

# INFORME FINAL DEL PROYECTO

Acoplamiento a Distancia de Pacientes con Hemiplejia a  
través de Dispositivos para Rehabilitación Asistida por  
Computadora

ELABORADO POR

DR. JOSE MARIA RODRIGUEZ LELIS

MARZO, 2009

**FECHA**

18

DÍA

03

MES

09

AÑO

## I. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

### Instituciones Participantes

	<b>CENIDET ING. MECANICA</b>	<b>FACULTADA DE CIENCIAS UABJO</b>
Nombre	JOSE MARIA RODRIGUEZ LELIS	MARCIANO VARGAS TREVINO
Título	DR.	DR
Departamento	ING. MECANICA	FACULTAD DE CIENCIAS
Institución	CENIDET	UABJO
Domicilio	Interior Internado Palmira S/N, Colonia Palmira, 62490, Cuernavaca, Morelos	Av. Universidad s/n Ex Hacienda Cinco Señores Oaxaca de Juárez, Oax. C.P. 68120 R.F.C : UBJ550117 7K4
Teléfono	01 777 3627770 EXT 130	0459511484308
Fax	017773627770 EXT 110	01 (951) 516 58 43
E-Mail	jmrleis@hotmail.com	ramsterixshz@gmail.com

### Investigador Lider

Dr. José María Rodríguez Lelis

Nombre

### Título del Proyecto

Acoplamiento a Distancia de Pacientes con Hemiplejia a  
través de Dispositivos para Rehabilitación Asistida por  
Computadora

### Tipo de investigación

Básica ( ) Aplicada ( ) Desarrollo Tecnológico ( x )

**Duración del Proyecto** ( x ) 1 Año ( ) 2 Años

**Fecha de inicio del proyecto** \_\_\_15-03-2008\_\_\_ **Fecha de termino del proyecto** \_\_\_14-03-2009\_\_\_

**Periodo que reporta:** 15 de marzo de 2008 al 14 de marzo del 2009

**No. Reporte:** ( ) 1er Avance (x) Informe Final

## II- RESULTADOS

### 1. Resumen del avance del proyecto.

#### 1.1. Antecedentes del Proyecto

##### *Alcance.*

En este proyecto se realizará una evaluación de los efectos motivacionales en la rehabilitación asistida por computadora para pacientes con hemiplejía, a través de la interacción de entre ellos vía remota.

##### *Objetivo.*

Estudio de rehabilitación y desarrollo de tecnología asociada en las áreas clínica para pacientes con eventos vasculares cerebrales.

##### *Metodología*

1. Gestión de un espacio físico para el montaje de palancas de rehabilitación asistida por computadora, y sistemas de interacción remota por internet 2.
2. Valoración inicial (médica) de los pacientes que recibirán la terapia motivacional asistida por computadora. Aquí a todo paciente se le hará la valoración inicial y se seleccionarán grupos de trabajo, (a) referencia con terapia normal y (b) con terapia empleando la interacción remota.
3. Realización del software para la interacción remota por medio de internet 2.
4. De los resultados ya obtenidos, se encontró que en miembros superiores la rehabilitación inicia en la sección del hombro, a partir de este, brazo y antebrazo muestran tonificación, así como el registro de pulso y aumento de temperatura corporal. Alcanzando en ocasiones los límites de movimiento. La última sección en comenzar su recuperación son la mano y dedos. Con base en esto, se diseñará y construirá un guante que permita interactuar con un software para incrementar la respuesta en mano y falanges. Como parte de los diseños mecánicos, se diseñarán y construirán las tarjetas los dispositivos electromecánicos. Por otro lado, y con base en la experiencia de la BUAP en desarrollo de instrumentos de medición se hará la energía de reversa de un electro miógrafo para su manufactura en el país, ya que estos dispositivos son extremadamente caros.
5. Puesta en marcha, recepción de pacientes y seguimiento de los mismos. Aquí las valoraciones o avances de los pacientes se realizarán cada diez horas de terapia.
6. Concentración de datos, análisis y conclusiones. Aquí se espera presentar propuestas de nuevos modelos de dispositivos electromecánicos con su protocolos.
7. Presentación de Informes.

<i>Institución</i>	<i>Participación</i>	<i>Investigadores involucrados</i>
CENIDET	Implementación del tercer centro de rehabilitación asistido por computadora.	Dr. José María Rodríguez Lelis Dr. Manuel Juárez Pacheco

	Desarrollo de dispositivos mecánicos y tribológicos para la rehabilitación Análisis de pruebas y resultados.	Est. Arturo Abundez Pliego Est.. José Navarro Torres Est.. Sergio Reyes Galindo Est. Antonio Arellano
UABJO	Implementación del tercer centro de rehabilitación asistido por computadora. Análisis de pruebas y resultados Programas de Cómputo	Dr. Marciano Vargas Treviño
BUAP	1. Desarrollo y diseño de dispositivos electrónicos orientados al monitoreo de la rehabilitación. Guante, Tarjetas, Electromiógrafo. 2. Electrónica asociada al proyecto	Dra. Ma. Aurora Diozcora Vargas Treviño Dr. Sergio Vergara Limón Dr. Francisco Reyes Cortés
UAN	1. Desarrollo e implementación de técnicas en rehabilitación neurológica clínica y rehabilitación deportiva.	Dr. Oscar Paredes Otalenga

ACTIVIDADES	Trimestre											
	1			2			3			4		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

## 1.2. Resultados del proyecto.

### Gestión de Espacios para el Proyecto.

CRI- Jojutla dependiente del DIF Morelos, Inicio de de actividades Julio del 2008. Instalación de 2 equipos de rehabilitación de miembro superior (Anexo 2).

UABJO- Se mantiene el sistema en la escuela de ciencias y se tienen en comodato 2 palancas, una en el DIF Oaxaca y otra en el IMSS Oaxaca.

UAN – Se produjo un espacio en la UAN, con tres consultorios y dos palancas de miembro superior y una de miembro inferior.

Veracruz – Se instaló Una Palanca en la Universidad Veracruzana, en el Instituto Forense

Cuernavaca – Se instaló Una palanca en agosto en Med-Port con el Dr. Salvado Chinchilla.

### Valoración inicial de Pacientes y Seguimiento Terapia-Normal

En el anexo 3 se muestra el protocolo de terapia para el SISTEMA DE REHABILITACION ASISTIDA POR COMPUTADORA. Este ha sido aplicado por los médicos encargados de cada uno de los espacios gestionados del proyecto. A la Fecha los pacientes registrados y en terapia son:

PACIENTE	ESTADO
1. PATRICIA ALARCÓN TORRES	MORELOS
2. JESÚS RAMÍREZ PARÁMO	MORELOS

3. GOMEZ SOTELO FELIPA	MORELOS
4. GUTIERREZ MEDINA ANGÉLICA	MORELOS
5. ESPIN VELASCO SALVADOR	MORELOS
6. TEODORA VALLADARES NÁJERA	MORELOS
7. JORGE ALONSO ESPÍN	MORELOS
8. OCAMPO MIRANDA BERNARDA	MORELOS
9. DALIA BAHENA VÁZQUEZ	MORELOS
10. GARCÍA CASTREJÓN ANDRÉS	MORELOS
11. RAMOS VERGARA MARÍA	MORELOS
12. VERGARA CARRILLO ISIDRO	MORELOS
13. RUBÉN SANJUAN RAMÍREZ	OAXACA
14. GEOVANI JESÚS NAVARRO JACINTO	OAXACA
15. BERTHA ROSA ALAVEZ BAUTISTA	OAXACA
16. JOSÉ MANUEL TAPIA MARTÍNEZ	OAXACA
17. FACUNDA MARÍA MORALES MATUS	OAXACA
18. GAUDENCIA LOURDES CHAVEZ	OAXACA
19. SILVIA CASTILLO CASTELLANOS	OAXACA
20. JAIME RIVERA (HIJO)	VERACRUZ
21. DATOS CONFIDENCIALES	NAYARIT
22. DATOS CONFIDENCIALES	NAYARIT

## Generación de Software

### Conceptualización y Desarrollo de Software

Se desarrolló la primera versión de un juego interactivo que tuviera dos características principales; ser entretenido y poder recuperar información relativa a su uso a lo largo de una sesión. Esto pudo lograrse gracias a la plataforma utilizada para su desarrollo (Java TM). Esta aplicación juega un papel importante en la rehabilitación, basándose en la interacción hombre-máquina y el estímulo visual que recibe el cerebro. Esto permite que mediante un proceso de neuroplasticidad cerebral, la extremidad afectada recupere su movimiento a lo largo de las sesiones de trabajo. El desarrollo de esta aplicación fue realizada por un estudiante de la Licenciatura en Computación becado por el proyecto. Las imágenes de las figuras 1 y 2 presentan la aplicación desarrollada.

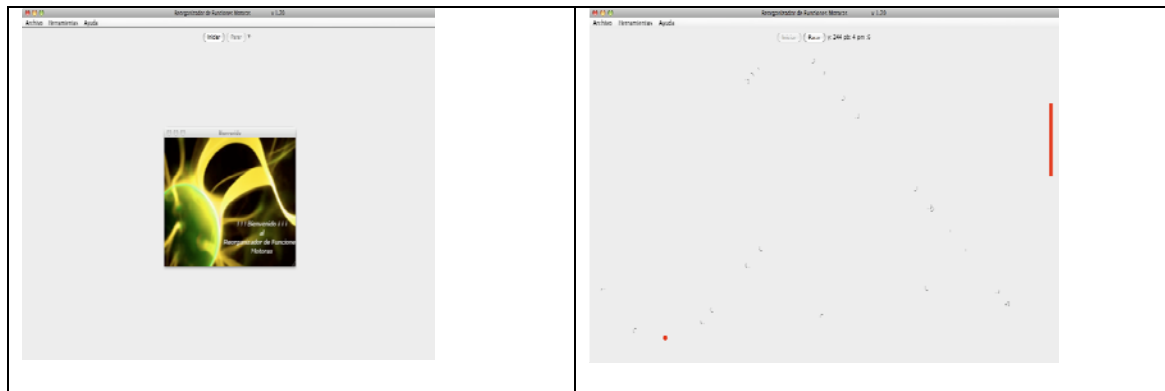


Fig. 1 Aplicación desarrollada para las terapias de rehabilitación. Izquierda: Ventana de bienvenida. Derecha: Aplicación en uso.

Posteriormente, se decidió cambiar de plataforma de desarrollo utilizando ActionScript de la empresa Adobe TM; esto nos permitió rediseñar la aplicación al darle un enfoque mas atractivo e interactivo con los pacientes y desarrollar nuevos programas. Estos se encuentran actualmente en fase de finalización.

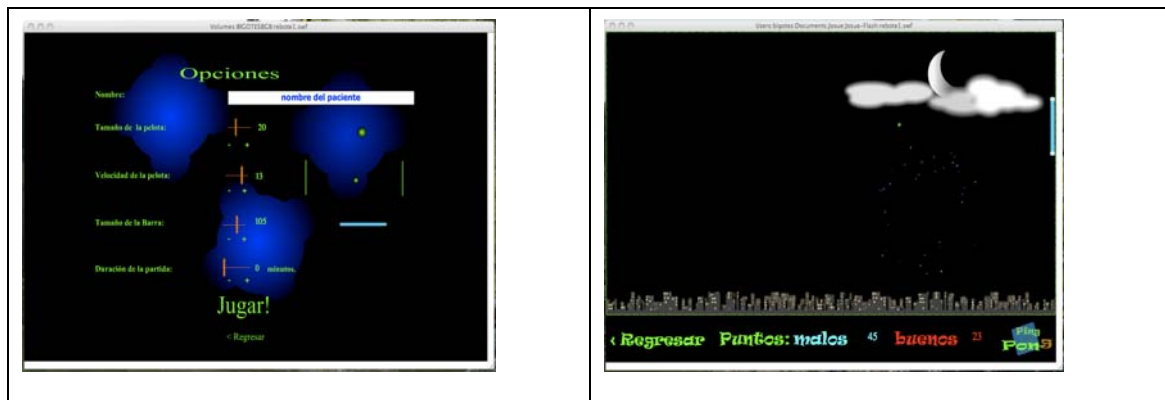


Fig. 2 Programa utilizado por los pacientes con Hemiplejia versión paciente-computadora.

