

Los Movimientos Involuntarios como fuente de accionamientos indeseados en las Ayudas Tecnológicas: Problemática de su supresión.

Joaquín Roca Dorda, José A. Villarejo Mañas, Joaquín Roca González.

Asociación tutelar del Minusválido de Cartagena, ASTUS - Grupo de investigación "Electrónica Industrial y Médica" Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT)

Joaquín.Roca@upct.es

Se presenta aquí una revisión de conceptos relativos a los efectos indeseados de los Movimientos Involuntarios, en cuanto a las consecuencias negativas que producen en las Ayudas Tecnológicas. Seguidamente se propone una caracterización de dichos accionamientos, a partir de la señal de EMG, para posteriormente presentar la propuesta de un nuevo sistema de eliminación.

1 Las Ayudas Tecnológicas como elemento integrador, en la sociedad, del discapacitado.

Los esfuerzos dirigidos a facilitar la utilización del ordenador por los discapacitados constituyen, desde hace años, el medio más eficaz para conseguir la integración socio-laboral de este colectivo. Adicionalmente hay que considerar a este respecto que, ya desde los primeros intentos en este campo, los investigadores y rehabilitadores se fueron concienciando de la existencia de una importante barrera en la comunicación hombre-ordenador. Este impedimento que recibe en nombre de Barrera Funcional (figura 1) nace del hecho de que, todos los equipos informáticos han sido diseñados para usuarios capaces de hacer un uso normal de sus unidades de entrada y salidas; pantallas, teclados, ratones etc.; por lo que citando a M. Battro, "Si acciones tan simples como leer una pantalla o pulsar un teclado están inhibidas por una deficiencia sensorial o motora; se puede obstruir el camino de la capacitación profesional y de la integración social".

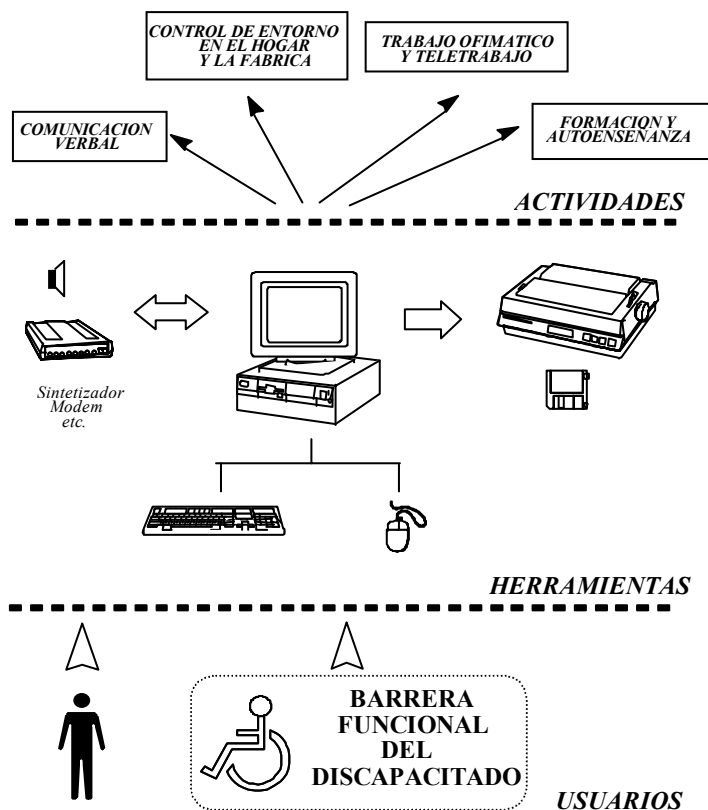


Fig. 1: Barrera funcional y accesibilidad.

De lo anterior, se deduce la necesidad de diseñar sistemas que integren interfaces de hardware y software específicas, organizadas como Ayudas Tecnológicas adaptadas a las capacidades residuales del discapacitado y que le permitan explotar, plenamente, las posibilidades que, con vistas a su integración social y laboral, ofrecen las Nuevas Tecnologías.

2 Problemáticas que presentan los usuarios con movimientos involuntarios.

Como se dijo, en los últimos años, la evolución de las Ayudas Tecnológicas para discapacitados se ha orientado, principalmente, y con muy buen criterio, a garantizar el acceso al ordenador por estos usuarios. De hecho, el ordenador actúa, a todos los efectos, como un sistema “amplificador” de las reducidas funcionalidades propias de este tipo de usuarios (dentro del concepto más amplio de Ayuda Aumentativa); permitiéndoles abordar --y realizar con éxito-- tareas que habrían sido impensables hace apenas unos años, en campos tan dispares como el mundo científico y empresarial, la ofimática, el control industrial, el diseño etc.. Todas estas acciones se posibilitan a partir de que el usuario, con cualquier resto funcional que posea (movimientos de la cabeza, pie etc.), por mínimo que este sea, acciona un elemento sensor o captador adecuado; el cual va a generar una señal lógica, que --aplicada a una interface adecuada y controlada por un software específico-- permite el control del ordenador.

Indudablemente, tanto la interface como el software específico a utilizar, tienen que presentar unas características de funcionamiento muy precisas ya que deberán de ser capaces de convertir una única señal lógica (la generada por la --en el caso más desfavorable-- única capacidad residual del usuario), en las múltiples y variadas señales necesarias para el total control de un ordenador (pulsaciones de teclado, desplazamientos del cursor del ratón, accionamiento de sus botones etc..)

Adicionalmente, el sistema usuario-captador-interface-software y ordenador, debe permanecer “sincronizado”, a fin de que le sea posible, al usuario, desencadenar, en el sistema informático y por el accionamiento del captador, precisamente la acción que desea y no otra.

En estas condiciones, el usuario se encuentra, a todos los efectos, insertado en un sistema en el que aparece una “realimentación” óptica y ocasionalmente acústica entre; el accionamiento del captador, la acción que se desea realizar y la acción que realmente realiza el ordenador (ver figura. 2)

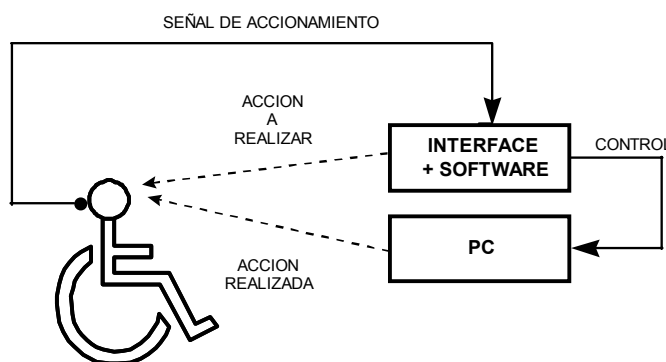


Fig. 2: “Sincronización” del acceso.

