexes amb relació a les capacitats dels programes de realitat virtual; així, només es poden veure imatges de l'entorn poc nítides i una mica grosses respecte a la realitat.

Els usuaris més visionaris esperen veure a la pantalla del seu ordinador la qualitat de les imatges de televisió. Aquesta realitat i textura de les imatges en aplicacions de temps real encara no és gens fàcil aplicar-la als ordinadors actuals. A més a més, les interfícies virtuals exploten la possibilitat de veure allò que no es veu i canviar les característiques dels objectes per fer-los més fàcils d'entendre. Per tant, encara que la característica de WYSIWYG sigui una bona solució perquè l'usuari entengui allò que veu, la realitat virtual va una mica més enllà i mostra allò que potser no existeix (la indicació del nord, etc.).

3.5.4.2.- *Interfícies de Llenguatge Natural*

Aquesta és la forma d'interacció que té més futur i del que més es tracta a totes les obres de ciència-ficció futuristes: possibilitar a les persones comunicar-se directament amb l'ordinador de forma natural fent servir els llenguatges quotidians; d'aquesta forma tothom podria fer servir les interfícies. Aquests sistemes poden funcionar mitjançant el teclat o la veu; en qualsevol cas, l'usuari només diu (o escriu) el que vol de la forma més natural que pot fer-ho.

Els sistemes de reconeixement de la veu encara no estan prou desenvolupats per entendre la conversa de qualsevol usuari, ja que aquests sistemes són molt personalitzats. Les noves versions dels sistemes operatius del futur vindran amb el reconeixement de funcions per la veu, que només és una versió limitada d'aquesta forma d'interacció. Fins fa pocs anys, aquesta tecnologia treballava regularment i exclusivament per teclat. Estava limitada al conjunt d'instruccions del sistema i només podia fer allò que podia entendre (d'acord amb el diccionari intern). Malgrat la facilitat que aquest sistema suposa, no deixa de ser qüestionable la seva comoditat: ¿com es deuen sentir els usuaris parlant

a una màquina que parla poc?. D'altra banda, la vulneració de la intimitat de l'usuari és uns dels aspectes que es qüestionen més en aquests tipus d'interfícies orals.

3.5.4.3.- Finestres de Menús amb Carpetes

Una altra forma comuna d'interacció amb l'usuari és la utilització de finestres de menús amb carpetes on l'usuari ha d'omplir uns camps buits o triar algunes opcions de tot un conjunt; aquestes opcions poden ser inclusives o exclusives. Aquestes finestres de diàleg han d'estar molt ben distribuïdes per no confondre l'usuari i, normalment, s'ajuden amb línies divisòries per agrupar les dades que són similars.

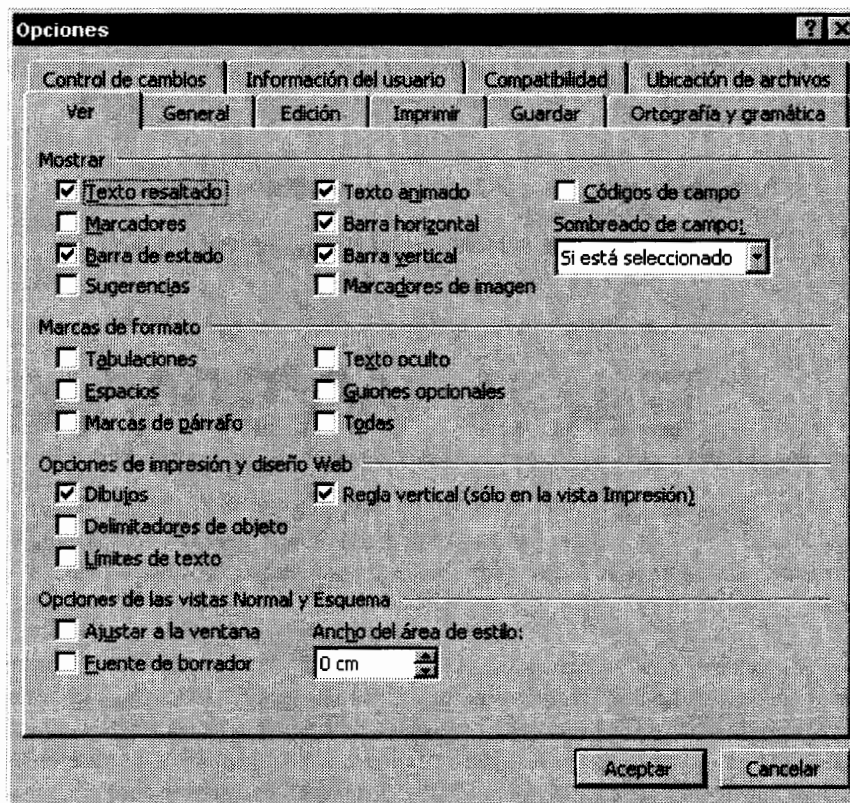


Fig. 3.6.- Finestra de menú d'opcions del MS WORD 2000

Com es pot veure a la figura 3.6, els diàlegs serveixen per demanar informació, però també per presentar la configuració per defecte, conceptes moltes vegades relacionats entre si. D'aquesta manera, l'usuari pot canviar molts paràmetres d'un sol cop. Per organitzar molts paràmetres diferents en una sola finestra de menú es poden utilitzar carpetes, cada una senyalitzada amb una pestanya.

L'avantatge de les finestres de menú amb carpetes és que poden mostrar un conjunt de valors per defecte, en el qual l'usuari ha de triar el valor desitjat. La complexitat de les finestres de menú pot créixer en la mesura que es vulgui oferir el control del sistema a l'usuari. A la figura 3.4 es pot veure la finestra de menú per donar format en Word versió 7; per tal d'evitar l'ús abusiu de la pantalla, el menú s'organitza en forma de carpetes amb pestanyes que sobresurten.

3.5.4.4.- Comparació dels Diferents Estils de Presentació

En general, a partir de tota la informació descrita abans, podem presentar la taula 3.3 i la gràfica 3.7 amb un resum de totes aquestes característiques:

Paràmetre	WYSIWYG	Manipulació Directa	Selecció per menú	Formes "fill in" (formulari)	Comandes	Llenguatge natural (per teclat)
Temps d'aprenentatge	Baix	baix	mig	baix	alt	baix
Velocitat d'us	-	mig	mig	alt	alt	mig
Seguretat d'utilització	Baix	baix	baix	baix	alt	alt
Extensibilitat	Baix	baix	mig	mig	alt	Alt
Requeriments de teclat	-	cap	cap	alt	alt	Alt

Taula 3.3.- Comparació de set estils d'interfícies

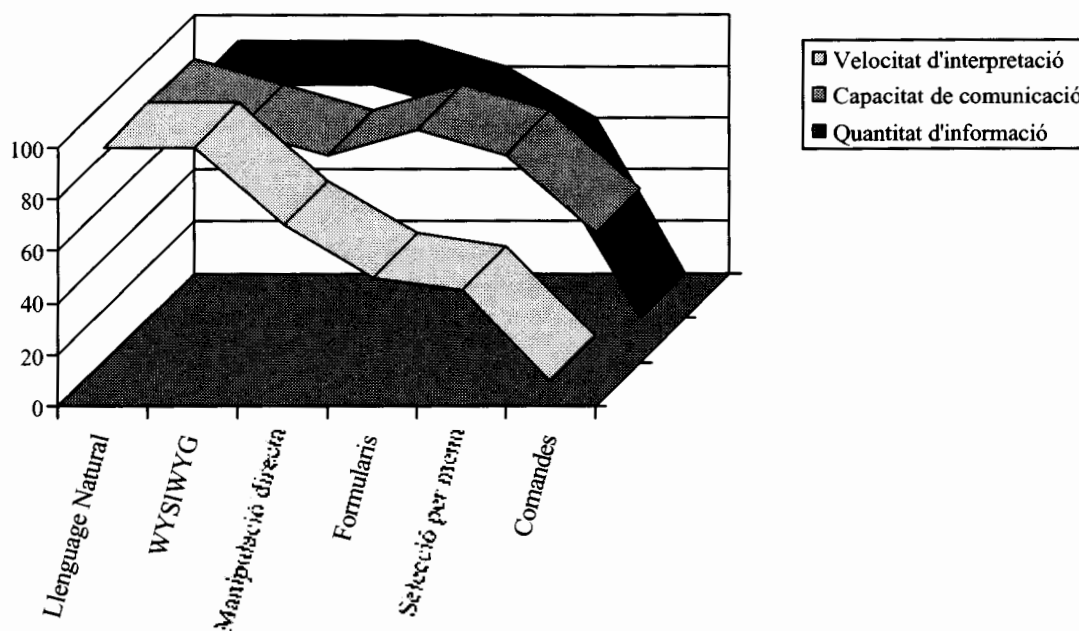


Fig. 3.7.- Gràfica d'informació en diferents sistemes

3.6.- Disseny de Dispositius i Controls

Les interfícies per a programes actualment van cap a interfícies basades en icones. Per facilitar la tasca de l'usuari i fer-li més fàcil reconèixer la icona, tenen una representació semblant a la funció que executen. Molts usuaris estan acostumats a veure els panells d'indicació industrial, sobretot els que han treballat en alguna tasca semblant. Així doncs, les primeres interfícies industrials van intentar imitar aquests visualitzadors. Instruments rodons i de forma sectorial: són adequats per a la verificació i per donar informació qualitativa. L'escala pot ser mòbil o no; en aquest últim cas, els indicadors s'han de moure (l'agulla és fixa).