El software de interacción via remota, se planearon dos versiones, (1) en plataforma JAVA y (2) en lenguaje C++. De éstas, la plataforma que se mantuvo es la plataforma JAVA. Este programa está formado por dos secciones, (1) El servidor y (2) el cliente. En la figura 3, se muestran las ventanas de inicio del servidor. En esta se establecen los parámetros de juego, como son tamaño de la pelota, tamaño de la barra y velocidad de la pelota. También se seccionan los datos a registrar, como puntos buenos y malos, posición de puntos buenos y malos, y finalmente el tiempo de la sección.

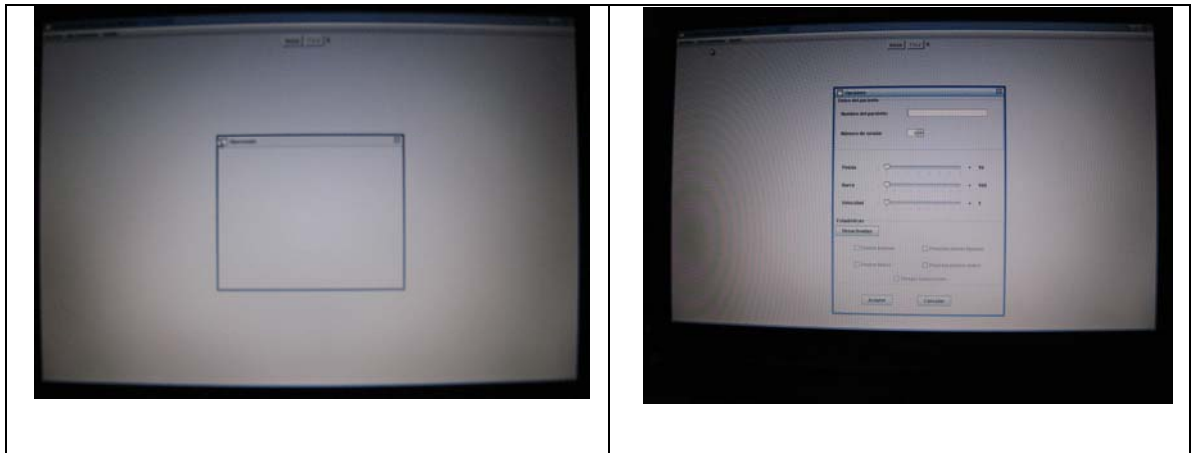


Fig. 3 Programa utilizado por los pacientes con Hemiplejia versión paciente-paciente, ventanas de inicio del servidor.

En la figura 4 se muestran las ventanas de inicio de la sección cliente. En esta sección solo se solicitan el nombre del paciente y la IP del servidor. En las figuras 5 y 6 se muestran la interacción entre cliente y servidor, y finalmente muestra de los archivos de resultados.

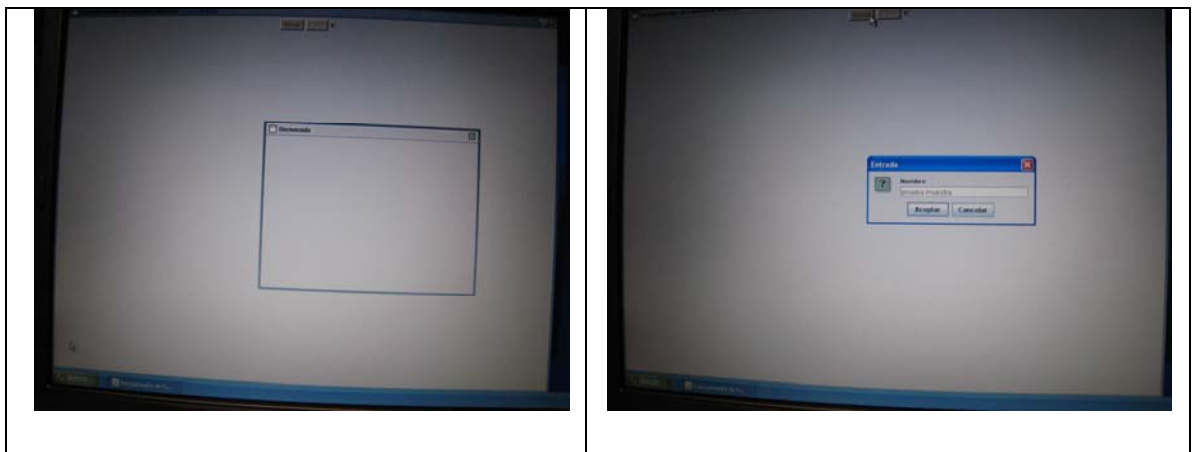


Fig. 4 Programa utilizado por los pacientes con Hemiplejia versión paciente-paciente, ventanas de inicio del cliente.

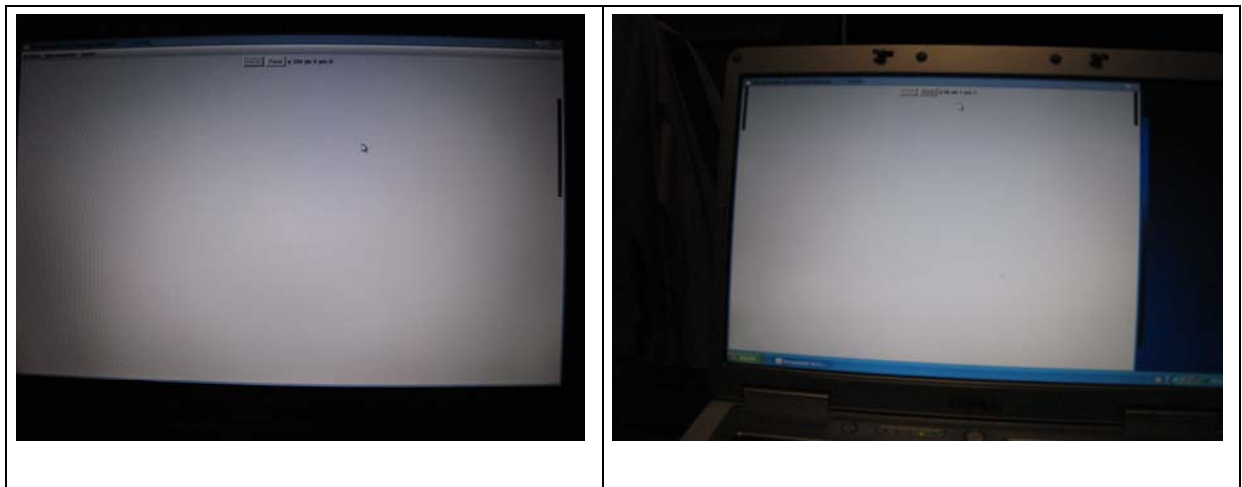


Fig. 5 Programa utilizado por los pacientes con Hemiplejia versión paciente-paciente, izquierda servidor y derecha cliente.

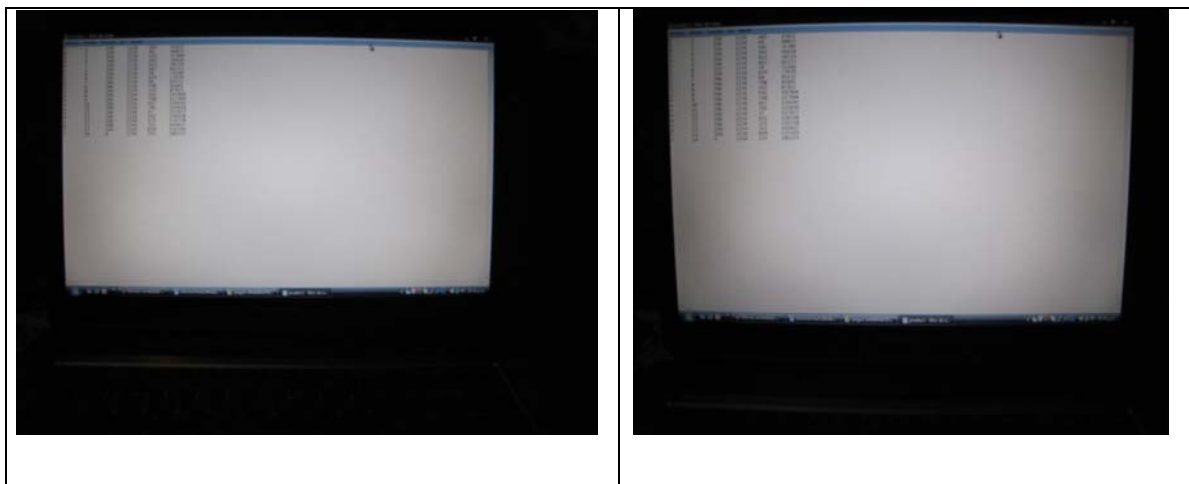


Fig. 6 Programa utilizado por los pacientes con Hemiplejia versión paciente-paciente, ejemplos de estadísticas.



## Dispositivos Electro-Mecánicos

Se construyeron 14 palancas de miembro superior y seis de miembro inferior, las cuales se encuentran instaladas en los espacios gestionados. Se sometió al proceso de patente el dispositivo de palanca para miembro superior (ver Anexo 4)

En la BUAP se desarrolló de un sistema para evaluar la dinámica de miembros inferiores, cuyo acoplamiento al movimiento de la mano y el sistema interactivo con la PC está por concluirse con un 98 % de avance. Resultados del primer sistema se muestran en el anexo 5. El electromiógrafo no se concluyó por abandono del estudiante.

- Enliste las actividades realizadas durante este periodo, indicando el porcentaje de avance.

No.	Actividad	Periodo de la actividad programado	% de avance
1	Gestión de un espacio físico	Marzo –Junio	100%
2	Valoración inicial (médica)	Junio - Septiembre	100 %
3	Realización del software para la interacción remota por medio de internet 2	Marzo 2008 a Febrero 2009	100%
4	Guante e instrumentos de medición	Abril - Octubre	98 %
5	Puesta en marcha, recepción de pacientes y seguimiento de los mismos	Mayo- Diciembre	100 %
6	Concentración de datos, análisis y conclusiones	Septiembre 2008 a febrero 2009	100 %
7	Presentación de Informes.	Febrero a Marzo 2009	100 %

- Desviaciones y/o modificaciones en el proyecto.

Las desviaciones que se pueden mencionar son como sigue.

- Retraso del proyecto solo a causa del retardo en la recuperación de los recursos por los centros respectivos. En relación al cenidet el recurso se recuperó hasta el mes de abril del 2008. En el caso de UABJO se recuperó en el mes de agosto del 2008 a causa de problemas internos de la Institución.

- Manifieste los problemas o beneficios que se han presentado en el desarrollo del proyecto; tanto técnicos como financieros.

Los problemas principales que se han presentado se pueden desglosar como sigue:

- A pesar de que la población afectada por EVC puede considerarse en un 4 % de la población, la respuesta para asistir a este tipo de terapia es baja por bajos recursos económicos, incredulidad por conocimiento de terapias tradicionales, resistencia de médicos, entre otros.
- Las pruebas por internet dos se detuvieron por un periodo aproximado de dos meses por falta de pago del cenidet de internet 2, baja cooperación y desconocimiento técnico.
- Se realizaron dos pruebas de interacción remota, donde desafortunadamente no se midieron las características técnicas de transmisión y recepción, por cuestiones técnicas del Cenidet. Asimismo,

por la manera en que se distribuye en la UABJO, lo que baja el ancho de banda, evitando que el programa desarrollado operara propiamente.