Mientras que el sistema permanezca “sincronizado” y el captador solo sea accionado por el usuario discapacitado, precisamente en el momento adecuado para desencadenar la acción deseada; el acceso al ordenador se encuentra garantizado. Para ello será necesario que el usuario posea un eficiente --y eficaz-- control de sus restos funcionales que se pueda traducir en limitados, pero controlados, movimientos voluntarios de la parte de su anatomía que utilice en el acceso (movimiento de la cabeza, pies etc.).

Pero por desgracia --y muy habitualmente; en algunas discapacidades como la parálisis cerebral de afección motriz-- los movimientos voluntarios son acompañados por otros, de tipo espasmódico o involuntario, que pueden desencadenar, en el equipo informático, acciones indeseadas

Una clasificación inicial de este tipo de perturbaciones, se puede realizar en función de los distintos movimientos involuntarios a los que están sujetos estos usuarios, y que pueden ser, entre otros: **Espásticos**; los que se produce cuando existe una contracción exagerada de los músculos, interfiriendo en el movimiento y la postura; de naturaleza. **Atetoides**, o movimientos incontrolados; los que aparecen al intentar un movimiento voluntario; y por ultimo, los llamados **Atáxicos**; que suponen una dificultad en la coordinación de los movimientos.

En la práctica, lo habitual es encontrar todos estos movimientos, en conjunto, y en una concurrencia con distintas ponderaciones, conviviendo con los reducidos movimientos voluntarios, correspondientes a los escasos restos funcionales propios de estos usuarios. En resumen, se puede decir que existe una lógica diferenciación (en cuanto a intensidad y frecuencia) entre los movimientos involuntarios y voluntarios. De otra parte, no existe un “estado puro” que defina la naturaleza de los movimientos involuntarios, ya que realmente la mayoría de los mismos presentan características correspondientes a todos los tipos, simultáneamente

La situación que produce este tipo de movimientos incontrolados se corresponde con la que se esquematiza en el diagrama de la figura 3.

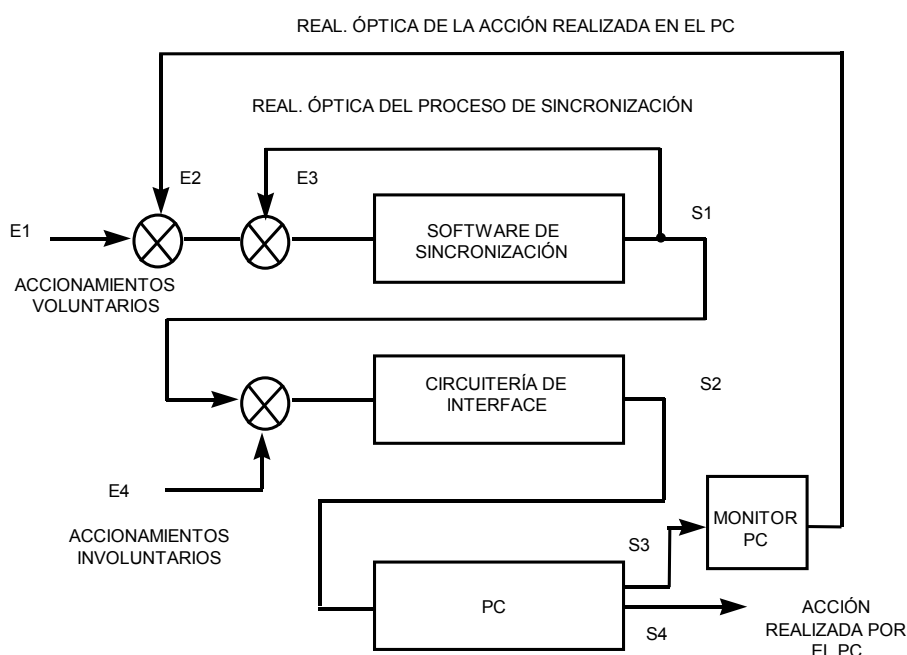


Fig. 3: Efecto de los accionamientos involuntarios.

Como se ve en la misma, en ausencia de movimientos involuntarios (E_4), las señales producidas por accionamientos voluntarios (E_1), se sincronizan, mediante el software y un proceso de "realimentación" óptica (E_3), para originar una señal correspondiente a la opción que se desea realizar (S_1). Esta señal, es aplicada --sin deformación al no existir accionamientos involuntarios-- al circuito de interface, el cual a su vez genera la señal (S_2) que hace que el PC realice la acción deseada (S_4), enviando a la pantalla, la información (S_3) que actúa como una "realimentación" óptica (E_2), lo que permite al usuario comprobar que dicha opción ha sido realmente ejecutada. Por el contrario, cuando existen movimientos involuntarios, estos provocan accionamientos indeseados (E_4), que se aplican al sistema de control totalmente fuera de sincronismo y que podrán originar, en el PC, acciones de naturaleza aleatoria (consistentes en la ejecución de una opción *distinta* de la que se quiere realizar o bien y simplemente en la ejecución de una acción *cuando no se desea*, ni es necesario, ejecutar ninguna.

3 Aspectos técnicos de la Ayudas Tecnológicas relacionados con esta problemática.

Una mayor comprensión de la problemática mencionada, puede obtenerse analizando las dos técnicas básicamente utilizadas en esta clase de Ayudas Tecnológicas.

3.1. Técnicas de Barrido.

Prescindiendo de los usuarios con discapacidades sensoriales relacionadas con el sentido de la visión; cuando la capacidad residual del usuario, su grado de funcionalidad y ubicación anatómica no posibilitan el acceso al teclado o al ratón, la Ayuda Tecnológica debe vencer la barrera de acceso al computador, El principal problema que ha de vencerse, es conseguir; a partir de una única funcionalidad (caso más desfavorable), generar un número de señales determinadas que, interpretadas por los dispositivos adecuados, permitan la realización de un elevado número de acciones distintas.