- Escalles horitzontals i verticals amb punters mòbils: són bones per donar informació qualitativa i estalvien molt espai a la pantalla.
- Instruments alfanumèrics: mostren el resultat en números o lletres, per la qual cosa forcen l'usuari a llegir. És un instrument adequat quan es volen tenir mesures precises del procés i, a més, ocupen poc lloc a la pantalla.

La selecció de l'instrument visualitzador més adequat depèn moltes vegades del sistema amb què es treballa, però poder-lo reproduir en un programa també depèn de les facilitats del programa. Algunes aplicacions ofereixen un bon conjunt de possibilitats, però no permeten la inclusió d'altres esquemes de presentació. Així doncs, el programador només pot limitar-se a utilitzar els recursos de què disposa.

3.7.- Seguretat d'Utilització de la Interfície

Remond i Moore comentaven que els éssers humans no poden ser precisos i que, per tant, els errors són freqüents [RED 95]. Així, és lògic creure que els diferents tipus d'usuaris tindran un elevat percentatge d'errors de tota mena en l'ús de qualsevol programa. [NOR 81, MUN 95 i REA 90] exposen els errors que normalment tenen lloc en la utilització de les interfícies d'usuari. El percentatge d'error, d'acord amb l'anàlisi de la literatura de l'àrea HCI, són del voltant del 20%. En general, aquests autors van veure que existien dos tipus d'errors en la utilització d'interfícies:

- **Errors de desconeixement d'utilització** (errors of commission): són els errors que apareixen quan l'usuari està fent servir una aplicació nova o una nova comanda dins del programa i no és capaç d'executar l'activitat perquè no coneix la seqüència que li permet fer-ho.
- **Errors per equivocació** (errors of slips): són els errors que tenen lloc quan l'usuari coneix l'opció perquè ja hi ha treballat abans i se suposa que la domina bé, però l'escriu malament o no escriu la comanda sencera o no introdueix tots els paràmetres o pitja el botó equivocament.

En el primer cas, els errors són de naturalesa aleatòria, fins i tot d'exploració, mentre que en el segon cas l'error està relacionat d'alguna forma amb l'acció desitjada o correcta. Els experts estan preparats per detectar i corregir errors [KIT 95]. Els errors s'han de tractar amb cortesia; com diu Powell, "dóna el tractament que voldries per a tu" [POW 90]. Els sorolls o alarmes són eficaços per als usuaris normals, però comporten problemes de vergonya; així doncs, és millor evitar les crides d'atenció que puguin arribar a altres persones fora de l'usuari principal que ha fet un error, si no és que es tracta d'un senyal d'emergència d'interès general (destinat a totes les persones presents).

3.8.- La Importància del Color a les Interfícies

Els colors tenen diferents interpretacions per a diferents persones, sobretot quant pertanyen a cultures diferents. Per exemple, els indis americans tenen moltes paraules per reconèixer les diferents tonalitats del color verd, que és molt important per a ells perquè així saben quan han de migrar d'una zona a una altra; gràcies a aquesta percepció determinen l'arribada de les estacions i defineixen els dies de recollida de certes fruites. Però fan servir la mateixa paraula per a colors que per a nosaltres són molt diferents.

L'ull humà percep els colors de forma molt diferenciada: vermell, verd, blau, i sobretot els contrastos: blau/negre, marró/blau; els colors també són percebuts de manera diferent per cada persona. Johannes Itten, en el seu clàssic llibre "The Elements of Color" (1970), i a la seva obra posterior titulada "The art of color: The subjective experience and objective rationale of color" (1997), descriu els principis que governen els sentiments subjectius i objectius del colors i els seus contrastos [ITT 70 i 97].

3.8.1.- La Visió del Color

Hi ha autors que consideren que el color no és una qualitat física, sinó que més aviat es tracta d'una interpretació psicològica que donem a la longitud d'ona de la llum. Aquesta és una afirmació molt complexa per poder explicar a un cec com són els colors, però el que sí que podem fer és descriure'ls.

Sempre obtindrem el color verd si combinen la mateixa quantitat de blau i groc; a més, si algú ens pregunta com és el to rosat, podrem dir que es tracta d'un vermell clar, de tonalitat més suau i, malgrat que hi hagin molts colors semblants que entraran en aquesta interpretació, no hi haurà ningú que pensi que es tracta del color blau. Una qüestió molt diferent és la interpretació que donem als colors. Els colors són sensacions que es reben pels ulls. La llum que es reflecteix en els objectes arriba al nostres ulls. Les longituds d'ona que aquests capten tenen associades un valor específic que interpretem com un color en particular. La interpretació psicològica d'aquest fet és que els colors impliquen una experiència i, per tant, cada persona els interpreta de forma diferent i també cadascú els fa servir de forma diferent. En qualsevol cas, la interpretació del color prové de tres aspectes diferenciats, que mostrem a la Taula 4:

<i>Característica Física</i>	<i>Aspecte que es rep</i>
Longitud d'ona (color pur)	Color (vermell, blau, groc, etc.)
Luminància	Brillantor
Puresa (tonalitat)	Densitat del color

Taula 3.4.- Característiques físiques i aspectes que l'usuari rep

Entre els aspectes que la persona rep i la interpretació psicològica i mental que se'n pot deduir no hi ha una relació simple.

3.8.2.- Deficiències Visuals

Hi ha persones que no poden diferenciar certs colors. Fins i tot nosaltres, en certes ocasions, ens troben en baixa condició física per distingir bé els colors (vegeu [GOD 91] per a una completa referència de defectes visuals). Per exemple, al voltant d'un 8% d'homes i d'un 0,4% de dones tenen alguna deficiència amb els colors i veuen diferents colors, com mostrem a la taula 3.5. Hi ha casos en què les persones que pateixen alguna malaltia no perceben els colors, o els veuen tots com una escala de grisos.

Tipus de defecte (8 % d'homes i 0.4 % de dones)	<i>Color que veu l'usuari sota condicions normals</i>			
	<i>vermell</i>	<i>verd</i>	<i>blau</i>	<i>groc</i>
Receptors dèbils del color blau (malaltia molt rara)	vermell	verd	blau suau	groc suau
Receptors dèbils del color vermell (1 % d'homes i 0.02 % de dones)	vermell suau	verd	blau	verd-groc
Receptors dèbils del color verd (4.9 % d'homes i 0.001 % de dones)	vermell	verd suau	blau	verd-vermell
Receptors blaus inactius (0.03 % d'homes i 0.001 % de dones)	vermell	verd	blanc	blanc
Receptors vermell inactius (1.0 % d'homes i 0.02 % de dones)	blanc	verd	blau	verd suau
Receptors verds inactius (1.1 % d'homes i 0.01 % de dones)	vermell	blanc	blau	vermell suau
Absència de receptors de colors (0.003 % d'homes i 0.002% de dones)	Tot es veuen com una escala de grisos			

Taula 3.5.- Color percebut per tipus de defecte. Modificat de IBM (1979)

En general, les persones d'edat avançada de mica en mica van perdent la percepció del color. Els colors dels objectes depenen del color de la font que els il·lumina. Per exemple, objectes que són blaus, amb llum blanca, es veuen de color porpra quan són il·luminats amb llum vermella. Així, hi ha molts factors que influeixen en la percepció del color, com poden ser el daltonisme, l'edat, el tipus d'il·luminació, l'estat físic, etc. El daltonisme el pateixen les persones que no poden diferenciar els colors

verd i vermell o bé tenen propensió a veure el color groc dins de tota la seva escala de tonalitats [BUR 94].

3.9.- Disseny Gràfic per a una Efectiva Comunicació Visual

En tota conversa és important que tots el que hi participen parlin de forma ordenada. Això també és el que espera l'usuari que faci la interfície cada vegada que realitzi alguna acció; és a dir, la retroalimentació o feedback que tingui del sistema permetrà comprendre millor què s'està fent.

La taula 3.6 ens dona informació sobre els paràmetres i les quantitats que cal considerar a l'hora de dissenyar una interfície. En cap cas no s'haurien de sobrepassar els límits establerts com a recomanables per a la percepció dels objectes, els quals en faciliten la interpretació. També es poden combinar estímuls de múltiples dimensions (combinació de diferents paràmetres) per oferir un estímulo més distingible. El cervell intentarà organitzar tota la informació en patrons i estructures, ja que la percepció és un procés actiu i, per tant, integra de forma automàtica les múltiples fonts d'informació sempre que estiguin en el format adequat [BIO 01].

<i>Paràmetre</i>	<i>Nombre de nivells que poden ser discriminats</i>
Alfanumèric, números simples	10
alfanumèrics, lletres simples	26
Color (puresa de les superfícies)	9
Color (combinació de puresa, saturació i brillantor)	24
Llindar preferit	9
Color (puresa de llum),	10
Llindar preferit	3
Figures Geomètriques,	15
Llindar preferit	5
Tamany de formes (per exemple quadrats),	5
Llindar preferible	3
Brillantor de llum	3
Llindar preferible	2

Taula 3.6.- Nombre de nivells que es poden discriminar

Per al disseny de menús i funcions desplegable cal tenir en compte que el màxim nombre de divisions en direcció horitzontal o vertical segueix el nombre màgic de Miller: 7 ± 2 .