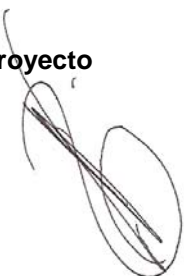
- (d) Problemas Políticos de la UABJO, que cerró las instalaciones en mas de una ocasión.
- (e) Problemas personales internos en Oaxaca, que prevenían la aplicación de los convenios de forma adecuada.

## 5. Resultados

Los resultados obtenidos en el periodo reportado pueden resumirse como sigue:

- a. Gestión de cuatro espacios para la realización del proyecto. El primero en Jojutla, El segundo en Oaxaca, el Tercero En Nayarit y el cuarto en Cuernavaca.
- b. Se construyeron palancas para miembro superior e inferior, se establecieron los protocolos de operación y funcionamiento.
- c. Se sometió al IMPI la patente **SISTEMA PARA REHABILITACIÓN MOTIVACIONAL DE MIEMBRO SUPERIOR.**
- d. Se realizo y mejoró el programa para interacción con PC, para uno y dos grados de libertad.
- e. Se realizó el programa interactivo a distancia.
- f. Se tiene la base de operación del guante, y del electromiógrafo
- g. Se atendieron 21 pacientes en los estados.
- h. Se publicó en el PAHCE.
- i. Se presentaron resultados en la reunión nacional del DIF.

**Lider del Proyecto**



Dr. JOSE MARIA RODRIGUEZ LELIS

## **Anexo 1**

### **Informe Técnico**

#### **Acoplamiento a Distancia de Pacientes con Hemiplejia a través de Dispositivos para Rehabilitación Asistida por Computadora**

Línea de Investigación o de Trabajo: Diseño-Biomecánica

---

Dr. José María Rodríguez Lelis, Dr. Manuel Juárez Pacheco, Est. Arturo Abundez Pliego, Est. José Navarro Torres, Est. Sergio Reyes Galindo, Est. Antonio Arellano, Dr. Marciano Vargas Treviño, Dra. Ma. Aurora Diozcora Vargas Treviño, Dr. Sergio Vergara Limón, Dr. Francisco Reyes Cortés, Dr. Oscar Paredes Otalengo.

---

#### **Introducción**

Como describe Paul Bach y Rita [1], la forma en que las personas que sufrieron algún daño cerebral son tratadas y rehabilitadas, depende en gran parte, del estado del conocimiento sobre la capacidad cerebral para reorganizarse después del daño. También, que algunas conclusiones reportadas por los investigadores, se refirieren a los siguientes aspectos: La rehabilitación debe ser variada y sobre todo no repetitiva; los cambios en la corteza motora son derivados de la adquisición de habilidades motoras, no simplemente por el uso motor, los cuales podrían indicar que las actividades repetitivas y monótonas de la rehabilitación común son ineficaces en términos de beneficios en la coordinación neuromotora; la plasticidad funcional es acompañada por una plasticidad estructural.

Asimismo, Paul Bach y Rita [1] menciona que se ha documentado que la recuperación con terapia de movimientos forzados e inducidos puede persistir por dos años, mientras que la rehabilitación funcional de un solo movimiento (por ejemplo, la extensión del brazo usando una palanca para controlar un videojuego de ping-pong) produce recuperación en otros movimientos, como la extensión de la muñeca y la habilidad de balancear el brazo.

Finalmente, establece que las personas discapacitadas deben ser capaces de llevar una rehabilitación motivante con una supervisión mínima, en el hogar, en programas institucionales y educativos, y tomando ventaja de la tecnología moderna como son los videojuegos y el internet. La motivación debería ser rutinaria para personas que estén en su hogar el interactuar en programas terapéuticos con el terapeuta e individuos en otros hogares.

Por otro lado, como lo describe Johnson [2], diferentes propuestas para la rehabilitación de pacientes con hemiplejia pueden encontrarse, ya sea con base en elementos comerciales o carácter robótico [3-6]. En la propuesta de Johnson, se introduce la habilidad para el manejo de un automóvil, a través de un volante y un software comercial que muestra el camino y el automóvil por manejar. De esta manera, incorpora la rehabilitación asistida por computadora. Una característica interesante de dicho sistema consiste en la capacidad de obtener datos de fuerza y que se requieren ambas manos para el proceso de manejo, sin embargo el costo tan solo del volante es cercano a los \$99.00 USD.

La población con discapacidad es un grupo de especial atención, básicamente porque es un fenómeno social que interesa desde diversas perspectivas a los sectores de la administración pública, a las instituciones privadas y a las organizaciones no gubernamentales. La discapacidad afecta no sólo a la persona, sino también al núcleo familiar y a la comunidad de la que forma parte; sus dimensiones sociales y económicas, así como sus consecuencias para la salud pública adquieren otra magnitud. Las personas con discapacidad no presentan únicamente una limitación física en sus funciones (que se traduce en un déficit en la realización de sus actividades), sino también muestran un desajuste psicológico y una limitación en su desarrollo socioeconómico, educativo y cultural.

A pesar de que en México no se tiene acceso a un dato estadístico de pacientes afectados por embolias, la importancia de este evento en la salud en el ser humano y su extrapolación al contexto mexicano, puede

tomarse de los datos mostrados por The American Stroke Association, quien establece que la embolia es la tercera causa de muerte en EUA y la causa de de serios casos de discapacidades [7]. Sus estadísticas muestran que en el 2005, tenían aproximadamente cuatro millones de pacientes sobrevivientes de un evento vascular, y que se presentaban 500,000 casos nuevos cada año. Otro dato significativo menciona que aproximadamente el 0.004 % de las personas en edades de 45 años presentan su primer evento vascular en EUA, Europa y Australia [8]. Considerando una extrapolación lineal se tendría que en México se presentarían aproximadamente 160,000 casos cada año.

Estos datos urgen la implantación de soluciones económicas y funcionales que permitan la rehabilitación de pacientes con evento vascular cerebral (EVS), parálisis cerebral infantil y traumas craneoencefálicos. Este objetivo forma la base del presente trabajo.

## Objetivos

Estudio de rehabilitación y desarrollo de tecnología asociada en las áreas clínica para pacientes con eventos vasculares cerebrales

## Metas

En este proyecto se realizará una evaluación de los efectos motivacionales en la rehabilitación asistida por computadora para pacientes con hemiplejía, a través de la interacción de entre ellos vía remota

## Materiales y métodos

En este modelo de recuperación motora en miembros superiores se pretende ganar control voluntario en hombro, codo y muñeca-mano, así como recuperación de movimientos acción- reacción en tiempo real, intentando lograr que los movimientos sean funcionales para las actividades de la vida diaria. El concepto general bajo el cual se diseña el proceso de rehabilitación se muestra en la figura 1.1.

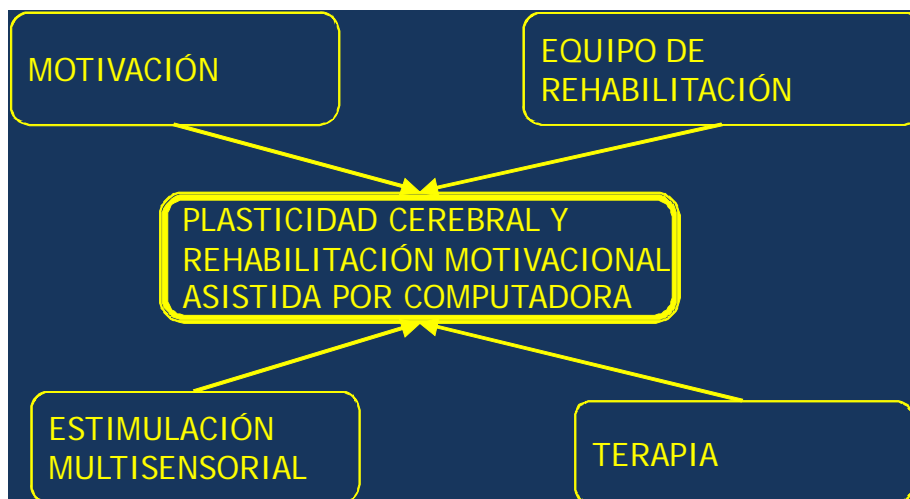


Figura 1.1. Pantalla del programa de selección de parámetros.

Como se puede ver de la figura 1.1, en el proceso de rehabilitación asistida por computadora convergen cuatro condiciones, un equipo mecánico que restringe los movimientos que deben realizarse, el diseño de una terapia médica con la cual trabajará el paciente para su rehabilitación, la estimulación multisensorial establecida por el programa de cómputo y que a su vez deberá contener el elemento motivacional, que apoyará al paciente para que el deseo de realizar la terapia sea propio. En estos últimos dos elementos, se encuentra el efecto de trabajo a distancia con otros pacientes de características similares.

Los criterios según los cuales incluyeron las personas con secuelas sub agudas de mas de 2 meses post evento son:

- Sintomatología de base bajo control médico (hipertensión arterial u otras condiciones generales de salud)
- Estado de conciencia que permita la comunicación médico-paciente
- No presentar alteraciones sensoriales en lenguaje que limiten la comunicación
- Articuciones del segmento a tratar sin contracturas severas que limiten y/o contraindiquen su movimiento.
- Aceptar voluntariamente participar en el protocolo de RMAC.

El programa de cómputo que se empleo en este trabajo, tiene dos versiones. La primera versión es un juego simple de ping-pong, y tiene capacidad de registro de número de aciertos, errores, distancia del centro de la paleta donde golpeo la pelota, además del registro de los datos particulares de la sesión como son: nombre, tamaño de la pelota, velocidad de pelota, tamaño de la paleta y duración de la sesión, tal y como se muestra en la figura 1.2.

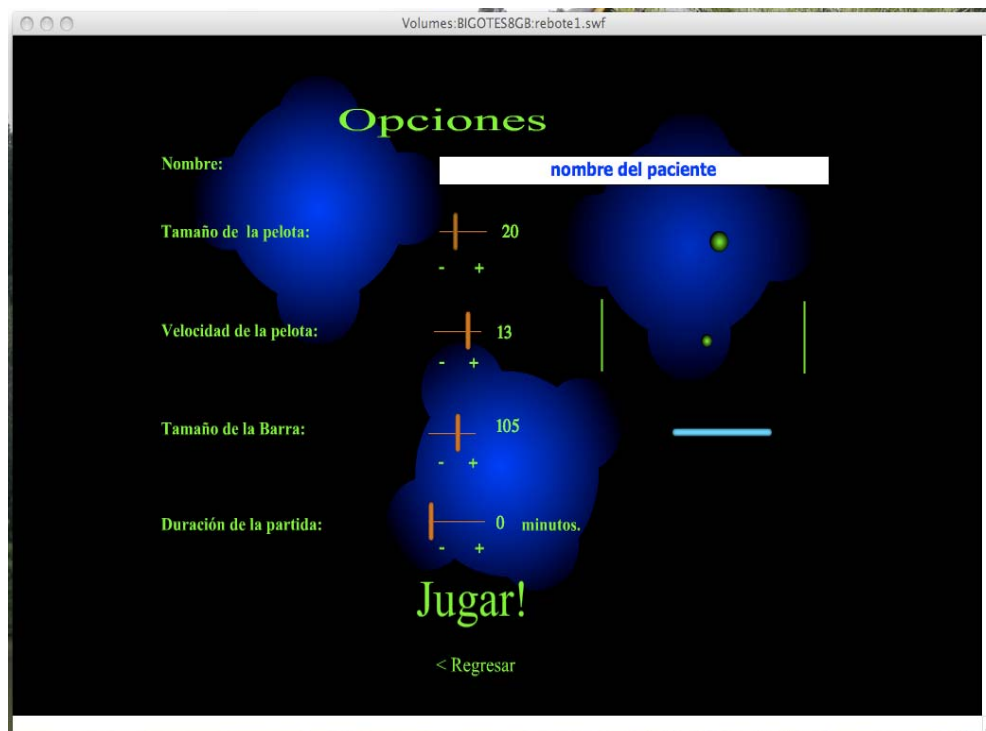


Figura 1.2. Pantalla del programa de selección de parámetros.