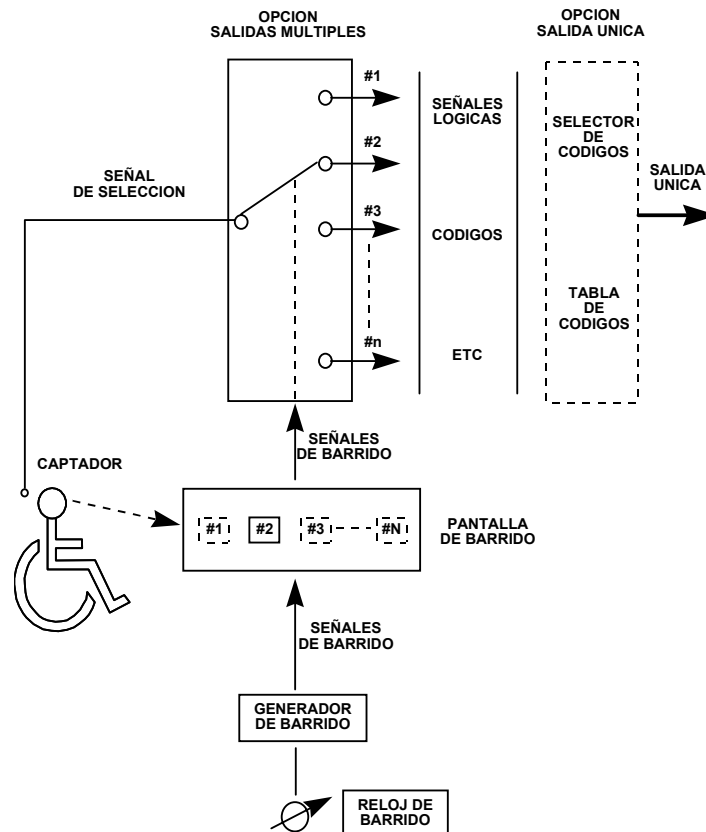


Fig.4 :Técnicas de barrido por reloj.

Para ello se ha de partir de las señales que puedan producir las capacidades residuales que, debidamente captadas por sensores adecuados y convertidas en señales digitales binarias, son aplicadas a un sistema explotado por técnicas de barrido, bajo cualquiera de sus modalidades; de entre las que expone, aquí, la conocida como Barrido por Reloj; que se muestra en la figura 4.

En resumen, el funcionamiento es como sigue: el usuario discapacitado observa el MENÚ DE SELECCIÓN DE OPCIONES que aparece en la PANTALLA DE BARRIDO. Cuando ve que la opción que desea seleccionar, ha sido activada por el RELOJ DE BARRIDO (lo que se indica “resaltando” dicha opción en la pantalla); el usuario, haciendo uso de sus capacidades residuales, activa el conmutador, el cual produce una señal lógica, que aplicada a la entrada única del SELECTOR DE BARRIDO, desencadena la ejecución de la opción seleccionada. LA VELOCIDAD DE BARRIDO (que controla el tiempo en la selección secuencial de opciones, puede ser regulada de forma que se ajuste a la velocidad de respuesta de cada usuario, e incluso a la evolución de la habilidad del mismo en el manejo del sistema.

En casos simple y de pocas opciones, el barrido puede adoptar, en su pantalla, una disposición “lineal”. Más habitual es adoptar una disposición de filas y columnas. En aplicaciones muy complejas --cuando se precisa controlar un número de opciones muy elevadas-- se comienza por la exploración de una primera pantalla de barrido “por zonas”, a partir de la cual se accede a una segunda de barrido “de opciones. Se produce, así, un anidamiento de menús de barrido, que permite controles muy complejos, en el sistema informático, o en los propios periféricos a emular.

3.2. Emuladores de ratón y teclado: Periféricos “orientados” a la discapacidad.

En última instancia, y para garantizar el acceso a los sistemas informáticos, es preciso contar con sistemas que, controlados por técnicas de barrido, como las descritas en el punto anterior, permitan al usuario generar las mismas señales que generan ratones y teclado convencionales (figura 5).

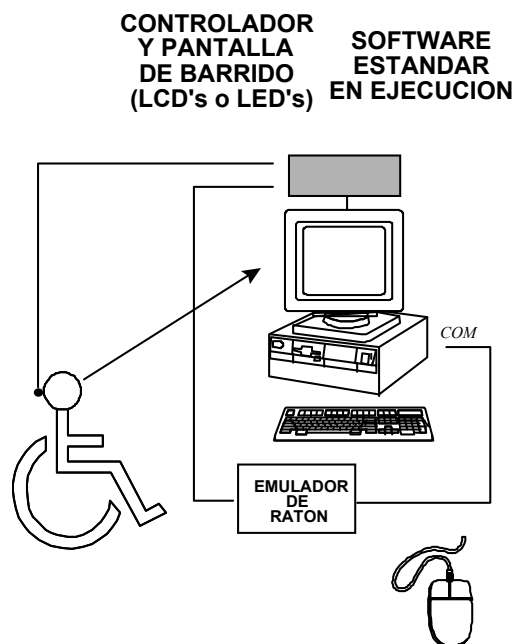


Fig. 5: Emuladores de ratón y teclado.

3.3. Técnicas de detección y captación del accionamiento por la capacidad residual.

Por lógica, y como ha quedado patente en los puntos anteriores, para que un sistema de acceso por barrido o un emulador de ratón o / y teclado funcione, correctamente, es necesario que reciba, al menos, una señal generada por el usuario discapacitado de forma "sincronizada" con el proceso de barrido, y en el preciso momento en que éste habilita la opción que se desea realizar. Como quiera que, en función de los restos funcionales que posea cada usuario, y de la ubicación anatómica de los mismos, se presentan múltiples opciones y posibilidades, es lógico que esto provoque la existencia de muy distintos tipos de captadores o sensores; tan variados como los electromecánicos de contacto, los de proximidad (ópticos, dieléctricos, inductivos, de ultrasonidos, etc.), hasta los más complejos; como los que procesan señales bioeléctricas.

3.4. Técnicas básicas de reducción de los efectos indeseables de los accionamientos espasmódicos o involuntarios.

Actualmente, los equipos comerciales para el acceso a los ordenadores de los usuarios discapacitados incluyen limitadas medidas destinadas a eliminar o reducir el efecto de los accionamientos producidos por movimientos espasmódicos o involuntarios. De otro lado las incompletas técnicas que se aplican a este respecto, se corresponden, más a métodos empíricamente puestos a punto por la experiencia de diseñadores y usuarios; que a formulaciones teóricas seriamente justificadas. Las técnicas habitualmente empleadas son las siguientes:

Adecuación de la "sensibilidad del Captador": Algunos diseñadores, mantienen la teoría de que si se aumenta la fuerza que es preciso realizar sobre el captador o conmutador, para su accionamiento (dureza), o el recorrido necesario para ello (desplazamiento); se minimizan los efectos de muchas señales involuntarias o espasmódicas que, supuestamente, no alcanzarán el nivel necesario para activar el conmutador.

A este efecto, algunos fabricantes han previsto ajustes en la "dureza" del conmutador, así como en el recorrido o "desplazamiento" que ha de realizar el elemento mecánico desplazable que lo activa (se ha llegado incluso a descomponer el recorrido en dos tramos independientes; uno el necesario para hacer entrar en contacto físico el mecanismo de accionamiento, y otro el que debe realizarse para que, el accionamiento, efectivamente, cierre el conmutador.