3.9.1.- Codificació del Color

Powell [POW 92] diu que el color és l'aspecte del qual els programadors abusen més, ja que la creativitat satura la capacitat de percepció. Però, com diu Baudrillard [BAU 90], els colors també estan carregats d'al·lucinacions lògiques i morals i, per tant, és difícil definir una teoria de preferències de colors perquè canvien entre cultures, amb el pas del temps, segons les persones, segons l'edat, segons les modes i, fins i tot, segons l'estació. A la cultura occidental el color negre es fa servir per als actes de dol, mentre que a la cultura oriental fan servir el blanc per a aquests tipus d'esdeveniments.

Hi ha colors, però, que tenen un significat estàndard, o molt ben conegut, i per això és molt fàcil fer associacions amb els colors que tenen aquesta acceptació [ITT 90] (per exemple, el blau fa referència a l'aigua). El semàfor és un instrument que, òbviament, hi ha a moltes de les poblacions o indrets on hi ha cotxes; el color vermell, situat a la part superior, té el significat estàndard d'"stop" o "atura't"; el groc, al mig, s'entén com una advertència o senyal de precaució; i el verd, a baix, vol dir que es pot seguir endavant, que hi ha via lliure.

Alguns autors comenten que alguns colors tenen una influència física [MER 88, FEH 99, ITT 97]. Això explicaria perquè el vermell fa pujar la pressió sanguínia i la freqüència de respiració, mentre que el blau produeix la sensació contrària. Aquesta relació dels colors i la reacció física va permetre el desenvolupament de la cromatomedicina, que és una teràpia segons la qual algunes malalties es poden tractar a partir dels colors. El color es fa servir com un recurs d'ajuda. A continuació, en donem alguns exemples:

- les habitacions blaves faciliten la cura del mal de cap
- les cardiopaties s'han de tractar en habitacions verdes
- les afeccions de la pell es tracten en habitacions grogues

Hi ha estudis que asseguren que hi ha persones amb problemes de conducta que milloren en habitacions rosades. Per altra banda, existeix una predilecció dels colors d'acord amb l'edat: els nens prefereixen els colors brillants i càlids, com el groc i el vermell, mentre que molts adults prefereixen el blau. El color de moda és un tema molt difícil d'abordar, i canvia d'acord amb les característiques regionals de cada país; per exemple, a algunes noies del Japó els agrada pintar-se els cabells de colors brillants.

El color és un dels estímuls visuals més importants, però no és un requisit fonamental de tots els programes [RED 95]. Els colors ens permeten diferenciar els objectes per veure'ls millor, però molts programes comercials han demostrat que els colors no són fonamentals en les seves aplicacions; per exemple, els processadors de textos i els fulls de càlcul no fan servir gaires colors, i la presentació gairebé no ha canviat des dels seus inicis. Els colors no poden resoldre tots els problemes de distribució de la informació, que és molt important per a la captació de la informació per l'usuari, però de ben segur que ajuden a entendre-la i a visualitzar-la molt millor. Per altra banda, cada persona té gustos diferents. Hi ha molta varietat entre les persones i els seus gustos; així doncs, si algú troba que una combinació de colors és adequada, és raonable acceptar-ho. A més, molts usuaris estan satisfets amb els colors que apareixen als programes per defecte i s'interessen més per les seves aplicacions i treballs.

3.9.2.- Color a Interfícies

El color és realment un aspecte molt complex de tractar. Cadascú té les seves preferències. El color és una poderosa eina de comunicació si s'utilitza correctament, però també pot ser un factor destabilitzador si se n'abusa. El color ajuda a:

- Emfatitzar informació important.
- Facilitar la identificació de subgrups i estructures.
- Emmarcar temps i progrés.
- Reduir errors d'interpretació.
- Incrementar la comprensió.
- Facilitar l'aprenentatge.
- Captar l'atenció dels usuaris.
- Cridar l'atenció en casos urgents o excepcionals.
- Establir una relació especial amb determinats usuaris.

El color té influència en el temps d'aprenentatge i en les reaccions emocionals. Els usuaris recorden i aprenen millor amb colors que amb interfícies en blanc i negre. Fins i tot l'aprenentatge és millor si els colors són els adequats; això fa que els usuaris gaudeixin de la interacció amb la interfície.

El color també té desavantatges, com ara:

- Hi ha persones amb deficiències que no poden diferenciar els colors.
- Alguns colors són desagradables per a algunes persones o els poden causar malestar.
- Pot ser un factor de confusió i, fàcilment, es poden tenir valors culturals diferents.

- És una variable més de programació i una utilització adequada requereix temps i assaig.

En aquest últim cas, cal observar que, pels mexicans, el vermell en el menjar representa un sabor picant, mentre que pels veneçolans el vermell es fa servir més per a les postres. Els japonesos consideren que l'indicador de menjar picant és el color verd.

3.9.3.- Imatges, Símbols, i Icones

A començaments dels noranta, Edward Tufte va presentar un conjunt d'idees que es van conèixer com a “gràfics excel·lents” [TUF 97, 01]. Aquests gràfics, també anomenats “gràfics estadístics amb excel·lència”, consisteixen a comunicar idees complexes amb claredat, precisió i eficiència. Així, els “gràfics estadístics amb excel·lència” han de:

- Mostrar la data.
- Induir l'observador a pensar sobre la “substància” i no sobre la metodologia, el disseny gràfic, la tecnologia de producció gràfica o qualsevol altra cosa.
- Evitar la tergiversació de les dades.
- Presentar molts nombres en un espai petit.
- Fer que el conjunt de nombres grans sigui coherent.
- Encoratjar l'ull a descobrir diferents parts de la informació.
- Mostrar la dada amb diferents nivells de detall, des d'un nivell petit fins a un nivell gran.
- Complir un propòsit específic: descripció, exploració, tabulació o decoració.
- Integar la descripció estadística i verbal del conjunt de dades similars.

Segons Aaron Marcus [MAR 95], alguns programadors han descobert que els paradigmes de les interfícies d'usuari gràfiques (GUI), com Microsoft Windows, Apple Mac, Motif, NextStep, KDE o Gnome, no resoldran la tasca essencial de comunicar visualment les funcions i la data dels programes. Una GUI ben dissenyada hauria de tenir un(a):

- Metàfora comprensible (imatge mental).
- Apropriada organització de dades, funcions, tasques i rols.
- Esquema de navegació eficient entre aquestes dades i les funcions, tasques i rols.
- Aparença de qualitat (com es veu).
- Efectiva seqüència d'interacció (com se sent).

Per a Aaron, els principis de disseny d'interfícies d'usuari són [MAR 95]:

Organització: s'ha de donar a l'usuari una clara i consistent estructura conceptual. Consistència (interna, externa, consistència del món real —real world consistency— i quan no s'ha de ser consistent):

- Distribució de la pantalla (screen layout).
- Relacions clares.
- Facilitat de navegació. S'ha de preveure un punt inicial d'atenció i facilitar la navegació en el sistema.

Economia:

- Maximitzar l'efectivitat d'un mínim nombre d'operacions.
- Reduir el nombre de controls al mínim (KISS method: keep it short and simple).
- Simplicitat: incloure només els elements indispensables.
- Claredat d'operació i de comandes.
- Distinció, ja que les comandes han de poder diferenciar-se fàcilment.
- Èmfasi en els elements més importants.

Comunicació: s'ha d'acoblar la presentació a las possibilitats de l'usuari. La comunicació és el resultat del balanç dels següents factors:

- Legibilitat. Les lletres i els nombres s'han de poder veure fàcilment. Les persones velles tindran problemes per veure les lletres petites. És important que la claredat i la il·luminació de la pantalla estiguin d'acord amb l'entorn de treball.
- Les dades han de ser llegibles i fàcils d'entendre. Això estarà associat al format de la lletra i al color.
- La distribució d'informació (typesetting). Les etiquetes de les caixes de diàleg, menús, panells de control, etc., han d'estar ben distribuïdes, amb separacions que facilitin la lectura.
- Múltiples finestres. Diferents perspectives permetran als usuaris veure més fàcilment què és el que passa.

Els principis del disseny amb color són:

- **Organització del color:** s'ha de fer servir el mateix color per agrupar els elements semblants, de manera que es mantingui la coherència de l'ús.
- **Economia del color:** s'ha d'utilitzar un màxim de 5 +/- 2 colors diferents.
- **Èmfasi del color:** s'ha de fer servir una combinació de colors clarament diferent. També s'han d'estudiar els valors culturals dels colors. Cada persona i cada país tenen les seves característiques; per exemple, les bústies són blaves als Estats Units, vermelles a Anglaterra i grogues a Espanya.