La segunda versión es un juego de ping-pong, formado por dos secciones, (1) un servidor y (2) un cliente. Esto permite la interacción exclusivamente con dos pacientes. De forma similar que la versión 1, tiene capacidad de registro de número de aciertos, errores; además del registro de los datos particulares de la sesión como son: nombre, tamaño de la pelota, velocidad de pelota, tamaño de la paleta y duración de la sesión, tal y como se muestra en la figura 1.3.

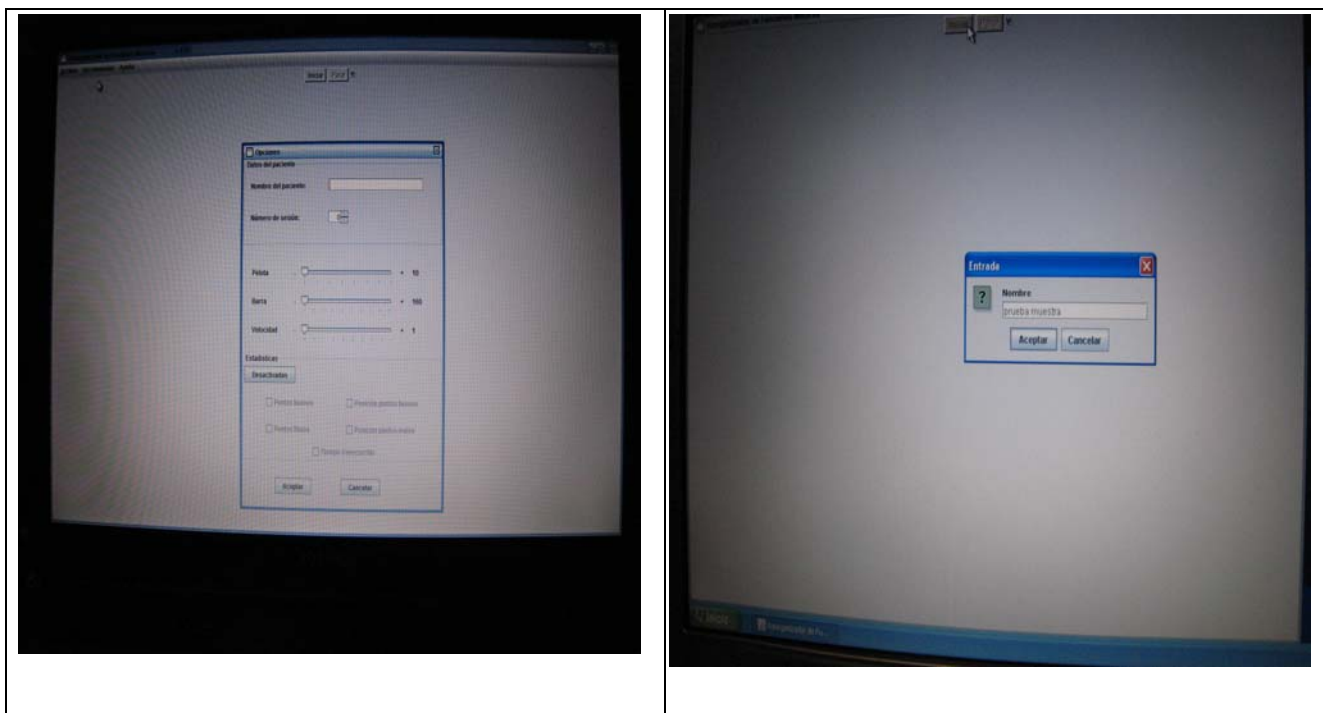


Figura 1.3. Pantallas del programa, servidor izquierda y cliente derecha.

Cada paciente en el programa de rehabilitación se le sujeto a terapias de 25 a 30 minutos, a realizarse cada tercer día; esto es, una hora y media máxima a la semana. Cada uno de ellos recibió instrucción inicial y guía demostrativa del proceso a seguir. Al principio de la terapia se restringía el movimiento de la palanca a un solo grado de libertad. El uso del segundo grado de libertad dependió de que el paciente alcanzara los valores mínimos de tamaño de la pelota y paleta, con valor máximo de velocidad..

### Desarrollo y resultados

Este trabajo se desarrolla por la colaboración multidisciplinaria entre médicos e ingenieros, en los estados de Morelos, Oaxaca, Nayarit y Veracruz. El programa tiene 12 meses de haberse iniciado con una atención de 22 pacientes en total. De estos, la primera aproximación de terapia se realizó con la interacción paciente-computadora. Aquí se lograron avances significativos en la recuperación motora. Sin embargo, después de periodos largos de rehabilitación, con un solo programa, en este caso el de ping-pong, se tiene una tendencia al aburrimiento y por ende a revertir hasta cierto punto las estadísticas de recuperación motora. En la tabla 1.1 se muestra el resumen de un paciente en el centro de Nayarit, y en la figura 1.4, el grafico de avance.

Tabla 1.1. Registro de datos de un paciente en Nayarit.

SESION	TIEMPO	ACIERTOS	FALLAS	DIFERENCIAL	% EFECTIVIDAD	BALL SIZE	SPEED
1a.	25 minutos	165	163	2	1	maximo	minima (1)
2a.	25 minutos	241	126	115	48	maximo	minima (1)
3a.	25 minutos	287	107	180	63	maximo	minima (1)
4a.	25 minutos	260	156	104	40	maximo	minima (1)
5a.	25 minutos	400	74	326	82	maximo	minima (1)
6a.	25 minutos	350	77	273	78	maximo	minima (1)
7a.	25 minutos	292	55	237	81	maximo	minima (1)
8a.	25 minutos	171	150	21	12	mediana	minima (2)
9a.	25 minutos	199	199	0	0	mediana	minima (2)
10a.	25 minutos	211	114	97	46	mediana	minima (2)
<b>SUMAS</b>		<b>2576</b>	<b>1221</b>	<b>1355</b>	<b>53</b>		

De la primera a la séptima sesión se muestra una progresión en la efectividad de los aciertos. A partir de la octava sesión se modifican los parámetros disminuyendo la efectividad; en la novena sesión se observan manifestaciones de frustración por resistencia al cambio, recuperando su patrón de evolución en forma similar a lo manifestado en las tres primeras sesiones, por lo que se puede esperar que el patrón de evolución se repita a mayor numero de sesiones.

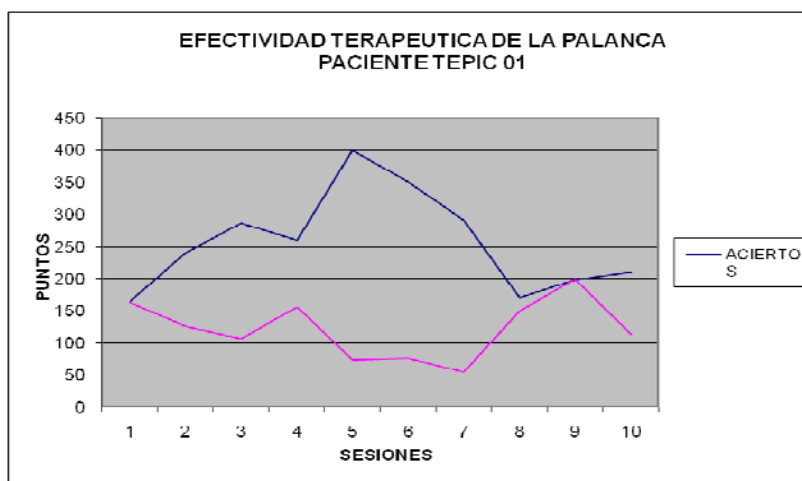


Figura 1.4. Progreso en aciertos de un paciente.



Este tipo de evaluación se complemento con evaluaciones médicas, por ejemplo:

PATRICIA ALARCÓN TORRES.

EXPEDIENTE NO. 08 272

FECHA DE ESTUDIO 05 JUNIO 2008

PACIENTE FEMENINA DE 8 AÑOS QUE SUFRE HERIDA PENETRANTE DE CRANEO EN REGIÓN TEMPORAL IZQUIERDA EN 2001, CON LESIÓN PARENQUIMATOSA DE LÓBULO TEMPORAL CON CUADRO HEMORRAGICO Y EDEMA CEREBRAL IMPORTANTE, ESTA LESIÓN DESARROLLO CUADRO DE HEMIPARESIA CORPORAL DERECHA CON ALTERACIONES DEL LENGUAJE Y PRESENCIA DE CRISIS CONVULSIVAS LAS CUALES ACTUALMENTE ESTÁN CONTROLADAS.

EF PACIENTE CONCIENTE, TRANQUILA, LA PACIENTE NO ESTABLECE CONTACTO VISUAL CON SU INTERLOCUTOR. LA HEMIPARESIA DER. ++. EL CONTROL MOTRÍZ A NIVEL DE HOMBRO Y CODO Y ES NULO EN ANTEBRAZO Y MUÑECA MANO. EL CONTROL MOTRÍZ DE MIEMBRO PÉLVICO DERECHO ES REGULAR PERMITIENDO UNA MARCHA INDEPENDIENTE CON PATRÓN HEMIPLÉJICO MODERADO.

IMPRESIÓN DIAGNÓSTICA: HEMIPLEJIA DERECHA SECUNDARIA A TRAUMATISMO PENETRANTE DE CRANEO.

RETRAOS DE LENGUAJE.

DEFICIENCIA MENTAL.

EL PRONÓSTICO FUNCIONAL ES MALO.

PLAN:

SE ENVÍA A FISIOTERAPIA PARA MANEJO FISIÁTRICO HABITUAL

02 JULIO 2008

NOTA DE EVOLUCIÓN.

PACIENTE FEMENINA DE 8 AÑOS CON HEMIPLEJIA DERECHA, CON REGULAR CONTROL MOTRÍZ DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR DERECHA.

SE CANALIZA PARA CONTINUAR MANEJO FISIATRICO HABITUAL Y SE INGRESA PARA MANEJO CON SISTEMA DE RETROALIMENTACIÓN ASISTIDO POR COMPUTADORA.

08 DE AGOSTO 2008.

NOTA DE EVOLUCIÓN.

LA MOVILIDAD DE HOMBRO ACTUALMENTE CON 160° DE FLEXIÓN, ABDUCCIÓN DE 150°, EL CODO LOGRA FLEXIÓN COMPLETA CON ROTACIÓN EXTERNA DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR DERECHA. PERSISITE NULO CONTROL DE MUÑECA Y MANO DERECHAS.

CONTINÚA MANEJO CON SISTEMA COMPUTARIZADO DE REEDUCACIÓN MUSCULAR.

10 DE OCTUBRE DE 2008.

NOTA DE EVOLUCIÓN.

PACIENTE FEMENINA DE 8 AÑOS CON EXCELENTE CONTORL MOTRÍZ DE HOMBRO, EL CODO Y MUÑECA-MANO PERSISITEN CON IGUALES CONDICIONES DE CONTROL MOTRÍZ.

19 NOV 2008.

NOTA DE EVOLUCIÓN.



PERSISTE BUEN CONTROL DE HOMBRO, REGULAR EN CODO Y NULO DE MUÑECA MANO DERECHAS.

CONTINÚA MISMO MANEJO FISIATRICO Y CON SISTEMA COMPUTARIZADO DE REEDUCACIÓN NEUROMUSCULAR.

14 DE ENERO DE 2009.

NOTA DE EVOLUCIÓN.