Todo ello, sobre complicar el funcionamiento con ajustes engorrosos, no ha demostrado efectividad alguna, ya que --como muchos recuperadores han observado-- mientras los movimientos

atetóides (que aparecen al intentar un movimiento voluntario), pueden ser indistintamente de magnitud o intensidad tanto mayor como menor, que los del propio movimiento voluntario; los movimientos *atáxicos* (que suponen una dificultad en la coordinación de los movimientos) casi siempre son de intensidad similar, o superior, al movimiento voluntario que acompañan. Estas circunstancias, hacen prácticamente inviable la depuración por el mencionado método.

Depuración “temporal” de los accionamientos involuntarios. : Esta técnica, que se ha dado en llamar Hipótesis Temporal, se basa en considerar que, generalmente, los accionamientos involuntarios tienen una duración más reducida que los voluntarios; por lo que todos los pulsos que no cubran una duración mínima podrán ser eliminados; por considerar que son de naturaleza espasmódica o involuntaria. El punto débil de la teoría se encuentra en que, por razón del estado atetoide de muchos usuarios, sus músculos se encuentran sometidos a una contracción exagerada (y por consiguiente con el “reflejo al estiramiento” aumentado) lo que puede ocasionar un comportamiento bastante anárquico, imposible de depurar partiendo solo de este supuesto.

No obstante, nuestra experiencia ha demostrado que combinando esta medida (rechazar los accionamientos cortos) con un ajuste de los tiempos de barrido y de habilitación de la selección durante el mismo, es posible, a usuarios entrenados en lo que hemos dado en llamar “habilidad con el uso del conmutador” llegar a mejores resultados en el rechazo de accionamientos involuntarios.

Pese a lo atractivo de este sistema (que puede ser fácilmente implementado mediante un sencillo algoritmo sobre el mismo microcontrolador que gobierna el emulador de periférico), aún queda un gran camino por recorrer para mejorar su efectividad, ya que las observaciones que se realizan y los datos temporales que se obtienen en cuanto “duración espontánea” o “natural” de los pulsos voluntarios e involuntarios generados por el usuario se ven seriamente deformadas por el hecho de que no contemplan el estudio de las señales sobre su origen ---es decir a nivel sistema nervioso y / o las unidades musculares motoras--- sino, simplemente, a partir del conmutador y, por consiguiente, deformadas por la compleja función de transferencia que afecta al conjunto formado por un sistema biológico (cerebro, motoneuronas etc.) y otro mecánico (accionamiento del captador), por lo que habría también que considerar parámetros tales como: tiempos de respuesta y velocidad de transmisión de las señales en ambos sistemas (el biológico y el electromecánico), inercia de los mecanismos, ect...

Es por ello que, decidimos partir de la caracterización de los accionamientos involuntarios, mediante el estudio de las señales de electromiograma EMG superficial (no invasiva).

4. Incidencia de los movimientos involuntarios en poblaciones típicas.

Como ejemplo representativo se puede partir del caso analizado por nosotros: Una población muestral (inicial), de 32 sujetos, de entre los discapacitados afiliados a la Asociación Tutelar del Minusválido de Cartagena ASTUS que acceden al uso de sistemas informáticos mediante ayudas técnicas (emuladores de ratón y teclado etc.) y principalmente afectados de parálisis cerebral de afección motriz.

Sobre esta población, se detectó la presencia de usuarios discapacitados con distintos grados de movimientos involuntarios, (desde los que presentaban la ausencia de los mismos, hasta quienes los tenían tan intensos que, hacían difícil el acceso al ordenador, por el gran número de accionamientos involuntarios producidos durante el uso de la ayuda tecnológica), Tabla 1.

MOVIMIENTOS INVOLUNTARIOS	
SUJETOS	ESTADO
2	No evaluables (por muy bajo CI).
6	No hay movimientos involuntarios (Mis).
13	Hay Mis , pero no interfieren el uso de la AT.
3	Los Mis Interfieren poco.
4	Los Mis interfieren fuertemente.
4	Mis Muy intensos (casi impiden uso de la AT).

Tabla 1

Esta encuesta, realizada en colaboración con el equipo médico ---y de rehabilitación y entrenamiento--- de IASTUS, ha proporcionado una valiosa información, permitiendo completar un estudio, relacionado con el uso de las ayudas tecnológicas. Así se obtuvieron importantes datos entre otros, sobre; aspectos relativos a localización anatómica de la capacidad residual, porcentaje de las funcionalidades residuales, distribución por edades, etc....y sirvió para poner de manifiesto la

relación de los movimientos espasmódicos con las distintas patologías existentes en este colectivo, que se muestran en la figura 6. En concreto, la encuesta fue especialmente reveladora en cuanto al hecho de que, si bien los movimientos involuntarios aparecían en distintas patologías y diagnósticos, se presentaba una especial incidencia de los mismos en las tetraplejias y dentro de estas, especialmente en las de origen Distónico y Espástico + Distónico.

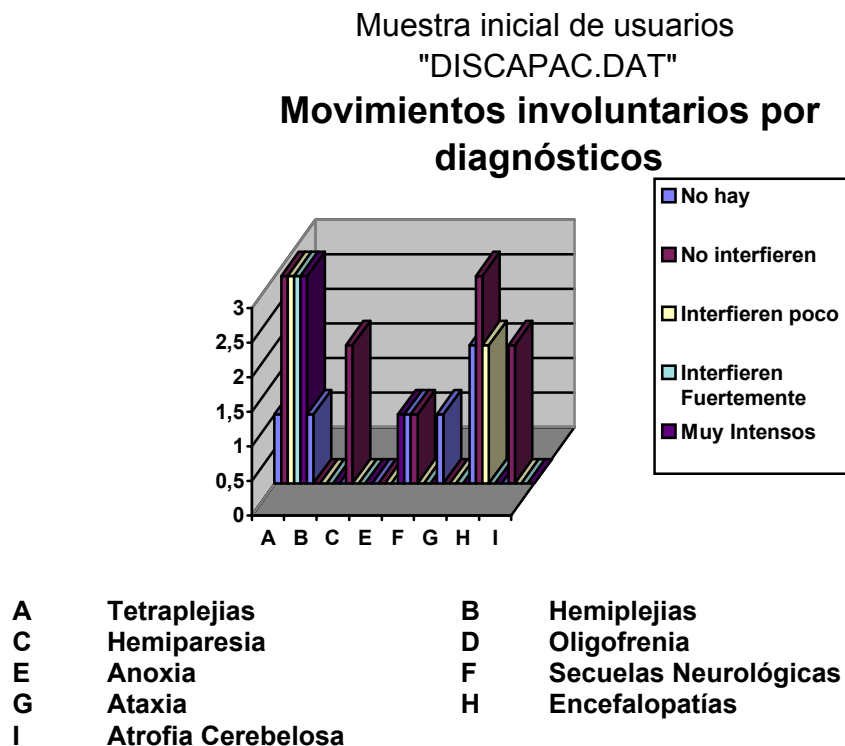


Fig. 6 : Emuladores de ratón y teclado.