3.9.4.- Habilitat d'Operació Requerides per l'Usuari

Quan un usuari ha de fer servir un sistema, utilitza diferents capacitats i habilitats per assolir la tasca. El coneixement d'una certa activitat s'ha dividit en diferents aspectes, que especifiquem a continuació:

- ⇒ Capacitat perceptiva.
- ⇒ Habilitat cognoscitiva o de pensament.
- ⇒ Habilitat de vigília.
- ⇒ Capacitat de diagnosi.
- ⇒ Habilitat sensorial i motora (habilitat de sentir i de moure's).
- ⇒ Habilitat motora.
- ⇒ Habilitat de control.

Quan un usuari ha de treballar amb un sistema, la seva capacitat perceptiva li permetrà veure i diferenciar cada un dels senyals presents a la taula de control, que normalment són llums i senyals audibles. Els requeriments de percepció per a una determinada tasca normalment són molt elevats i depenen de la quantitat de dispositius d'informació que hi hagi.

L'habilitat cognoscitiva o de pensament està associada a la funció que faci l'usuari dins d'aquest sistema. Normalment, els moderns sistemes inclouen una base de dades que permet a l'usuari accedir a tot allò que necessita; però, encara que tingui totes les dades, la manera com estigui distribuïda la base i saber quines dades ha de fer servir i per a què determinaran la velocitat de la seva capacitat de resposta. Quan l'activitat es converteix en una activitat rutinària, o quan es treballa en condicions normals però de poca activitat, l'usuari pot caure en un estat de baixa estimulació; en aquest cas, és important considerar la seva capacitat de vigília perquè es pugui mantenir alerta i atendre qualsevol senyal. A la figura 3.8 es

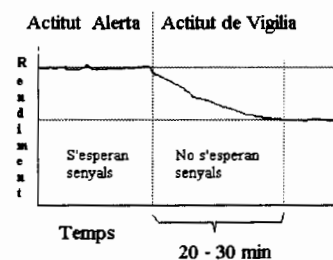


Fig. 3.8.- Actitud d'alerta i de vigília

pot veure el comportament dels usuaris davant l'arribada del senyal en relació amb l'estat de rendiment. En l'actitud d'alerta l'usuari està esperant rebre senyals i té un rendiment del 90-95%, mentre que en la condició de vigília la reacció és d'un 50-70%.

En els casos en què la persona hagi de fer reparacions i treballs de manteniment és necessària la capacitat de diagnosi, que li permetrà determinar les estratègies per resoldre els problemes. L'habilitat de reparar coses requereix una àmplia capacitat de comprensió. En els casos de conducció i treballs manuals és molt important l'habilitat sensorial i motora, a més de la capacitat de percepció, mentre que per a les activitats només manuals i de força és necessària l'habilitat motora. En els casos en què la persona ha d'intervenir manualment en el procés segons la resposta i el comportament, es fa servir l'habilitat de control, que permet saber com s'han de fer les coses i quan cal actuar.

Les interfícies de vehicles teleoperats requereixen totes aquestes habilitats. Les interfícies presenten la informació del procés de diferents formes, i l'usuari ha d'identificar de quines funcions i de quines finestres disposa (capacitat perceptiva) i ha de ser capaç d'interpretar aquesta informació (habilitat de pensament i cognoscitiva). L'usuari intervé directament en aquest procés, que té un alt grau d'activitats manuals associades (habilitat motora i sensorial i motora). Si apareixen problemes, la interfície ha d'ajudar l'usuari, però també cal que l'usuari actuï (capacitat de diagnosi) i trobi la manera de reparar allò que requereix atenció. Hi ha situacions on hi ha pocs senyals d'estimulació, sobretot en llargs viatges (habilitat de vigília), en què l'usuari ha de mantenir-se durant un llarg període de temps atent a la pantalla de treball.

3.10.- Discriminació dels Senyals

En el transcurs de les seves investigacions, Weber i Fechner van trobar que existeix una relació entre com l'ésser humà discrimina millor els senyals i el mínim senyal perceptible: JND (just noticeable difference) [THI 90]. Per exemple, és més fàcil discriminar una llum que s'activa entre deu llums que entre cent. Aquest efecte també es dona en altres àmbits; per exemple, si a un quilo hi afegim cent grams es notarà més que si a cinquanta quilos hi afegim cent grams. A la taula 3.7 mostrem els diferents estímuls i la quantitat màxima d'estímuls que es poden sentir al mateix temps. Aquesta taula només és aproximativa, i s'ha elaborat a partir de les reaccions de persones entrenades a treballar amb els estímuls que s'hi exposen.

Nombre de Variacions de diferents estímuls			
Estímul	Màxim	Recomanat	Eficiència
Colors			
Llums	10	5	Molt bona
Superficials	50	9	Bona
Disseny			
Lletres i nombres	Textos il·limitats	?	
Geomètric	15	5	
Figures i diagrames	30	10	Bé
Magnitud			
Superfícies	6	3	satisfactòria
Longitud	6	3	satisfactòria
Il·luminació	4	2	insuficient
Freqüència (flaix)	4	2	insuficient
So			
Freqüència	(gran)	5	bona
To			
Timbre	(gran)	2	Satisfactòria

Taula 3.7.- Nombre de Variacions de diferents estímuls [THI 90]

Weber i Fechner van determinar que, en general, els petits increments en estímuls de baixa intensitat suposen una experiència psicològica més gran que el mateix increment proporcional en estímuls de gran magnitud. A partir d'aquesta base van establir la següent relació, que determina el nombre de JND que porta cada senyal:

$$n = K * \log I$$

on: n: és el nombre de JND
K: és una constant que depèn del tipus de senyal
I: és la intensitat del senyal

Com que "n" dona una mesura dels JND per a un estímulo específic, serveix com una mena d'índex per a la percepció psicològica dels senyals. El psicòlegista Stevens va proposar una altra relació, la qual també determina un índex per a la percepció dels senyals. D'acord amb la relació d'Stevens, la relació de la percepció psicològica "P" de la intensitat del senyal "I" és:

$$P = L * I^a$$

on "L" i "a" són dos paràmetres que depenen de la característica del senyal. La taula 3.8 mostra diferents valors possibles per a l'exponent a segons el tipus de senyal.

<i>Sensació</i>	<i>Exponent</i>	<i>Estímul</i>
Só	0.67	To d'una freqüència de 3000 Hz.
Vibració	0.6	Amplitud de 250 Hz en el dit petit
Visualització de línia	1.0	Línia dibuixada.
Visualització d'àrea	0.7	Quadre dibuixat
Velocitat visual	1.0	Desplaçament de objectes amb llum.
Sabor salat	1.4	Sal
Sabor dolç	0.8	Sacarina
Olor	0.6	Heptà
Fred	1.0	Metall fred en contacte amb el braç
Calor	1.6	Metall calent en contacte amb el braç
Potència muscular	1.7	Contraccions estàtiques
Carrega	1.45	Aixecant pes
Xoc elèctric	3.5	Corrent per el dit petit de la mà
Il·luminació	0.3	Font puntual

Taula 3.8.- Valors per l'exponent "a" per a diferents senyals [THI 90]

Aquest treball, aplicat a la interacció i les interfícies d'usuaris, mostra que existeixen diferents vies per estimular l'usuari, i que cada una d'aquestes vies té un grau d'estimulació diferent, segons els sentits que es facin servir.

3.11.- Temps de Reacció

El *temps de reacció* és el que triga l'usuari des que rep un senyal d'estímul fins que fa una acció adequada a l'estímul [EBE 94]. Aquest temps està en gran part associat a situacions dolentes, és a dir, quan l'usuari rep un senyal d'emergència i ha de respondre a una acció de forma immediata. Per exemple, a la interfície s'activa un senyal que diu que el robot teleoperat té problemes amb les bateries; aleshores l'usuari ha de reaccionar fent una acció correctora adequada. El temps que triga des que rep i interpreta el senyal fins que reacciona adequadament és el temps de resposta.

La major part del temps de reacció es perd en interpretar l'arribada del senyal i en interpretar el senyal en el cervell. Segons quin sigui el tipus d'estímul, el senyal ha de passar per l'òrgan sensor (ulls, nas, pell, etc.) i recórrer tot el sistema nerviós fins arribar al cervell; aquí és on s'ha de determinar la naturalesa del problema i escollir l'acció correctora més raonable per a la situació; després, amb la decisió ja presa, s'ha d'activar el múscul adequat.

Els temps de reacció depèn dels músculs que participen en l'acció, de la condició de l'usuari, és a dir, si està a punt per rebre el senyal o distret, de l'edat, de l'estat de salut, etc. La taula 3.9 mostra alguns temps de reacció en condicions normals (els usuaris no estaven preparats per reaccionar). En aquesta taula es pot veure que els millors temps de reacció provenen de l'oïda i del tacte; així, en condicions crítiques aquests serien els sentits idonis que caldria aprofitar en cas de necessitar una alta velocitat de resposta.

<i>Sentit</i>	<i>Temps de Reacció aproximat (ms)</i>
Oïda i tacte	140
Visió	180
Olfacte i gust	500 – 1000

Taula 3.9.- Temps de reacció aproximat per als cinc sentits [EBE 94]

3.11.1.- Màxima Velocitat als Estímuls

L'ésser humà té una limitada capacitat de prendre decisions. Gairebé només podem prendre una decisió cada vegada. Aquesta limitació ha fet que les persones es vegin com un sistema d'un sol canal, amb una limitada velocitat de referència. Si a un usuari li arriben moltes dades simultàniament, el que farà és desar-les a la memòria temporal per centrar-se en la primera que li ha arribat. Fins i tot pot passar que l'usuari es desorienti i no sigui capaç de respondre, o bé que se sature i ja no pugui continuar.