PERSISTE EL CONTROL MOTRÍZ DE HOMBRO Y CODO, NULO EN MUÑECA-MANO DERECHAS. LA ESPASTICIDAD DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR DERECHA HA DISMINUIDO PARCIALMENTE.

CONTINÚA TRATAMIENTO CON SISTEMA COMPUTARIZADO DE REEDUCACIÓN MUSCULAR.

También

GOMEZ SOTELO FELIPA

EXPEDIENTE NO. 08 494.

FECHA DE ESTUDIO 14 NOVIEMBRE DE 2008.

PACIENTE FEMENINA DE 67 AÑOS, CON HIPERTENSIÓN ARTERIAL SISTÉMICA (HAS) DE 10 AÑOS DE EVOLUCIÓN. ACUDE POR PRESENTAR CUADRO DE ENFERMEDAD VASCULAR CEREBRAL DESDE EL DÍA 07 DE NOVIEMBRE DE 2008, CUADRO TIPO ISQUÉMICO DE ACM DERECHA CON HEMIPLEJIA CORPORAL IZQUIERDA.

EF PACIENTE CONCIENTE, TRANQUILO, DESORIENTADA TEMPORALMENTE CON NULO CONTROL MOTRÍZ DE EXTREMIDAD TORAXICA IZQUIERDA, SOLAMENTE LOGRA EN FORMA VOLUNTARIA DISCRETA FLEXIÓN DE DEDOS SIN LOGRAR HACER PUÑO. EN LA EXTREMIDAD PÉLVICA IZQUIERDA HAY BUEN CONTROL MOTRÍZ A NIVEL DE CADERA Y REGULAR CONTROL MOTRÍZ DE RODILLA Y TOBILLO, NO LOGRA REALIZAR MARCHA EN FORMA INDEPENDIENTE.

DIAGNÓSTICO: HEMIPLEJIA CORPORAL IZQUIERDA.

ENFERMEDAD VASCULAR CEREBRAL ISQUÉMICA DE ACMD.

SE ENVÍA A FISIOTERAPIA PARA MANEJO FISIÁTRICO HABITUAL

SE INGRESA A REEDUCACIÓN MUSCULAR CON SISTEMA COMPUTARIZADO

NOTA DE EVOLUCIÓN. 15 ENERO DE 2009

PACIENTE FEMENINA DE 67 AÑOS CON EVC DEL 07 NOV 2008, ACTUALMENTE CONCIENTE, TRANQUILA, ORIENTADA. LA MARCHA ES INDEPENDIENTE CON CLAUDICACIÓN ++ DEBIDO A GONALGIA IZQUIERDA. NO HAY DATOS CLÍNICOS DE HEMIPLEJIA IZQUIERDA.

DIAGNÓSTICO: HEMIPLEJIA CORPORAL IZQUIERDA.

ENFERMEDAD VASCULAR CEREBRAL ISQUÉMICA DE ACMD.

SE SOLICITAN ESTUDIOS DE LABORATORIO Y GABINETE

NOTA DE EVOLUCIÓN. 04 FEBERERO DE 2009.

LA PACIENTE REFIERE DOLOR LEVE A MODERADO DE HOMBRO Y RODILLA IZQUIERDOS. CLÍNICAMENTE HAY CONTROL MOTRÍZ REGULAR DE EXTREMIDADES IZQUIERDAS DEBIDO A HEMIPLEJIA IZQUIERDA.

EL LABORATORIO REPORTA ACIDO URICO DE 3.9 MG/DL, EGO CON LEUCOCITURIA DE 5/6 POR CAMPO; LAS RADIOGRAFIAS SIMPLES DE RODILLA MUESTRAN LA PRESENCIA DE CAMBIOS DEGENERATIVOS CRÓNICOS ++ A NIVEL PATELOFEMORAL Y FEMOROTIBIALES DE RODILLA IZQUIERDA.

SE CONTINUA TRATAMIENTO A BASE DE FISIOTERAPIA EN FORMA HABITUAL, SE PRESCRIBE ANTIBIÓTICO POR LA SOSPECHA DE INFECCIÓN URINARIA AGREGADA Y SE CONTINUA EL MANEJO FISIATRICO HABITUAL A UN CUADRO DE EVC Y CONTINUA CON EL SISTEMA DE REEDUCACIÓN NEUROMUSCULAR COMPUTARIZADO.

DIAGNÓSTICO: HEMIPLEJIA CORPORAL IZQUIERDA.  
ENFERMEDAD VASCULAR CEREBRAL ISQUÉMICA DE ACMD.  
INFECCIÓN DE VIAS URINARIAS.  
GONARTROSIS IZQUIERDA II.

En la mayoría de los pacientes se presenta una mejora en el control motor a partir de las primeras cinco sesiones hasta las 15 o 20 sesiones. A partir de este momento presentan un comportamiento estable, y en ocasiones un retroceso estadístico. Se nota que este retraso no es a causa de pérdida motriz, mas bien por el conocimiento del estímulo propuesto por el programa de cómputo. Para resolver esto, se agregó un programa del dominio público, que resultara divertido. (Ver. Figuras 1.5 y 1.6)



Figura 1.5. Programa del segundo grado de libertad del dominio público, inicio.



Figura 1.6. Programa del segundo grado de libertad del dominio público, fin.

Con el programa de ping-pong desarrollado cliente servidor se procedió a realizar la interacción entre Oaxaca- Cuernavaca. En la primera intervención, se logró el contacto y se noto un retardo aproximadamente de 0.5 a 1 segundos entre la señal del servidor a la señal del cliente. A pesar de ello, se decidió proceder con la prueba de contacto entre pacientes, ya que se trataba de evaluar el impacto emocional de tener un contrincante en condiciones físicas similares. La secuencia de la segunda prueba se muestra en la figura 1.7.



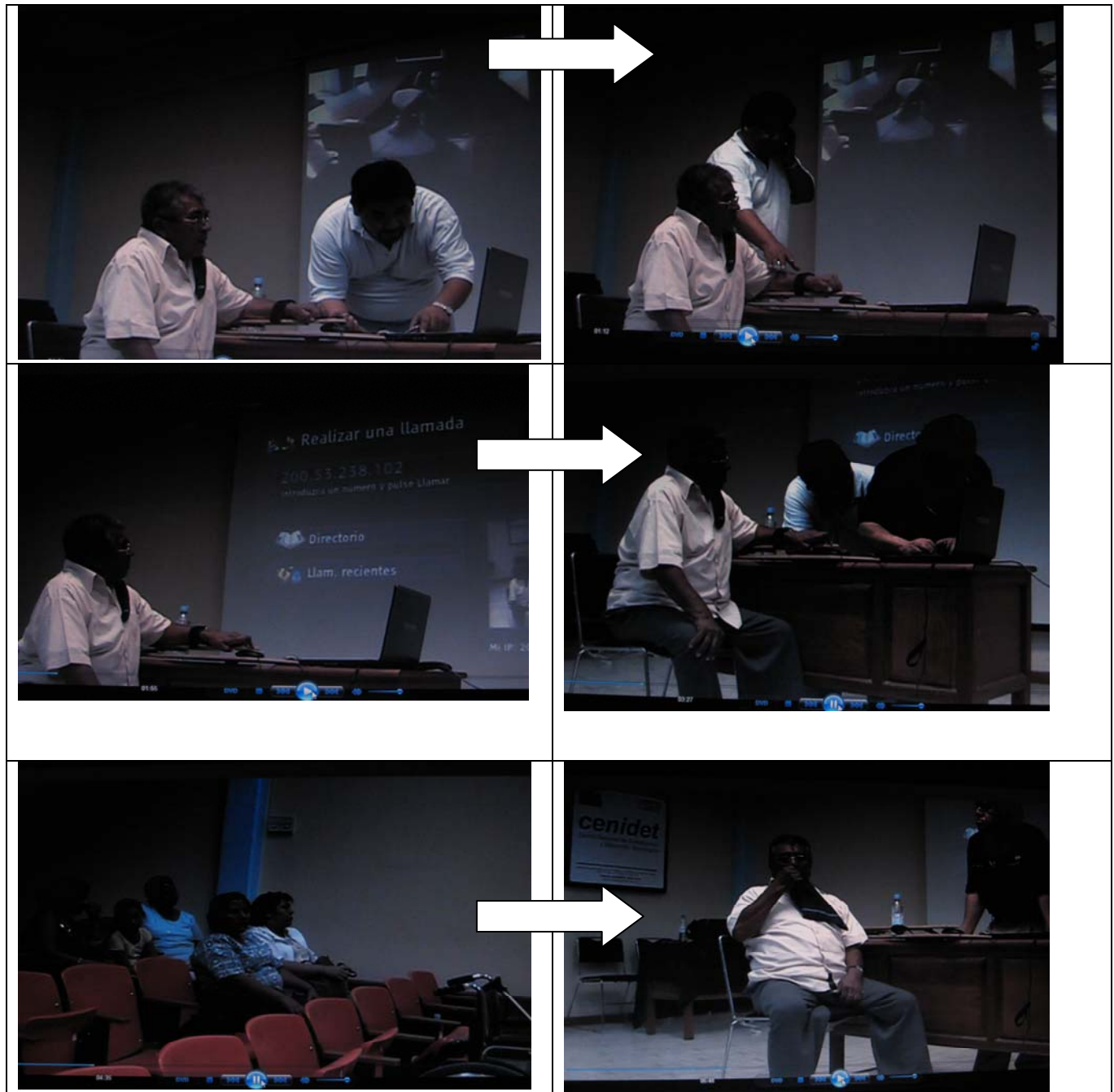


Figura 1.7 Secuencia de la prueba de por internet dos.

La secuencia que se muestra en la figura 1.7, inicia con el arribo a los auditorios del Cenidet y Uabjo donde se encuentran los sistemas de transmisión por internet dos. En el segundo par de fotografías se muestra el proceso de conexión entre la Uabjo y el Cenidet, donde se aprecia en el fondo de estas al personal y pacientes de la Uabjo. Posteriormente se procede a la puesta en marcha de los programas, iniciando el servidor en la Uabjo y colocando el IP en el cliente del Cenidet. Aquí se puede ver el inicio de los programas en operación. Para el penúltimo par de fotografías, se puede ver al paciente realizando el juego, que solo



duro por 1 minuto, y el trabajo realizado para recuperar la conexión. Finalmente en el último par de fotografías, se muestra la conclusión de la prueba. Durante el proceso se presenciaron fuertes retrasos en la señal, y pérdida de esta a causa de una disminución del ancho de banda, por la realización de eventos múltiples en la Uabjo. A pesar de que la duración de trabajo del paciente fue muy corto, el ambiente que en el que se desarrolló el experimento generó la voluntad en los pacientes de realizarlo continuamente. Los comentarios vertidos por ellos mismos, indicaron, que les era emocionante entrar en competencia con personas de otros estados de la república. Se debe comentar, que para este tipo de ejercicios se les trato de formar conciencia local y que se trataba de una competencia para ver que equipo, Morelos o Oaxaca, obtenía mas puntos y era vencedor. Asimismo, debe comentarse que fue voluntad de los pacientes el presentarse a este tipo de ejercicio.

A causa de lo anterior, se decidió hacer una conexión computadora-computadora, para observar el comportamiento del programa de cómputo. En la figura 1.8 se muestra esta secuencia.