5 Las señales de EMG superficiales, simultáneas a los accionamientos, y su relación con la naturaleza de estos.

Por las razones expuestas con anterioridad, a efectos de poder depurar los accionamientos involuntarios, se hace necesario captar las señales correspondientes a los accionamientos del conmutador, acompañadas por las de EMG asociadas a las masas musculares responsables del mismo. Así se obtuvieron registros, simultáneos y sincronizados, de las señales de accionamiento del captador y de las correspondientes señales de EMG captadas por los electrodos. Para ello se adoptó una estructura y metodología organizada tal y como se indica en la figura 7.

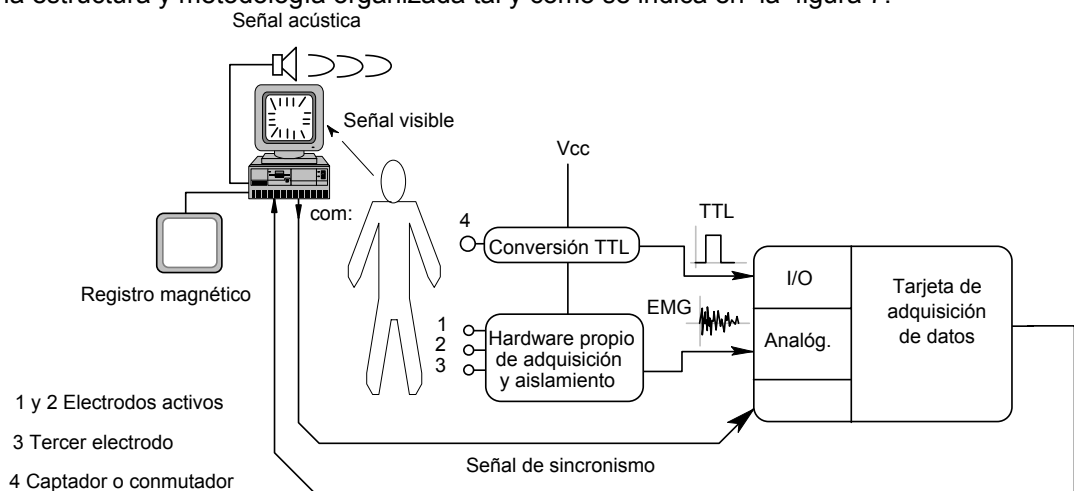


Fig. 7: Adquisición de las señales.

En esta estructura, el ordenador actúa como controlador de la tarjeta de adquisición de datos y, también, como elemento “sincronizador”; originando señales de excitación acústica y luminosa (altavoz y cambios de color en la pantalla del PC) que se producen con una cadencia y duración previamente programadas. Estas señales son percibidas, como un estímulo, por el sujeto sometido a análisis, que debe responder generando accionamientos del captador e intentando seguir la secuencia programada. Durante este seguimiento, el sujeto realiza accionamientos válidos; que se corresponden con movimientos voluntarios, así como accionamientos indeseados; correspondientes a movimientos involuntarios o espasmódicos.

El conjunto de las tres señales (la de EMG digitalizada, la señal de respuesta del sujeto –que es la señal lógica proveniente del captador-- y la de excitación o estímulo) es leído por el PC, siendo las señales almacenadas, por el software, en un fichero que incluye los datos identificativos del sujeto evaluado. La información contenida en este fichero, permite la reconstrucción, OFF-LINE, de todas las señales obtenidas durante la prueba.

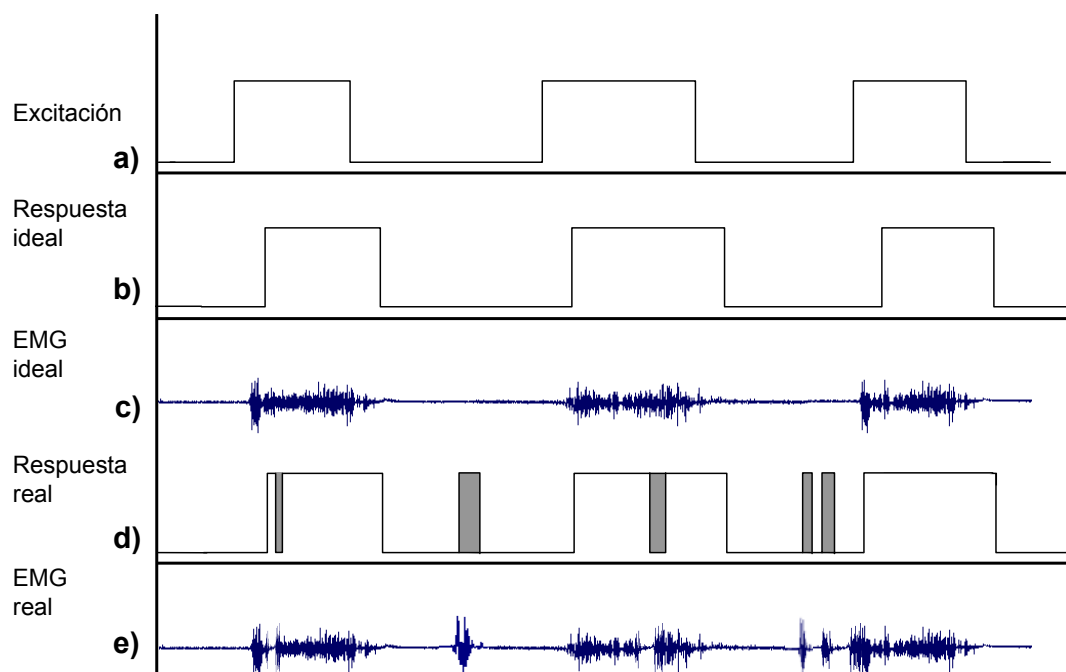


Fig.8 : Sincronización o alineamiento de las tres señales.

Como se ve en la figura 8 (b), en ausencia de “errores de atención” y accionamientos involuntarios; la señal de respuesta (o señal digital debida al accionamiento del captador), debe seguir la cadencia de la señal de excitación (a); contando con igual número de pulsos, e idéntico espaciado temporal que ésta, aunque viniendo afectada por unos retardos determinados por el propio tiempo de respuesta del sujeto. Esta señal, es la que ha sido relacionada con la señal de EMG (c) a fin de proceder a la identificación y caracterización de los accionamientos en general.