Els estudis demostren que l'ésser humà no pot manejar més d'un senyal per cada 300 milisegons, o prop de 3 senyals per segon. Amb aquesta freqüència es pot veure que l'ésser humà té una capacitat de reacció de menys de 3 radians/per segon. Per tant, l'ésser humà no serà mai un bon controlador per a sistemes més ràpids de tres senyals per segon. L'ésser humà, que treballa molt a poc a poc, pateix una deficiència per seguir senyals ràpids. Aquesta mancança es pot resoldre amb un bon entrenament i un sistema ben programat, que disposi de pocs senyals per discernir però molt ben diferenciats; amb aquest sistema una persona podrà arribar a 10 cicles per segon. A la pràctica, la velocitat de les decisions és considerablement més lenta i, per tant, en els casos més normals només es pot parlar de dues decisions per segon.

3.12.- Les Persones Grans i la Utilització de les Interfícies d'Ordinador

Se sap que, a mesura que passa el temps, les persones pateixen una degradació de les habilitats. Aquesta degradació es podria resumir amb els símptomes que generalment pateixen les persones velles:

- Disminució progressiva de les capacitats visuals cromàtiques, que poden anar associades amb pèrdues de les habilitats de reconeixement de colors; la capacitat de diferenciar els tons cau marcadament i, amb el temps, les lents dels ulls agafen una coloració groga que fa que les persones vegin més el groc i menys el blau [BUR 94].
- Pèrdua de resolució visual, per la qual cosa tenen dificultat per veure els objectes petits o reconèixer-ne la forma, i també necessiten més temps per adaptar-se als canvis de llum. Així, les icones petites són difícils de veure i de diferenciar.

- Reducció de les habilitats auditives; d'altra banda, el rang de freqüències audibles és més estret. A poc a poc el lllindar auditiu va pujant, i per això no poden sentir senyals de baix volum.
- Reducció significativa de les habilitats motores pel que fa a força, rapidesa i precisió.
- Allargament del temps de resposta per a la majoria dels senyals. Així doncs, l'activitat s'hauria de fer més a poc a poc a fi d'evitar la necessitat de reaccionar ràpidament.

Aquests conjunts de consideracions defineixen un altre entorn que cal tenir en compte en el cas de les persones d'edat avançada. El disseny especialitzat implica temps d'entrenament més especialitzat i llarg. Les persones no veuran igual els colors de la interfície i, a més, trigaran un temps a adaptar-se als canvis de llum i intensitat. La problemàtica del color obligaria a fer una interfície amb colors i tonalitats programades. Els problemes de psicomotricitat poden afectar la utilització dels sistemes perifèrics d'entrada (ratolí, ratolí de bola, estoreta, teclat, etc.), o és possible que calgui adaptar sistemes perifèrics específics. Si bé els òrgans i les funcions motores canvien i es deterioren amb el temps, les persones grans conserven les habilitats mentals¹ i les capacitats organitzatives, i pot ser, fins i tot, que aquestes habilitats tinguin el mateix rendiment que a la joventut o que siguin millors gràcies a l'experiència. L'efecte sobre la capacitat auditiva es pot corregir dissenyant una interfície amb so programable, de manera que es pugui apujar el volum i canviar les freqüències.

El pas dels anys té un efecte mínim en les tasques en què s'han de prendre decisions difícils i complexes. De fet, l'experiència i la motivació són els factors més importants per a l'eficiència. Així, l'activitat de les persones velles podria estar orientada a la supervisió o a tasques en què no calgui la rapidesa d'acció. Alicia Casals i Josep Amat, de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), han desenvolupat tecnologies que ajuden els disminuïts físics i les persones grans. En aquest sentit, han desenvolupat diversos tipus de robots [CAS 98 i CAS 99] i una cuina robotitzada anomenada CAPDI.

3.13.- El Procés Normatiu: Normes i Guies

Al principi, els investigadors estaven molt ocupats intentant fer un ordinador que funcionés bé i que pogués complir les expectatives que s'hi havien posat. Aquest és també el cas dels robots i de qualsevol altra línia d'investigació avançada del passat. Aleshores el tema de les interfícies no era motiu de preocupació, primer perquè les persones que havien de fer servir els ordinadors estaven molt preparades, i després perquè els processadors d'aquella època gairebé només podien fer allò que se'ls encomanava. De tota manera, cal considerar que desenvolupar interfícies suposa una inversió en temps que aleshores no es podia mantenir. Avui dia, però, aquesta norma ja no es compleix. Els dissenys han de partir de les necessitats dels usuaris i, per tant, han de facilitar al màxim l'ús dels ordinadors.

Aquesta preocupació per facilitar l'ús dels ordinadors i altres equips sofisticats ha generat un conjunt de guies i normes que defineixen les característiques de les interfícies (vegeu "Etapas científicas de l'ergonomia", al capítol 2), que tenen diferents graus d'aplicabilitat segons el nivell de detall que donen. Com més detallada sigui la norma, aquesta serà més completa perquè pugui ser implementada pel dissenyador, però també estarà més adreçada a una aplicació específica. Aquestes normes es podrien classificar de la manera següent:

- Estàndards d'interacció
- Guies de disseny d'interfícies
- Guies comercials
- Guies del client

Per altra banda, també hi ha autors que defineixen altres tipus de principis o guies, d'acord amb la generalitat que presentin. En aquest sentit, Schneiderman [SCH 97] ha definit tres tipus de nivells:

¹ Les persones velles que es mantenen actives psíquicament mantenen tot el potencial d'una persona jove [SCH 95].

1. **Teories i guies d'alt nivell:** defineixen el marc general del que es tracta i no es depèn de l'aplicació.
2. **Principis de nivell mitjà:** permeten la creació i la comparació d'alternatives de disseny. Per exemple, les regles d'or del disseny formen part d'aquests principis de nivell mitjà.
3. **Guies pràctiques i específiques:** defineixen les regles específiques que cal complir per a una aplicació molt concreta.

De tota manera, hi ha altres autors amb opinions diferents, com Preece [PRE 94], que considera dos nivells de principis de disseny: alt nivell i baix nivell, i Baecker [BAE 95], que només considera els principis i les regles com a sinònims. A continuació descrivim les diferents classificacions de normes existents, on es veurà que un mateix estàndard ofereix una exigència d'alt nivell i una especificació de baix nivell.

3.13.1.- Estàndards d'Interacció

Els estàndards, en alguns casos, tenen una aplicació obligatòria. Un exemple d'aquestes normes són les normes militars: MIL-STD-1472C, definides per unificar i facilitar les interfícies dels sistemes militars. Molts dels proveïdors de sistemes militars havien de complir aquestes normes si volien vendre els seus productes al govern americà (vegeu "Etapa Científica de l'Ergonomia, al capítol 2). Aquestes normes són generals i específiques de com s'han de dissenyar les interfícies i com fer fàcil l'ús de tot el sistema. Exemples d'aquestes normes són:

5.15.3.2.1 **Standardization:** The content of displays within a system shall be presented in a consistent, standardized manner.

Aquesta norma és molt general (teoria d'alt nivell) perquè encara no especifica què s'ha de fer per assolir aquest objectiu. Però també existeixen normes més concretes (especificacions de baix nivell o guies pràctiques), com

5.15.3.3.2 **Flash.** Flash coding shall be employed to call the user's attention to mission critical events only. No more than 2 flash rates shall be used. Where one rate is used, the rate shall be between 3 and 5 flashes per second. Where two rates are used, the second rate shall be less than 2 per second.

De totes formes, les normes són molt generals o molt simples. La seva aplicació requereix molta interpretació i ajust per poder-les aplicar en un disseny particular segons la funció que aquest hagi de tenir.

3.13.2.- Guies de Disseny d'Interfícies

Hi ha tantes guies com aplicacions, i fins i tot poden semblar contradictòries entre si, però en realitat la seva validesa només depèn de l'aplicació per a la qual hagin de servir. Determinar quina guia s'ha d'aplicar en un cas específic requereix un profund estudi. A diferència de les estàndards, les guies de disseny són recomanacions de professionals que poden o no haver validat aquests conceptes (per exemple, les regles d'or, que es presenten més endavant).

A tot arreu es poden trobar guies: revistes especialitzades, llibres, reports i articles; aquestes guies intenten explicar la millor manera d'enfocar una interfície segons el model que s'estudia. El problema de moltes de les guies de disseny és que són massa antigues i només parlen de sistemes alfanumèrics. El treball d'Smith i de Mosier [SMI 86] és un exemple d'aquesta afirmació. El treball d'Smith és un dels més importants en l'àrea d'interfícies a causa de la quantitat de referències creuades

que presenta en el seu llibre, però moltes d'aquestes recomanacions només són vàlides per a sistemes alfanumèrics que no tenen gràfics i que no fan servir finestres d'informació o d'interacció. La problemàtica de la quantitat de guies de disseny és que, moltes vegades, les aplicacions reals requereixen més llibertat i van més enllà de les estrictes regles que normalment s'expliquen a les guies.