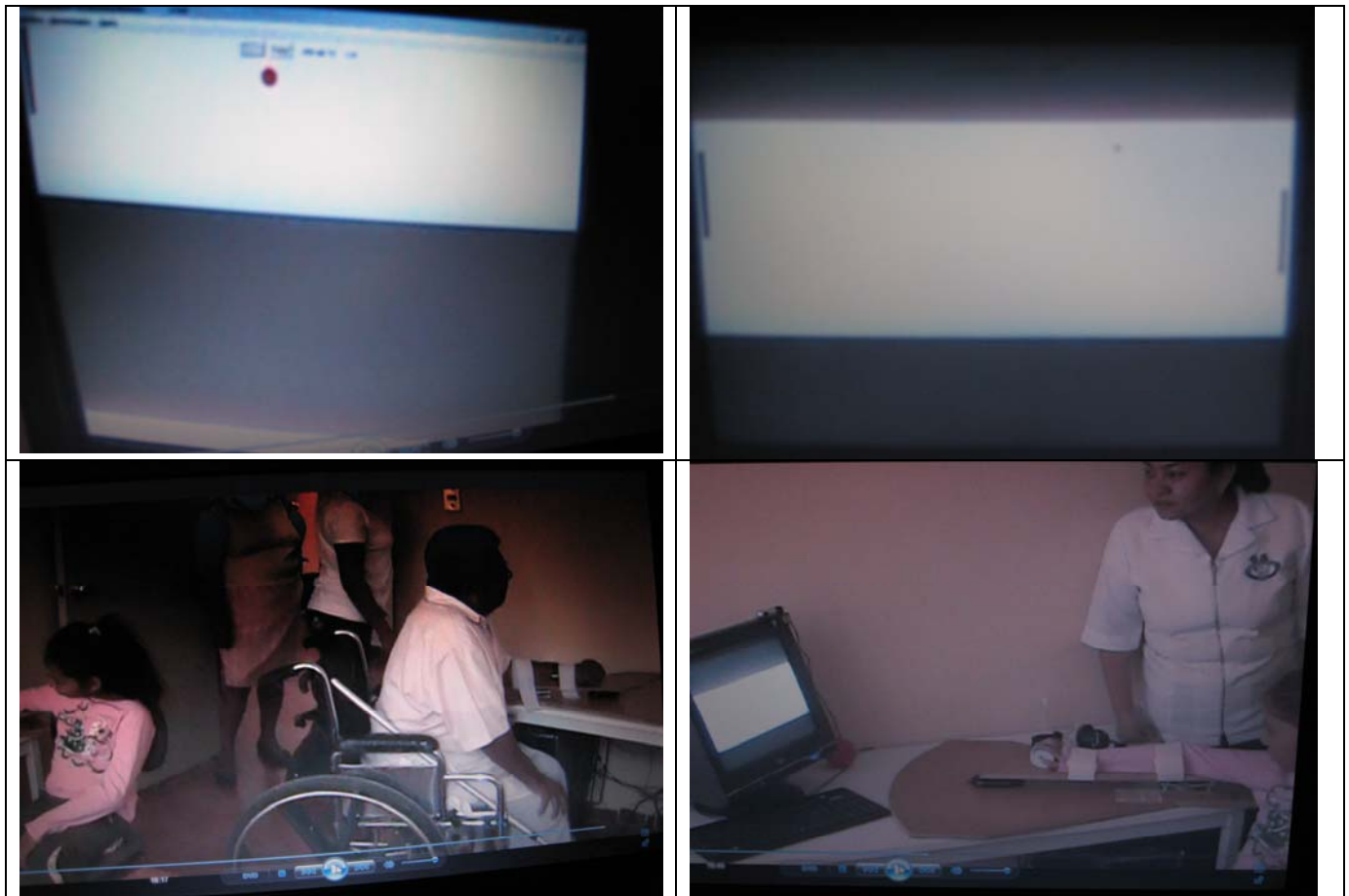


Figura 1.8 Secuencia de la prueba del programa computadora-computadora.

El proceso mostrado en la figura 1.8, inicia con la puesta en marcha del servidor como se muestra en las primeras dos fotografías. Al iniciar el servidor solo aparece una de las paletas y espera la conexión del cliente. El siguiente par de fotografías muestra la conexión del cliente y el inicio de la sesión de los dos pacientes. Un detalle importante de mostrar es que en el servidor se respetaban el ajuste de las dimensiones de la pelota, y en el cliente siempre se mantenían constante. También, que una vez que el cliente hacía contacto con la pelota, la imagen aparecía una cuarta parte después en el siguiente monitor. A pesar de la simpleza del programa y detalles tecnológicos, este tipo de ejercicios trajeron novedad entre los pacientes y la intención propia de continuar con la terapia por si mismos, Esto se dio entre otras razones por la posibilidad de tener un compañero de plática, y competencia; esto es, una motivación para trasladarse al lugar de rehabilitación.

### *Evaluación del movimiento con acelerómetros.*

En la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en colaboración con el departamento de Ing. Mecánica del CENIDET y con la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, se realizó un estudio para caracterizar los movimientos que realizan los miembros inferiores al momento que una persona realiza una marcha normal [1]. El propósito de este estudio fue formar

la infraestructura para el desarrollo de un guante que apoye la rehabilitación de hemipléjicos, a través de un sistema electrónico de medición, que mide los movimientos de las articulaciones mediante acelerómetros que detectan el ángulo de inclinación. En el primer estudio a partir de la aplicación al miembro inferior, se buscó determinar si existe alguna similitud entre los movimientos que realiza el miembro inferior izquierdo y el miembro inferior derecho, colocando los acelerómetros en el muslo y pierna tomando como referencia el plano sagital de sustentación, ver figura 1.9.

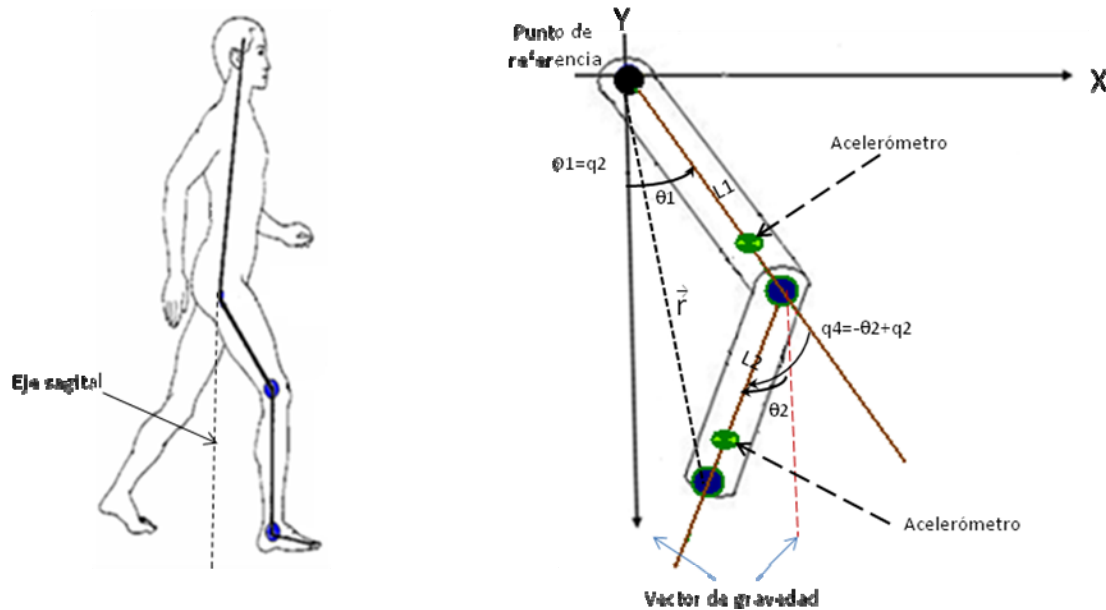


Fig. 1.9 Análisis de desplazamiento del miembro inferior.

Los movimientos realizados por el muslo están determinados por  $q_2$  y desplazamientos realizados por la pierna están determinados por  $q_4$ . Los resultados obtenidos en este estudio indican que los movimientos que realizan los miembros inferiores son cíclicos y alternantes; también se encontró un patrón de movimientos que indican la diferencia que existe en los movimientos que realiza una persona y otra.

En la figura 1.10 se muestran los resultados obtenidos de los movimientos que realizan los muslos al realizar una marcha normal. En esta figura se observa que existe un patrón de movimientos que se repite, este patrón de movimiento lo presentan los dos miembros inferiores con un tiempo de retraso determinado por la velocidad de la marcha.

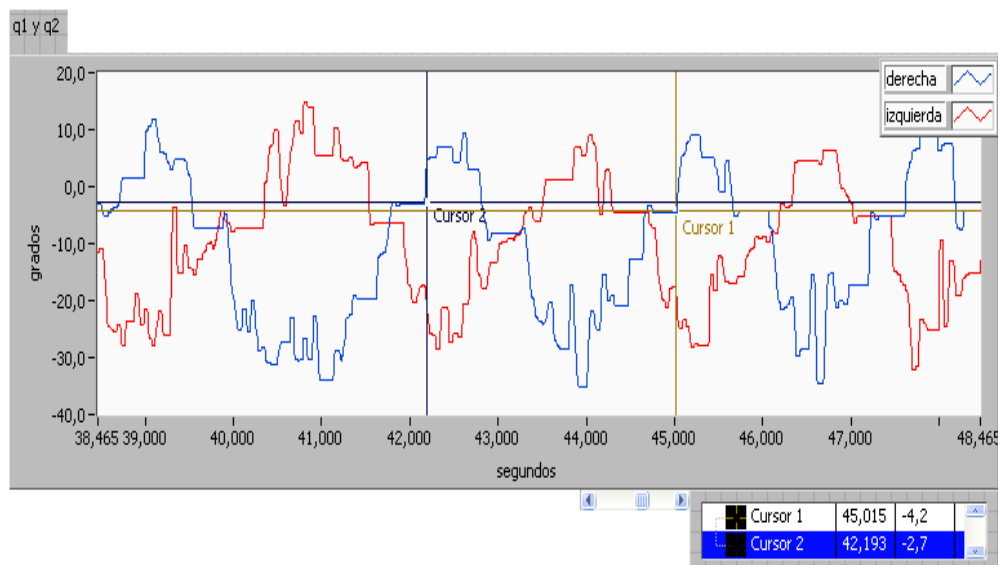


Fig. 1.10 Desplazamientos del muslo izquierdo y muslo derecho.

En la figura 1.11 se muestran los movimientos de flexión y extensión de la rodilla, esta figura muestra la fase de oscilación de la marcha, también se observa que para realizar una marcha normal, los miembros inferiores deben sincronizar los movimientos y alternarlos en cada miembro inferior.

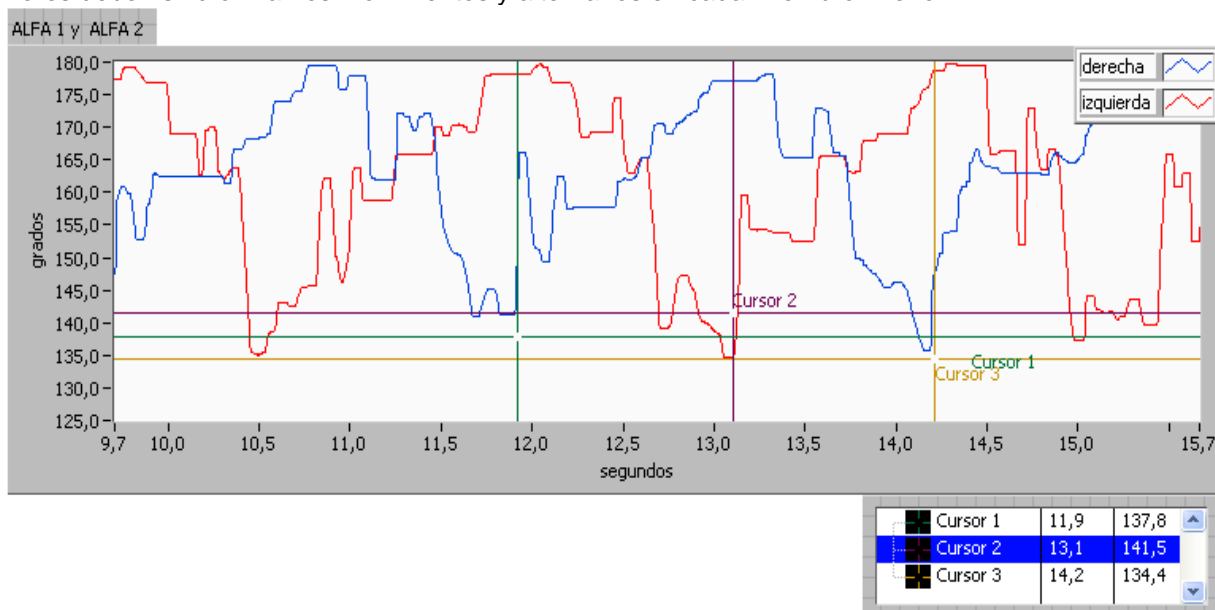


Fig. 1.1 Movimiento de flexión y extensión de la rodilla izquierda y derecha.