De otra parte, se ha de considerar, que el sujeto puede presentar errores “de atención”, que deben ser minimizados; por lo que es necesario realizar las pruebas, en condiciones relajadas, sin exceder del ritmo “natural” de cada evaluado y bajo la vigilancia de un observador estricto.

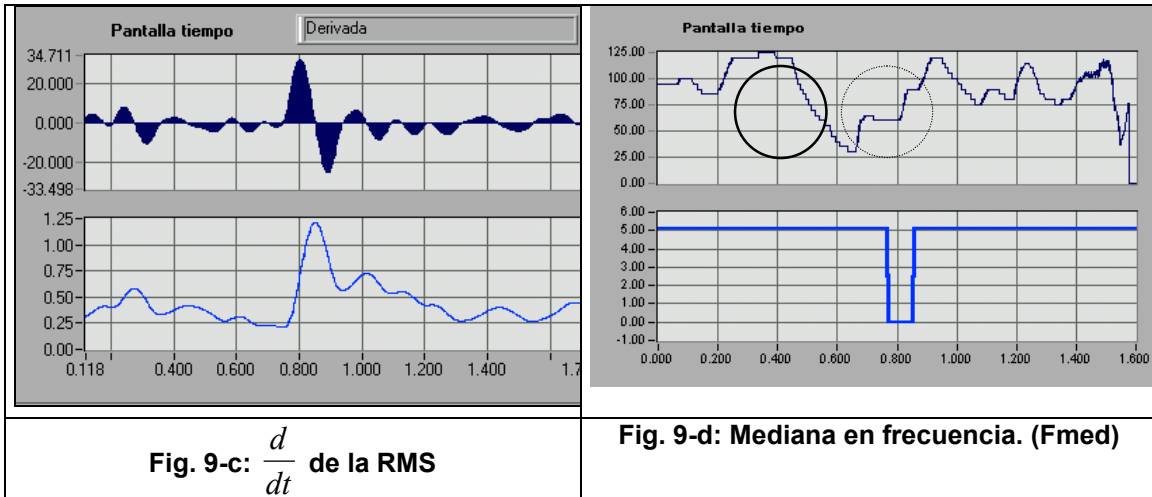
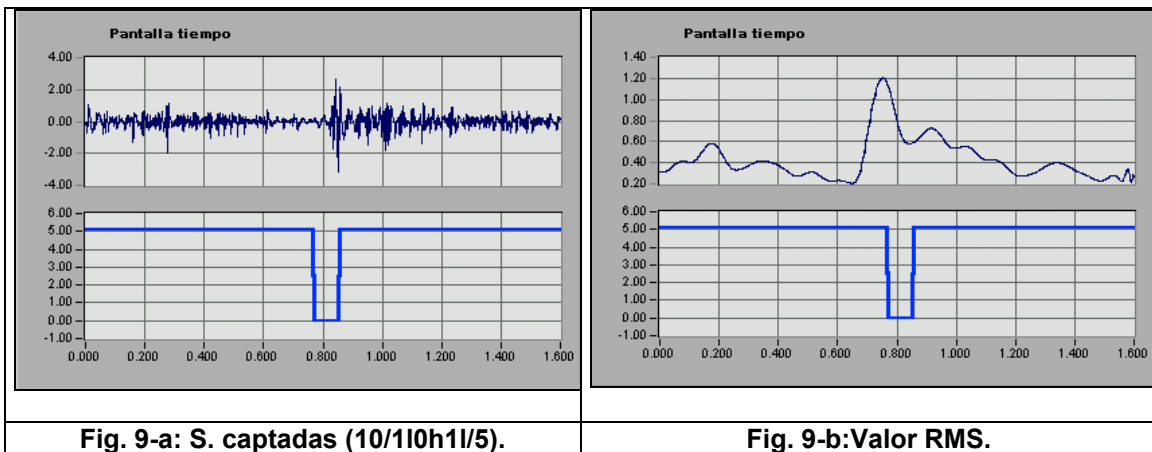
Cuando el sistema fue utilizado sobre un usuario afectado de movimientos espasmódicos e involuntarios, se obtuvieron registros de la señal del captador del tipo de los incluidos en (d), correspondiéndose con señales de EMG en (e). En ambos registros se identificaron, además de los retrasos descritos con anterioridad, las anomalías siguientes:

- **Aparición de nuevos pulsos (NP)** : Existen pulsos (pasos al ON), inexistentes en la excitación; situados sobre espacios de ésta originalmente sin señal, correspondientes a valores de OFF, y que hemos llamado PULSOS EN OFF.

- Perdida de pulsos (PP) : Durante el desarrollo de algunos pulsos, existentes en la excitación, se producen inesperados pasos al OFF (a los que hemos llamado FALLOS EN ON), con retorno posterior al estado de ON original.

6 Caracterización de los Accionamientos Involuntarios

Se analizaron, paralelamente, las señales procedentes del captador y de la señal de EMG (figura 9); de esta última se calculó el valor RMS por tramos, la derivada del mismo, la mediana en frecuencia, la frecuencia media, el parámetro RATIO y la STFT. siendo los más interesantes los indicados en la figura 9 (a,b, c, d) esto permitió definir varios tipos de patrones que permitían identificar los distintos accionamientos involuntarios (patrones de transición en la $\frac{d}{dt}RMS$ y patrones de variación de la f_{med}) y, a partir de ellos, una mejor definición de los patrones temporales (la Hipótesis Temporal Extendida).



6.1 Fallo en ON

Se ha llamado así, al que se produce cuando el sujeto; (a mitad de un accionamiento voluntario) altera, involuntariamente y de forma incontrolada, la fuerza ejercida sobre el captador, lo que provoca la desactivación de éste (pasando al OFF). Se pueden considerar cuatro casos (figura 10):

- Fallo en ON, simple. (Tipo I-1): Se produce cuando un espasmo, u otra causa incontrolable, anula transitoriamente, el accionamiento que se está realizando. Este fallo se produce, dentro de un accionamiento voluntario, con la consecuencia de originar un doble accionamiento; del que muy probablemente resulte una selección indeseable

- Fallo en ON, múltiple. (Tipo I-2): En este caso un espasmo, un movimiento reflejo, o el inicio de una respuesta de tipo “clon”; origina múltiples y sucesivas anulaciones del accionamiento que se realiza. Se produce dentro de un accionamiento voluntario y puede producir múltiples accionamientos indeseables.
- Fallo en ON, por espasmo “intencional” de liberación. (Tipo I-3): se produce, en el momento en que el sujeto intenta cesar, voluntariamente, en el accionamiento que realiza. Si, en esas condiciones se desencadena un espasmo intencional, se puede originar una desactivación involuntaria del captador; seguida de una vuelta a la activación; después de la cual, el sujeto termina de realizar, ahora voluntariamente, la desactivación que había iniciado. Nótese, que este fallo se produce al final del accionamiento voluntario; pudiendo ser interpretado por la ayuda tecnológica como un doble accionamiento.
- Fallo en ON, por espasmo “intencional” de activación (Tipo I-4): en este caso, el sujeto, sufre una perturbación similar a la anterior; pero, ahora, justamente cuando ya ha iniciado una activación voluntaria del conmutador. Esto desencadena una cesación en la fuerza que realiza y un desaccionamiento momentáneo, e involuntario, del captador; al cesar el cual se continua con el accionamiento voluntario iniciado. Este fallo se produce al inicio del accionamiento voluntario, pudiendo ser interpretado como un doble accionamiento.