3.13.3.- Guies Comercials

Aquesta és la part més comuna en el disseny d'interfícies: inclou allò que recomana, suggereix o diu que cal fer el venedor del programa o del sistema. Normalment, l'usuari està restringit a tres dominis: la màquina que fa servir, el sistema operatiu de què disposa i les facilitats que ofereix el programa o aplicació final (llenguatge de programació o aplicació semblant). Moltes guies comercials fan recomanacions sobre com presentar els sistemes operatius gràfics per tractar de mantenir la mateixa presentació amb tots els programes que s'executin. Des de la popularització del WINDOWS 3.1, i ara del WIN XP, s'intenta que la majoria de programes procurin tenir aquesta aparença i, així, el programa final que farà servir l'usuari disposarà de les mateixes facilitats. Si algú vol veure les guies d'APPLE, estan disponibles en les ajudes del sistema; igualment, es pot trobar informació d'altres estils d'interfícies en altres sistemes operatius.

L'avantatge de fer servir les guies comercials és que compleixen alguns requisits que faciliten l'aplicació del sistema que volem fer servir; per exemple, les aplicacions en Macintosh són totes molt semblants i mostren les mateixes característiques de menú.

3.13.4.- Guies del Client

El disseny personalitzat consisteix a dissenyar una aplicació específica per al client segons les aplicacions de què disposi i les seves necessitats. Els clients tenen la possibilitat de triar les característiques que vulguin en el seu programa, com el color, les funcions necessàries, etc. Per exemple, un usuari podria voler aplicacions de comptabilitat, bancàries, fulls de càlcul integrats, informació de l'hora i informació borsària integrada en el sistema. Els dissenys personalitzats aprofiten les característiques de les màquines de què ja disposa l'usuari i faciliten les tasques perquè presenten un disseny unificat per a tota l'empresa. Aquests són uns dels dissenys més costosos, ja que això requereix que l'empresa compri un programa fet a la seva mida (o adaptat a les seves necessitats).

3.14.- Les Regles d'Or

De les moltes alternatives i possibilitats que es podrien comentar per millorar les interfícies, n'hi ha tres que cal tenir en compte. Són les següents:

1. **Donar el control a l'usuari.** Els usuaris han de tenir la possibilitat de canviar les coses que vulguin i de poder treballar com millor es trobin, si bé això no vol dir que els usuaris experimentats acabin les feines més de pressa, perquè el més important és treballar tranquil·lament i sense pressions. L'usuari ha de poder canviar els paràmetres que vulgui. Per exemple, si l'usuari vol treballar amb teclat o ratolí, és una opció que ha de prendre ell mateix. Entre altres coses, quan l'usuari té el control espera que la interfície sigui flexible i que es pugui aturar totes les vegades que calgui. A més, l'apartat d'Ajuda ha d'informar l'usuari de com fer qualsevol funció que necessiti.
2. **Reduir la càrrega mental de la memòria.** És complicat treballar amb un programa i haver de recordar com fer anar els comandaments i què volen dir els seus paràmetres. Per facilitar a l'usuari aquesta feina s'han d'aprofitar les presentacions visuals: que les funcions siguin fàcils de recordar i senzilles per poder-hi treballar, que les sintaxis siguin simples i que la distribució de la pantalla estigui ben organitzada.

3. **La interfície ha de ser consistent.** Cal que l'execució de les comandes es faci sempre de la mateixa manera, i han de ser contínues en tot el programa. Per a problemes similars les respostes han de ser similars, i han de mostrar a l'usuari resultats consistents a les seves actuacions.

3.15.- Avaluació Ràpida d'Interfícies: Índex d'Interfícies

En programes molt tradicionals la tasca es realitza en una finestra de treball. Tenim, per exemple, el Word o l'Excel de Microsoft, en què la tasca s'executa en un full de dades; com que aquests programes no tenen altres implicacions, els usuaris normalment només estan interessats en les dades del full de treball. En programes d'aplicacions específiques, com la conducció de vehicles o el comandament de robots, la tasca és més complexa perquè cal tenir més dades de l'entorn de treball (informació de l'entorn, dades dels sensors, estatus intern, etc.) i, alhora, cal tenir la capacitat de fer anar els comandaments del sistema (moure el robot, engagar motors, tancar llums, etc.). Aquesta dualitat de necessitats, visualització de dades i comandament de funcions, ens obliga a avaluar aquest tipus d'interfícies amb aquests dos paràmetres. Una forma de mesurar-les és a partir d'un factor que s'anomena índex d'interfícies. L'índex d'interfícies és només una indicació de com funciona la interfície, i es pot fer servir per a totes dues tasques; visualització de dades o comandament.

En aquest capítol hem considerat els aspectes de disseny d'interfícies i les diferents opcions, com ara comandes, barra de menús i finestres; cada una d'aquestes formes d'interacció té una "càrrega de dificultat". Una part de les teories de la Gestalt (vegeu el capítol 4) es basen en el fet que objectes propers i/o emmarcats semblen tenir una funció relacionada i, sobretot, un funcionament independent. Si agafem, per exemple, el cas de les interfícies presentades en el capítol 2, podem veure que aquestes estan representades per un subconjunt de blocs més petits. En principi, com més simple sigui la interfície, millor, malgrat que a vegades apareguin necessitats que hagin de considerar-se a part. Aleshores, la condició inicial idònia és que una interfície tingui pocs blocs. Això farà que qualsevol usuari pugui entendre-la fàcilment. Després vindrà la part de la comprensió real del sistema, per a la qual la quantitat de blocs té força influència; així, es veurà que existeix una quantitat òptima de blocs per sistema, per interfície, per funcionalitat i per tasca. Aquests valors combinats representen la càrrega visual que tindrà l'usuari a l'hora d'interpretar les imatges quan comenci a fer servir la interfície. A més, s'ha de considerar l'impacte del tipus de dada que es presenta o la diversitat de controls, però una avaluació d'aquesta natura obligaria a tenir en compte l'efectivitat d'aquesta presentació (pot ser que la presentació sigui gràfica però no efectiva, o que hi hagi una gran quantitat de controls i que això no sigui prou efectiu per a la tasca). Així doncs, només cal tenir en compte la quantitat de diferents recursos utilitzats. Per mesurar l'efectivitat de la visualització de dades, es considera la següent escala:

<i>Escala</i>	<i>Funció de visualització</i>
0	Cap dada a la pantalla o dades alfanumèriques
1	Finestra de text
2	Finestra amb números
3	Finestra amb barres i gràfics

Taula 3.10.- Escala en la visualització

L'equació per determinar l'índex de la visualització seria:

$$\text{Índex d'interfícies (Visualització)} = \text{Blocs} * \text{Escala} / (\text{Nombre d'elements visuals}) \quad \text{Eq. 1}$$

Per mesurar l'efectivitat de control es considera la següent escala (Taula 3.11):

<i>Escala</i>	<i>Funció de controls</i>
0	Cap control a la pantalla
1	Icona normal o funcions regulars
10	Diversitat d'icones, incloent-hi funcions interactives

Taula 3.11.- Escala en la visualització

L'equació per determinar l'índex de control seria:

$$\text{Índex d'interfícies (Control)} = \text{Blocs} * \text{Escala} / (\text{Nombre d'elements de control}) \quad \text{Eq. 2}$$

Per a l'avaluació es considera el valor més gran. Aquesta consideració no vol dir res sobre la tasca o sobre la preferència final en la interfície, sinó que només serveix per avaluar l'índex de la interfície sense anar més enllà de l'avaluació inicial.

3.15.1.- Exemple de l'Índex d'Interfícies

A continuació presentem un exemple de com aplicar aquest índex d'interfícies. Agafem la interfície del Sistema VEMI (Virtual Environment Manipulator Interface) [KAB 97a]:

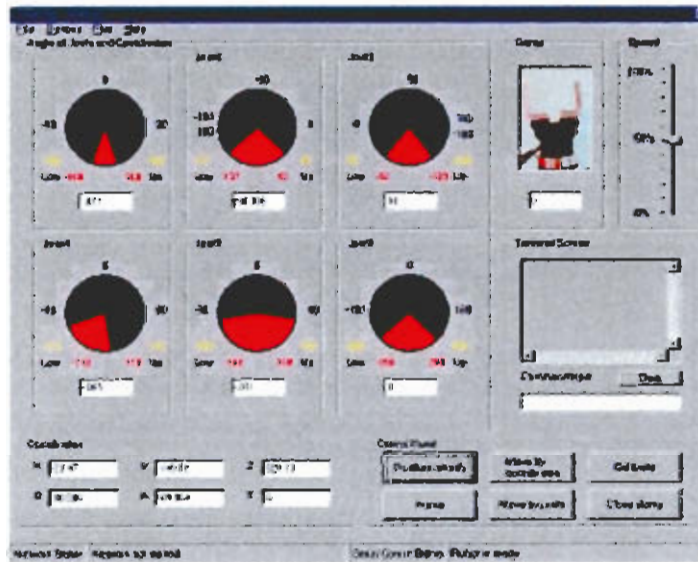


Fig. 3.9.- Interfície del Sistema VEMI (Virtual Environment Manipulator Interface) [KAB 97a]