Los resultados obtenidos en este estudio muestran que los movimientos que realiza el miembro inferior derecho, tienen un tiempo de retraso de 1 segundo con respecto a los movimientos del miembro inferior izquierdo, realizando una marcha a una velocidad de 1.2 km/h. Con los resultados presentados anteriormente, se garantiza la construcción del guante para hemiplejía, y se puede garantizar la construcción de una prótesis activa transfemoral utilizando un servomecanismo que emule los movimientos del miembro inferior sano, con el propósito que el paciente tenga una marcha mas natural y pueda realizar tareas en donde los miembros inferiores realicen movimientos cíclicos como son: caminar, bajar y subir escaleras, correr y andar en bicicleta

## Conclusiones

En el presente proyecto se pudo apreciar, que el tipo de motivación que recibe un paciente, le permite determinar el entusiasmo con el que toma su proceso de rehabilitación, inclusive a olvidarse de este con el propósito de vencer un desafío, en el caso particular otro paciente, o por el simple hecho de mantener un estado de convivencia con otra persona. En comparación con de los estímulos solo provistos por una computadora, en principio son interesantes, pero pasado un tiempo se tornan monótonos al grado que disminuyen la velocidad de recuperación de los pacientes. Para resolver esto, es necesario el tener una serie de programas altamente interesantes y que sean capaces de mantener el interés del paciente. Esto sucede en menor grado cuando la interacción es persona-persona, y donde el equipo de cómputo solo es una herramienta de competencia o convivencia.

Con relación a la aplicación del internet dos, la infraestructura técnica y física de las instituciones participantes restringió su capacidad de utilización. Sin embargo, el impacto emocional que trajo la capacidad de observar a otra persona a un gran distancia, además del medio ambiente de las instalaciones, promete cumplir las expectativas de los investigadores en las áreas de neuro-rehabilitación y neuroplastia.

En resumen los productos obtenidos son:

- a. Gestión de cuatro espacios para la realización del proyecto. El primero en Jojutla, El segundo en Oaxaca, el Tercero En Nayarit y el cuarto en Cuernavaca.
- b. Se construyeron palancas para miembro superior e inferior, se establecieron los protocolos de operación y funcionamiento.
- c. Se sometió al IMPI la patente **SISTEMA PARA REHABILITACIÓN MOTIVACIONAL DE MIEMBRO SUPERIOR.**
- d. Se realizó y mejoró el programa para interacción con PC, para uno y dos grados de libertad.
- e. Se realizó el programa interactivo a distancia.
- f. Se tiene la base de operación del guante, y del electromiógrafo
- g. Se atendieron 21 pacientes en los estados.
- h. Se publicó en el PAHCE.
- i. Se presentaron resultados en la reunión nacional del DIF.

## Referencias

Paul Bach-y-Rita, Editorial. La investigación básica en la ciencia neuronal y conductual como perspectiva para mayores avances en rehabilitación neurológica, Plasticidad y Restauración Neurológica, Volumen 3, Nos. 1 y 2, enero-diciembre 2004

M. J. Johnson, M. Trickey, E. Brauer, X. Feng, TheraDrive: A New Stroke Therapy Concept for Home-based, Computer-Assisted Motivating Rehabilitation, Engineering in Medicine and Biology Society, 26th Annual International Conference of the IEEE, Volume 2, Issue 1-5, 2004, 4844 - 4847

Reinkensmeyer DJ, et al. Java Therapy: Web-based robotic rehabilitation. Integration of Assistive Technology in the Information, Age, Proceedings 7th International Conference on Rehabilitation, Rotocis, Evry France, April 2001

Ellsworth, C. and Winters, J.M. "An Innovative System To Enhance Upper-Extremity Stroke Rehabilitation," in press, Joint IEEEEMBS/BMES Conf., Houston, October 2002.

Johnson MJ, Van der Loos HFM, Burgar CG, Shor P, Leifer LJ. Driver's SEAT, A car steering upper limb therapy device. Robotica 2003; 21(1):13-23.

Feng, X, Ellsworth C, Johnson L, Winters JM, UniTherapy: Software Design and Hardware Tools of Teletherapy, Accepted by RESNA, Orlando, FL, June 2004.

G. Gresham, P. Duncan, W. Stason, H. Adams, A. Adelman, D. Alexander, D. Bishop, L. Diller, N. Donaldson, C. Granger, A., Holland, M. Kelly-Hayes, F. McDowell, L. Myers, M. Phipps, E., Roth, H. Siebens, G. Tarvin, and C. Trombly, Post-Stroke, Rehabilitation. Rockville, MD: U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service, Agency for Health Care Policy and Research, 1995 Bruce H. Dobkin, M.D., Rehabilitation after Stroke, The new england journal of medicine, n engl j med 352;16, www.nejm.org april 21, 2005, pp. 1677-1683.

## Anexo 2

### EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS

#### CRI-JOJUTLA



**Instalación y terapia en el CRI-DIF-Morelos**



BJO – OAXA



Izquierda: Configuración de los dispositivos. Derecha: Dispositivo de rehabilitación instalado.

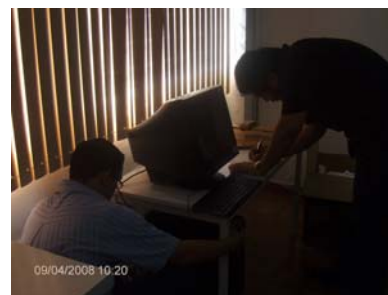
## UNIVERSIDAD VERACRUZANA



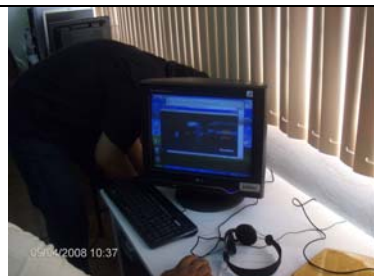
1



2



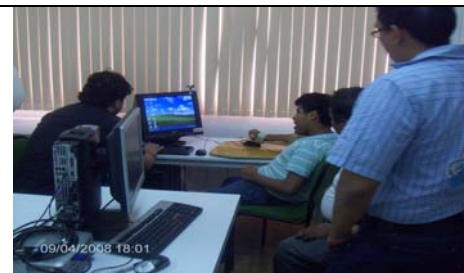
3



4



5

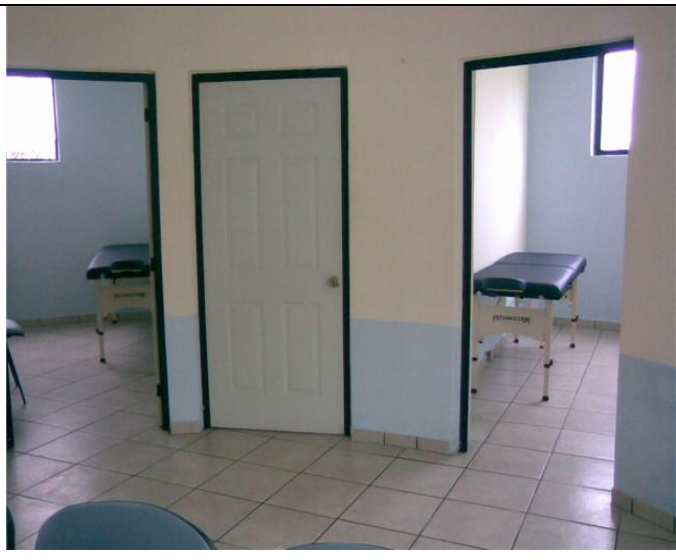


6

(1) Equipo de Rehabilitación, (2-5) Instalación de Equipo (6) Terapia a Primer paciente



## UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NAYARIT



Laboratorio de rehabilitación de hemiplejía y deportiva.

## ANEXO 3

### PROTOCOLO DE OPERACIÓN DEL EQUIPO DE REHABILITACIÓN

#### Manejo de Recuperación Motriz de Miembro Superior Post Evento Vascular Cerebral con Rehabilitación Motivacional Asistida Por Computadora (CAMR).

##### INTRODUCCIÓN.

En la medicina de rehabilitación, surge durante los años 60's un concepto nuevo, la Plasticidad Cerebral. Ésta se puede definir como la capacidad del cerebro de recuperar funciones perdidas a consecuencia de alteraciones en su composición (Brailovsky, 1997). El Dr. Paul Bach-y-Rita, pionero en la investigación de este concepto, realiza experimentos para recuperar o sustituir funciones tanto motoras como sensoriales (1). De estos modelos de experimentación surge el proyecto Palanca, utilizando un sistema de juegos de video (ping-pong), se logra recuperar movimiento voluntario en el brazo de los pacientes que lo utilizan. Como muchos conceptos, la plasticidad cerebral fue negada y atacada por la sociedad médica con el argumento de que el "sistema nervioso central no se regenera". En la actualidad, se sabe que ese argumento es falso, el sistema nervioso central presenta regeneración y reorganización (2). Habiéndose corroborado la recuperación de las funciones cerebrales gracias a estudios de Tomografía de Emisión de Positrones (PET, por sus siglas en inglés) y Resonancia Magnética Funcional, se retoman muchos de los experimentos antes descritos por Paul Bach-y-Rita y Cols. En el año 2002 (3), se reportan nuevamente casos de pacientes que utilizaron la nueva versión de la palanca con mejoría en las funciones de sus brazos. Imágenes de resonancia magnética funcional corroboraron la plasticidad cerebral (4). De ese modelo de palanca terapéutica, ha surgido una familia de modelos que incluyen modelos asistidos por computadora para brazos y piernas.

Basados en nuestros resultados de los últimos 25 años, hemos desarrollado un modelo de rehabilitación tardía después de un evento vascular cerebral fundamentado en la rehabilitación motivacional asistida por computadora (CAMR) para la extremidad superior e inferior. Se ha acumulado evidencia de que las ganancias funcionales son posibles aun después de muchos años de un evento vascular cerebral. Sin embargo, la rehabilitación post aguda debe ser motivacional y relacionada con actividades funcionales de la vida real, o de lo contrario la rehabilitación puede fracasar en la participación activa. Con los programas de CAMR, en lugar de hacer ejercicio terapéutico, el paciente se involucra en un juego (Ej. Ping-pong) y con práctica, en lugar de concentrarse en movimientos específicos, el o la paciente se concentran en el juego y los movimientos se vuelven subconscientes.

La rehabilitación convencional de pacientes post evento vascular cerebral, por lo general a pasado por alto la motivación del paciente para alcanzar sus objetivos, contando con la necesidad del paciente de recobrar su funcionalidad, creyendo suficiente este estímulo para seguir los programas de rehabilitación.

Después de un evento vascular cerebral, las ganancias funcionales pueden ser alcanzadas después de varios años post lesión (Bach-y-Rita, 1980, 1995, 2000), sin embargo se ha puesto muy poco interés en la rehabilitación tardía, posiblemente porque esta recuperación en general no se espera que ocurra.