En resumen; los movimientos disociados responsables de estos accionamientos, ocurren, también, al principio y final del pulso; pareciendo estar relacionado con fallos en la coordinación de movimientos de origen *atáxico* y espasmos del tipo *intencional*. En ocasiones se presenta un caso límite; cuando los fallos en ON aparecen en forma múltiple, por descargas, o en “salvas”.

6. 2 Pulso en OFF.

Se ha dado este nombre al que se produce si, encontrándose voluntariamente, el sujeto, en una posición “de descanso” (en OFF), sufre una perturbación de cualquier tipo que origina un accionamiento, no deseado e involuntario, de captador (que pasa al ON). Se pueden considerar cuatro casos (figura 10):

- Pulso en OFF, simple. (Tipo I-5): Se produce cuando un espasmo, u otra causa incontrolable, origina un movimiento involuntario; que ocasiona una activación incontrolada del captador. Este fallo se produce en ausencia de activamientos voluntarios; originando un accionamiento indeseado, de efectos impredecibles en la ayuda tecnológica que se utiliza.
- Pulso en OFF, múltiple. (Tipo I-6): Se produce, en iguales condiciones del anterior, pero ocasionado por un espasmo múltiple, o por el inicio de una respuesta tipo “clon”; produciendo múltiples y sucesivas activaciones involuntarias del accionamiento, capaces todas ellas de originar selecciones indeseadas en las ayudas tecnológicas.
- Pulso en OFF, por espasmo “intencional” de liberación. (Tipo I-7): Se ocasiona justamente en el momento en que el sujeto está cesando, voluntariamente, en el accionamiento que realiza. Si, en esas condiciones, se desencadena un espasmo intencional; se puede ocasionar una activación involuntaria del captador, seguida de una vuelta a la desactivación. Este fallo se produce al terminar un accionamiento voluntario, pudiendo originar un accionamiento indeseado y la correspondiente selección extemporánea, en las ayudas tecnológicas.
- Pulso en OFF, por espasmo “intencional” de activación (I-8): En este caso el sujeto sufre un espasmo, o cualquier otra perturbación capaz de originar un movimiento involuntario, justamente en el momento que se prepara para realizar un accionamiento. Esto provoca un accionamiento involuntario y de poca duración, del captador, seguido de una vuelta a la desactivación; después de la cual, el sujeto, termina de realizar, ahora voluntariamente, el accionamiento anteriormente iniciado. Este fallo se produce al inicio de un accionamiento voluntario; pudiendo ser interpretado por la ayuda tecnológica como un doble accionamiento.

En resumen, algunos pulsos en OFF (I-7, I-8), parecen identificarse con accionamientos provocados por espasmos intencionales o movimientos disociados de tipo *atetoide*, originados al intentar un movimiento voluntario. Otros (I-5, I-6), por el contrario : parece corresponderse mejor con una inestabilidad provocada por una contracción exagerada de los músculos (de tipo *espástico*)

7. La Hipótesis Temporal Extendida ; una nueva propuesta de “depuración temporal”.

El fallo básico de la depuración, basada en la Hipótesis Temporal, tal y como hasta ahora se venía aplicando, consistía en la necesidad de un cumplimiento de estrictas relaciones temporales entre T_{off} y T_{on} (tiempos de fallo en ON y de pulso en OFF) y T_{OFF} y T_{ON} (tiempos representativos de la dinámica impuesta por las condiciones de barrido y habilitación del captador de uso de la ayuda técnica) que viene dado por las relaciones :

$$T_{on} \lll T_{ON} \quad \text{y} \quad T_{off} \lll T_{OFF} \quad \text{y} \quad T_{off} \lll T_{ON}$$

Estas condiciones son difíciles de cumplir en la práctica, pues si bien T_{ON} y T_{OFF} dependen, básicamente, de la secuencia de operación impuesta por el software en ejecución --y en su caso por el sistema de barrido que se emplee--; T_{on} y T_{off} son en principio, y por su propia naturaleza, de índole aleatoria. Por lo dicho, incluso el cumplimiento de estos estrictos condicionantes es incapaz de asegurar una tasa de error reducida, en la eliminación de los accionamientos involuntarios más complejos.

Desde el punto de vista de mejorar el deficiente rendimiento de esta técnica, en orden a propiciar su implantación en ayudas tecnológicas de bajo costo, se estudió el conjunto de los accionamientos involuntarios, caracterizados a partir de sus registros de EMG (figura 10 a); llegando a la conclusión de que, algunos de los ocho accionamientos tipificados (I-1 a I-8), podían ser agrupados por parejas formadas por accionamientos susceptibles de ser tratados de igual forma desde el punto de vista de una evaluación de sus características temporales. La aplicación de esta técnica permitió reducir a solo seis (IT1 a IT6) los accionamientos a considerar a este respecto.