A continuació indicarem tots els elements de visualització:

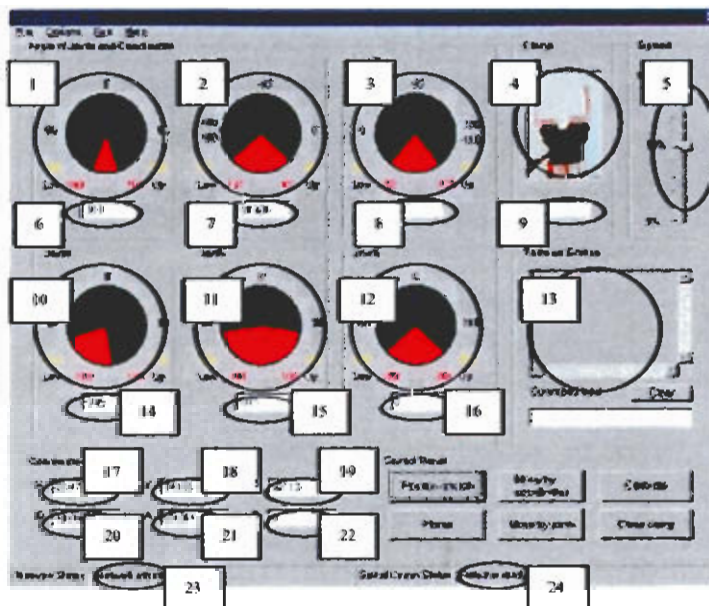


Fig. 3.10.- Elements de visualització en la Interfície del Sistema VEMI

A la figura 3.9 podem veure que hi ha 24 elements de visualització. Cada element es considera com un element independent. Pot ser que a l'aplicació s'hi presentin dades amb dues coordenades diferents per simplificar la tasca als usuaris experts, que volen tenir aquesta informació a mà, però en la determinació d'aquest índex s'han d'incloure tots els elements d'informació.

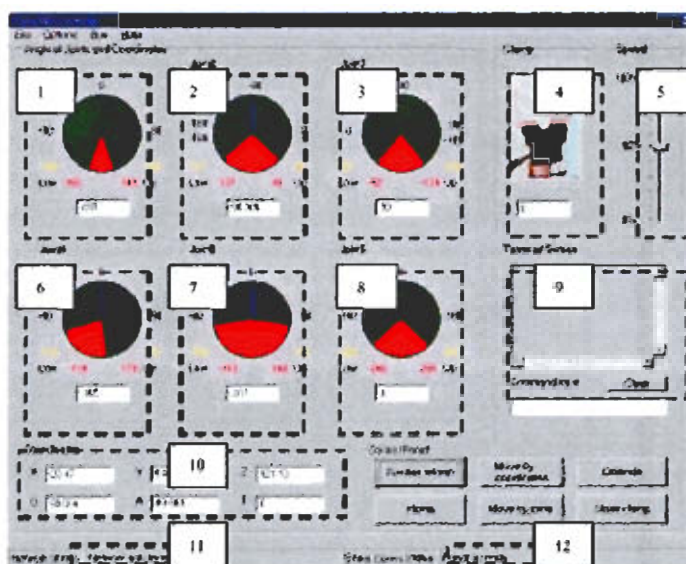


Fig. 3.11.- Bloes de visualització en la Interfície del Sistema VEMI

A la figura 3.11 podem veure que a la interfície hi ha 12 bloes de visualització. Els bloes de visualització s'han de considerar tenint en compte la forma com està agrupada la informació (mares i separació). L'escala de visualització d'aquesta interfície és 2, ja que només presenta gràfies de les dades. En aquest cas, l'índex d'interfície de visualització seria:

$$\text{Índex d'interfícies (Visualització)} = \text{Bloes} * \text{Escala} / (\text{Nombre d'elements visuals})$$

$$\text{Índex d'interfícies (Visualització)} = 12 * 2 / (24)$$

$$\text{Índex d'interfícies (Visualització)} = 1.00$$

Els elements de control són:

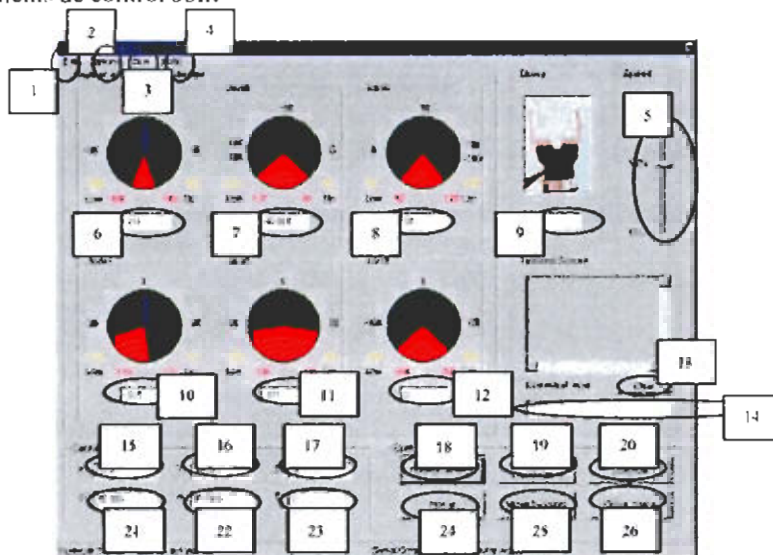


Fig. 3.12.- Elements de control de la Interfície del Sistema VEMI

A la figura 3.12 podem veure que hi ha 26 elements de control. La quantitat de blocs de control es presenta a continuació:

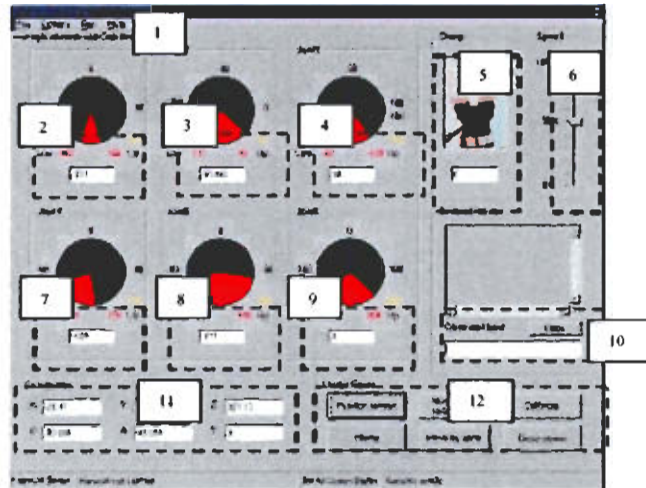


Fig. 3.13.- Blocs de control en la Interfície del Sistema VEMI

A la figura 3.13 podem veure que la interfície té 12 blocs de control. L'escala de control d'aquesta interfície és 1, ja que només presenta icones normals per al control del sistema. En aquest cas, l'índex d'interfície de control seria:

$$\text{Índex d'interfícies (Control)} = \text{Blocs} * \text{Escala} / (\text{Nombre d'elements de control})$$

$$\text{Índex d'interfícies (Control)} = 12 * 1 / (26)$$

$$\text{Índex d'interfícies (Control)} = 0,46$$

3.15.2.- Interpretació de l'Índex d'Interfícies

Les equacions 1 i 2 són una forma quantitativa de considerar la quantitat d'elements que la interfície presenta al mateix temps a l'usuari. La relació de blocs i elements és una manera de mesurar en forma numèrica una necessitat de disseny: les dades són identificades i distribuïdes. El factor que s'ha triat per cada un dels casos (visualització i control) provenen de la idea d'intentar tenir un nombre que tingui un significat raonable, a més de considerar els factors tècnics de les diferents possibilitats. Així, es raonable pensar que si la interfície només fa servir dades alfanumèriques serà més difícil de fer servir que si s'utilitzen números o si s'utilitzen gràfies per descriure la mateixa variable. El factor de control parteix del mateix raonament, però també s'ha intentat fer servir un factor que donaria un valor del mateix ordre de magnitud que l'índex de visualització.


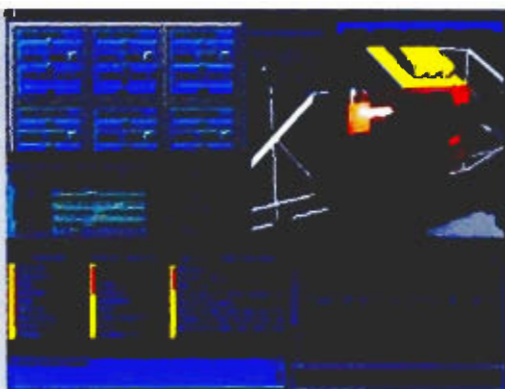
Si analitzem aquests nombres de visualització i control, veurem que si el nombre és més gran d'1 ($> 1,00$), llavors l'índex es pot considerar regular o bo; això vol dir que aquest paràmetre està ben distribuït en la interfície. Si el valor de l'índex és més petit d'1 ($< 1,00$), llavors aquest paràmetre de visualització o control no està ben distribuït (o hi ha massa paràmetres a la interfície i saturarien un usuari nou). En aquest exemple l'índex de visualització va ser d'1, la qual cosa vol dir que la qualitat de les dades de visualització és acceptable (malgrat que hi ha elements que podrien ordenar-se millor). L'índex de control va ser 0,46, la qual cosa vol dir que s'ha de millorar la distribució de control.