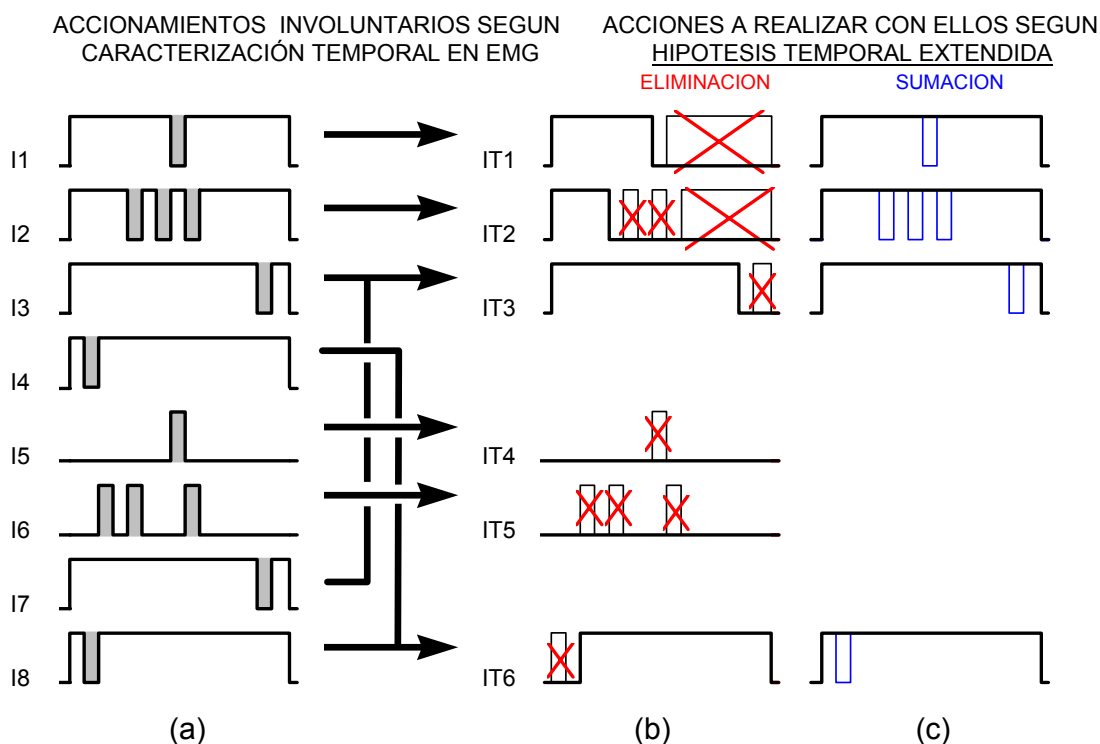


Fig.10: Acciones en la Hipótesis Temporal Extendida.

Así pues, aplicando estas restricciones, se obtienen los seis tipos de accionamientos involuntarios (figura 10 b) siguientes:

- IT1** : Fallo simple en ON.
- IT2** : Fallo múltiple en ON.
- IT3** : Acc. involuntario de liberación.
- IT4** : Pulso simple en OFF.
- IT5** : Pulso múltiple en OFF.
- IT6** : Acc. involuntario de activación.

A fin de poder eliminar, o al menos reducir de forma más efectiva, el porcentaje que, de estos accionamientos indeseados, se convierta en selecciones erróneas (en la ayuda técnica); se ha planteado un procedimiento, estructurado en torno al planteamiento de lo que hemos dado en llamar Hipótesis Temporal Extendida; que puede ser aplicada directamente sobre las señales del captador (aunque en forma menos efectiva que la depuración por reconocimiento de patrones de EMG) y utiliza, básicamente, tres parámetros temporales (uno más de los usados hasta ahora) y dos métodos, (en sustitución del único utilizado hasta la fecha), para la supresión de dichos accionamientos indeseados:

- **SUPRESIÓN POR ELIMINACIÓN:** consiste en eliminar aquellos accionamientos cuya duración sea inferior a una dada, a la que se ha llamado tiempo en ON mínimo (TONMIN), o bien cuya separación temporal –desde el accionamiento anterior– sea inferior a un tiempo dado; al que hemos llamado tiempo en OFF mínimo (TOFFMIN). Estos parámetros dependen, directamente, de la pulsación “natural” del sujeto y de su máxima velocidad de respuesta, e indirectamente de su patología y grado de entrenamiento.
- **SUPRESIÓN POR “SUMACIÓN”:** Consiste en sumar aquellos accionamientos que aparecen agrupados, a continuación de un pulso en OFF válido, y que cumplen la condición de que su separación temporal respecto a dicho pulso válido es menor de lo que se ha llamado tiempo de eliminación (TELIM). Dependiendo este parámetro, de la patología del sujeto y grado de entrenamiento.

A este respecto, en la figura 10 b, puede verse la aplicación de la técnica de supresión a los seis tipos de accionamientos involuntarios (IT1 a IT-6); y en la figura 10 c, la aplicación de la técnica de “sumación”, a tres tipos de dichos accionamientos (IT1 a IT3).

Las experiencias desarrolladas en la población muestral constituida por asociados de ASTUS permitió comprobar la eficacia del método propuesto en el rechazo de accionamientos creados por movimientos involuntarios si se aplicaba, a los pulsos procedentes de captador, en tiempo real y forma sucesiva; primero, Sumación por TELIM, segundo, Eliminación por TONMIN y por último Eliminación por TOFFMIN. Estos parámetros temporales fueron determinados para distintas patologías, mediante un equipo y una herramienta- Software expresamente diseñada; encontrándose que variaban, según patologías, dentro de los márgenes: 100ms =< TELIM =< 300ms, 500ms =< TONMIN =< 1.500 ms y 300 ms =< TOFFMIN =< 1.000 ms.

La aplicación de esta técnica de eliminación de accionamientos indeseados permitió alcanzar ahorros temporales medios de un 28 al 36 % en el tiempo de completado de una tarea elegida como patrón, (escritura en Word de un texto de tamaño A4) por parte de usuarios con conocimiento anterior de este editor de textos

Conclusiones

El uso de técnicas de identificación y rechazo de accionamientos producidos por movimientos involuntarios de tipo espasmódicos, permite:

- Aumentar la efectividad, en la utilización de la ayuda técnica, para muchos de los discapacitados que, en la actualidad, pueden acceder a ella.
- Posibilitar el uso de la ayuda técnica, por primera vez, a algunos usuarios a los que; por la abundancia de sus movimientos espasmódicos, no se les consideraba capacitado para ello.
- Reducir, en lo posible, la necesidad de adaptación de la ayuda tecnológica; a las características inherentes a la producción de accionamientos involuntarios en cada usuario.

De otra parte, la aplicación de la supresión de accionamientos indeseados por la aplicación de la Hipótesis Temporal Extendida, es de fácil aplicación, incluso en Ayudas tecnológicas de bajo precio. Aunque no da una eliminación tan completa como la supresión mediante la identificación de patrones de la señal de EMG; sus resultados son muy válidos y se obtienen con un coste mucho más bajo.

Bibliografía:

- *What do we plan or control when we perform a voluntary movement ?*. Gottlieb, G.L, In Biomechanics and Neural Control of Movement. Winters & Crago, Eds. *Springer Verlag, inc Press*.1997.
- *Adaptative computer thecnology : an overview*. R.R. Jones, *Lib. Hitech. USA*, V11, nº1, p30-33, 1993.
- *Openig doors for the disabled*. L. Lazzaro, *Byte*, V15, N°8, Ag.1990.
- *“Sistcom” integrated System of multifunctional communication for motor disabled people development Project*. J. Roca, J.M. Fernández & L.M. Tomás. *IEEE, I.C. Systems, Man & Cybernetics*, Le Touquet, Oct. 1993
- *La tecnología al servicio de los discapacitados*, Soriano M. y otros, Anaya, Madrid, 2000*Desarrollo de Software y Hardware, para personas con discapacidad*. J. Scoin, *Novática*, V17, N° 90, España, 1990