L'índex de la interfície no reflecteix la interfície en termes de qualitat de disseny, importància de les dades, distribució de les dades i ordre lògic; tampoc no considera la satisfacció de nous usuaris o el rendiment. Però és una bona aproximació de la seva qualitat en forma genèrica. Una millora que es podria implementar en el futur en aquest índex són consideracions relatives a penalitzar l'existència


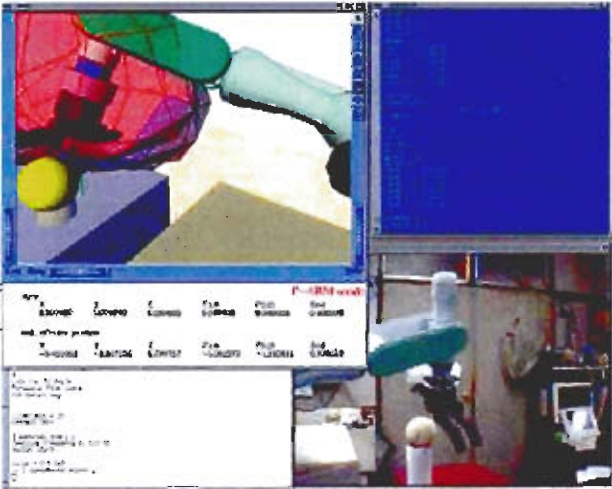

proporcional de dades numèriques (actualment només es té en compte la millor dada present), la seva distribució a la pantalla, i una normalització d'aquest índex per fer-lo més genèric en la comparació d'interfícies.


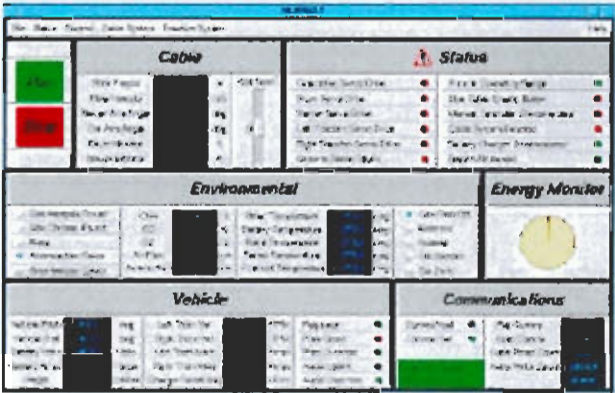
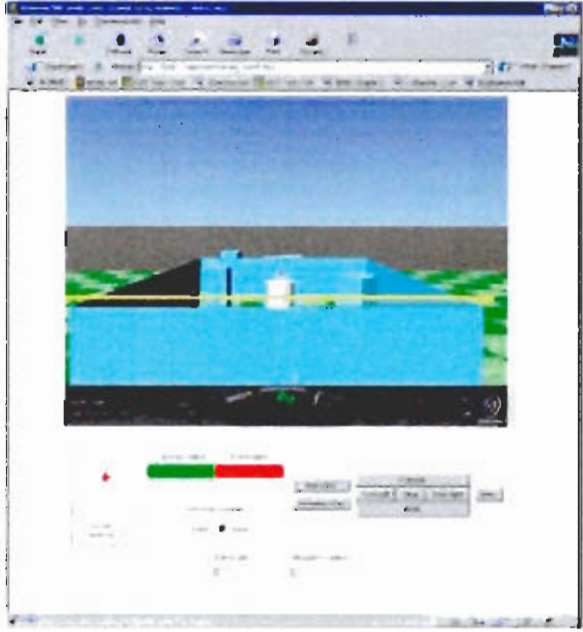
3.15.3.- Aplicació de l'Índex d'Interfícies a les Interfícies Estudiades

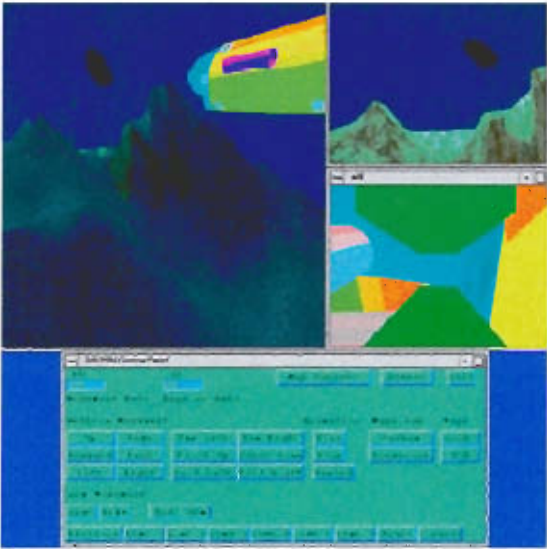
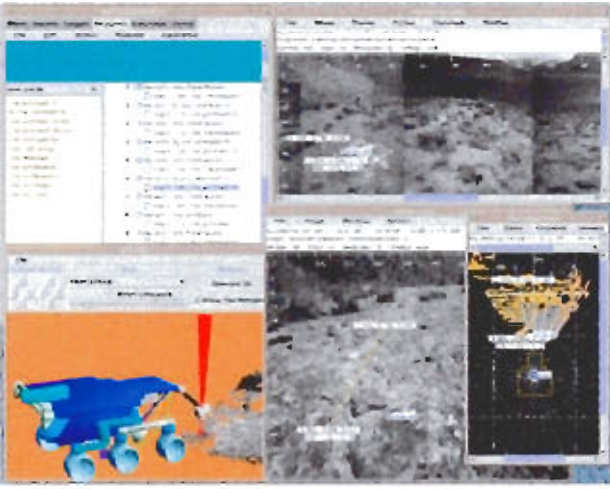
A continuació analitzem algunes de les interfícies estudiades en el capítol 2:

Interfície	Referència	Índex d'Interfície		
		Visualització:	Control:	
	Sistema VEMI (Virtual Environment Manipulator Interface) [KAB 97a]	Elements:	24	12
		Blocs	12	26
		Escala:	2	1
		<i>Total:</i>	1.00	0.46
	Interfície para el robot d'inspecció (RSI) [RAS 97]	Elements:	24	36
		Blocs	9	19
		Escala:	2	1
		<i>Total:</i>	0.75	0.53

Interfície	Referència	Índex d'Interfície		
		Visualització:	Control:	
	Interfície para el braç robòtic en el satèl·lite ETS-VII [WOO 01a]	Elements:	36	26
		Blocs	6	7
		Escala:	1	1
		<i>Total:</i>	0.17	0.27
	Interfície de Teleoperació per la Internet del robot d'Austràlia http://telerobot.mech.uwa.edu.au/ [TAY 95, TAY 97]	Elements:	17	21
		Blocs:	5	6
		Escala:	1	1
		<i>Total:</i>	0.29	0.29
	Interfície d'Usuari del sistema ARS/A [TSU 96]	Elements:	21	7
		Blocs:	4	3
		Escala:	1	1
		<i>Total:</i>	0.19	0.43

Interfície	Referència	Índex d'Interfície		
		Visualització:	Control:	
	Interface d'usuari Sistema VR [TAN 99]	Elements:	20	57
		Blocs:	8	12
		Escala:	3	10
		<i>Total:</i>	1.2	2.11
	Interfície del Sistema DARTS [WOO 01]	Elements:	27	16
		Blocs:	5	5
		Escala:	1	2
		<i>Total:</i>	0.19	0.63
	Interfície RANGER millorada [LAN 01]	Elements:	47	60
		Blocs:	11	20
		Escala:	3	2
		<i>Total:</i>	0.70	0.67

Interfície	Referència	Índex d'Interfície		
		Visualització:	Control	
	Interfície d'operació de la interfície Numat [RAL 97]	Elements:	35	22
		Blocs:	10	4
		Escala:	2	1
		<i>Total:</i>	0.57	0.18
	Interfície de control del Sistema Numat [RAL 97]	Elements:	21	18
		Blocs:	14	5
		Escala:	1	1
		<i>Total:</i>	0.67	0.28
	Interfície d'usuari sistema VE [MAT 99]	Elements:	11	15
		Blocs:	5	6
		Escala:	1	1
		<i>Total:</i>	0.45	0.40

Interfície	Referència	Índex d'Interfície		
		Visualització:	Control:	
	DVECS user interface [CHO 00]	Elements:	14	33
		Blocs:	4	9
		Escala:	1	1
		Total:	0,29	0,27
	Interfície WITS per controlar al Robot FIDO [BAC 01]	Elements:	17	40
		Blocs:	2	11
		Escala:	3	10
		Total:	0,35	2,75

Taula 3.12.- Índex de les interfícies estudiades en el capítol 2

Aquesta revisió qualitativa de l'índex de les interfícies permet veure que cal revisar el disseny de les interfícies per sistemes teleoperats i confirma les observacions qualitatives fetes en el capítol 2.