##### OBJETIVOS

En este modelo de recuperación motora en miembros superiores se pretende ganar control voluntario en hombro, codo y muñeca-mano, así como recuperación de movimientos acción- reacción en tiempo real, lo cual hace que los movimientos sean funcionales para las actividades de la vida diaria.

En el modelo de recuperación motora de miembro inferior se pretende recuperar control voluntario de cadera, rodilla y tobillo-pie, logrando dorsiflexión en reacciones en tiempo real, lo que proporciona funcionalidad de la marcha que consecuentemente evita caídas por atropamiento de la punta del pie en salientes del terreno irregular.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Criterios de Inclusión

Los criterios de inclusión deben de ser claros según los grupos a los cuales se pretende rehabilitar; estos son dos tipos de casos a los cuales tratar con los sistemas de CAMR.

#### Personas con secuelas sub agudas de mas de 2 meses post evento:

1. Sintomatología de base bajo control médico (hipertensión arterial u otras condiciones generales de salud)
2. Estado de conciencia que permita la comunicación médico-paciente
3. No presentar alteraciones sensoriales en lenguaje que limiten la comunicación
4. Articulaciones del segmento a tratar sin contracturas severas que limiten y/o contraindiquen su movimiento.
5. Aceptar voluntariamente participar en el protocolo de CAMR, firmando el consentimiento informado correspondiente.
6. Ser valorado con una prueba funcional de movimiento (ej. Wolf modificada por Susie Woods para miembro inferior o análisis de la marcha para miembro inferior, los dos corroborados por video para su análisis doble ciego), o grado de afectación según escalas convencionales (ej. Brunnstrom), para miembro superior e inferior.

Se aplicará la Escala de Valoración Wolf/Woods. Antes, a las 5 hrs y a las 10 horas de intervención, para evaluar cambios en tiempo y calidad de movimiento, la cual se valorará en el video y se reportará en el cuadro de comentarios.

**Tabla 1. Valoración de Wolf/Woods.**

Comentarios	Prueba de Wolf	Inicial	5 horas	10 horas
	1 Antebrazo a mesa (lateral)	sec.	sec.	sec.
	2 Antebrazo a caja (lateral)	sec.	sec.	sec.
	3 Extensión de codo (lateral)	seg.	seg.	sec.
	4 Extensión de codo (1 lb. de peso)	seg.	seg.	sec.
	5 Mano a mesa (frontal)	sec.	sec.	sec.
	6 Mano a caja (frontal)	sec.	sec.	sec.
	7 Peso a caja (frontal)	seg.	seg.	sec.
	8 Alcanzar y retira peso	seg.	seg.	sec.

La palanca para miembro superior cuenta con dos grados de movimiento en flexo-extensión de hombro/codo al deslizarla hacia delante y atrás. Además cuenta con movimientos combinados de rotación interna/externa, abducción/aducción de hombro y flexo-extensión de codo. La palanca para miembro inferior cuenta con dos grados de movimiento combinando movimientos de dorsiflexión/flexión plantar de tobillo hacia arriba y abajo y movimientos de inversión/eversión de tobillo en movimientos laterales tipo mecedora.

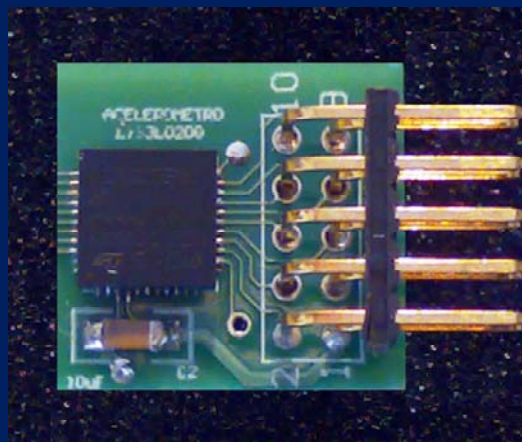




## Sistema instrumentado



## Acelerómetro

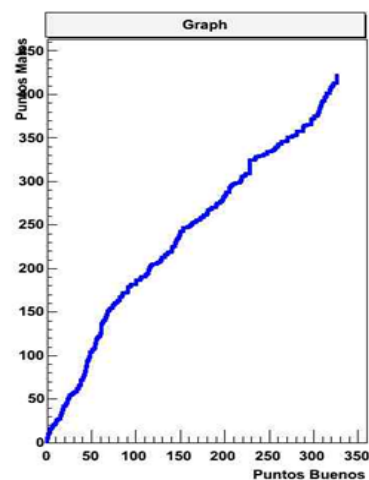
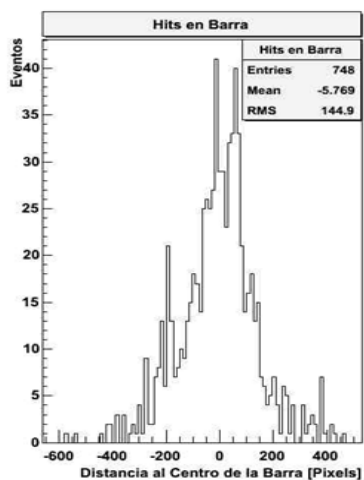
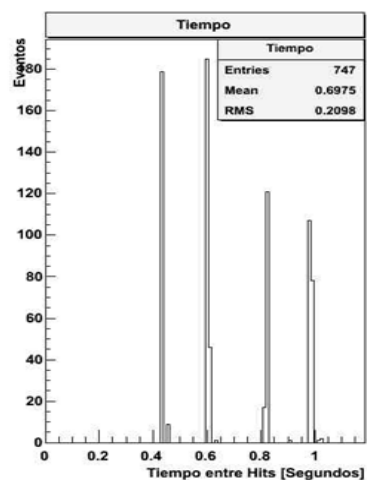


## ANEXO 4

### SECUENCIA DE TERAPIA Y RESULTADOS.



### RESULTADOS



**ANEXO 5**

**PATENTE**

**Instituto Mexicano de Propiedad Industrial**

**SECRETARÍA DE ECONOMÍA**

**DELEGACIÓN FEDERAL**

**RECIBIDO**  
10 FEB 2009

**Formulario de solicitud de patente**

**1. Datos del solicitante**

☒ Solicitante de Patente  
☐ Solicitante de Registro de Modelo de Utilidad  
☐ Solicitante de Registro de Diseño Industrial

☐ Modelo Industrial ☐ Diseño Industrial

**2. Datos del invento**

☒ El solicitante es el inventor ☐ El solicitante es el causahabiente

**3. Nombre(s):** José María Rodríguez Lelis, Oscar Paredes-Gilaberto, Mariana Vargas Treviño, Rafael Nolasco Gutiérrez, Arturo Alvarado Piñero, Sergio Reyes Salcedo, José Navarro Torres, Dagoberto Vela Arvizu, Antonio Arriola Cárdenas.

**4. Nacionalidad:** (es) Mexicana

**5. Domicilio:** calle, número, colonia y código postal: Calle Mina 10-A, Torrel del Monte, Cuernavaca, Morelos, 62010

**6. Población, Estado y País:** Cuernavaca, Morelos, México

**7. Teléfono (diario):** (777) 2415000 **8. Fax (diario):** (777) 2415000

**9. Datos del titular de la patente**

**10. Nombre(s):** José María Rodríguez Lelis, Oscar Paredes-Gilaberto, Mariana Vargas Treviño, Rafael Nolasco Gutiérrez, Arturo Alvarado Piñero, Sergio Reyes Salcedo, José Navarro Torres, Dagoberto Vela Arvizu, Antonio Arriola Cárdenas.

**11. Nacionalidad:** (es) Mexicana

**12. Domicilio:** calle, número, colonia y código postal: Calle Mina 10-A, Torrel del Monte, Cuernavaca, Morelos, 62010

**13. Población, Estado y País:** Cuernavaca, Morelos, México

**14. Teléfono (diario):** (777) 2415000 **15. Fax (diario):** (777) 2415000

**16. Datos del titular de la patente**

**17. Nombre(s):**

**18. Domicilio:** calle, número, colonia y código postal:

**19. Población, Estado y País:** **20. Teléfono (diario):** **21. Fax (diario):**

**22. Personas Autorizadas para dar y recibir notificaciones:**

**23. Denominación a título de la invención:** SISTEMA PARA REHABILITACIÓN INSTRUCCIONAL DE MIEMBRO SUPERIOR

**24. Fecha de divulgación previa:** **25. Clasificación Internacional:** **26. Fecha de presentación:**

**27. Prioridad Nacional:** **28. Fecha de presentación:** **29. No. de serie:**

**30. Lista de verificación (uso interno)**

**31. No. Hojas:** **32. Hojas:**

**33. Hojas:** **34. Hojas:**

**35. Hojas:** **36. Hojas:**

**37. Hojas:** **38. Hojas:**

**39. Hojas:** **40. Hojas:**

**41. Hojas:** **42. Hojas:**

**43. Hojas:** **44. Hojas:**

**45. Hojas:** **46. Hojas:**

**47. Hojas:** **48. Hojas:**

**49. Hojas:** **50. Hojas:**

**51. Hojas:** **52. Hojas:**

**53. Hojas:** **54. Hojas:**

**55. Hojas:** **56. Hojas:**

**57. Hojas:** **58. Hojas:**

**59. Hojas:** **60. Hojas:**

**61. Hojas:** **62. Hojas:**

**63. Hojas:** **64. Hojas:**

**65. Hojas:** **66. Hojas:**

**67. Hojas:** **68. Hojas:**

**69. Hojas:** **70. Hojas:**

**71. Hojas:** **72. Hojas:**

**73. Hojas:** **74. Hojas:**

**75. Hojas:** **76. Hojas:**

**77. Hojas:** **78. Hojas:**

**79. Hojas:** **80. Hojas:**

**81. Hojas:** **82. Hojas:**

**83. Hojas:** **84. Hojas:**

**85. Hojas:** **86. Hojas:**

**87. Hojas:** **88. Hojas:**

**89. Hojas:** **90. Hojas:**

**91. Hojas:** **92. Hojas:**

**93. Hojas:** **94. Hojas:**

**95. Hojas:** **96. Hojas:**

**97. Hojas:** **98. Hojas:**

**99. Hojas:** **100. Hojas:**

**101. Hojas:** **102. Hojas:**

**103. Hojas:** **104. Hojas:**

**105. Hojas:** **106. Hojas:**

**107. Hojas:** **108. Hojas:**

**109. Hojas:** **110. Hojas:**

**111. Hojas:** **112. Hojas:**

**113. Hojas:** **114. Hojas:**

**115. Hojas:** **116. Hojas:**

**117. Hojas:** **118. Hojas:**

**119. Hojas:** **120. Hojas:**

**121. Hojas:** **122. Hojas:**

**123. Hojas:** **124. Hojas:**

**125. Hojas:** **126. Hojas:**

**127. Hojas:** **128. Hojas:**

**129. Hojas:** **130. Hojas:**

**131. Hojas:** **132. Hojas:**

**133. Hojas:** **134. Hojas:**

**135. Hojas:** **136. Hojas:**

**137. Hojas:** **138. Hojas:**

**139. Hojas:** **140. Hojas:**

**141. Hojas:** **142. Hojas:**

**143. Hojas:** **144. Hojas:**

**145. Hojas:** **146. Hojas:**

**147. Hojas:** **148. Hojas:**

**149. Hojas:** **150. Hojas:**

**151. Hojas:** **152. Hojas:**

**153. Hojas:** **154. Hojas:**

**155. Hojas:** **156. Hojas:**

**157. Hojas:** **158. Hojas:**

**159. Hojas:** **160. Hojas:**

**161. Hojas:** **162. Hojas:**

**163. Hojas:** **164. Hojas:**

**165. Hojas:** **166. Hojas:**

**167. Hojas:** **168. Hojas:**

**169. Hojas:** **170. Hojas:**

**171. Hojas:** **172. Hojas:**

**173. Hojas:** **174. Hojas:**

**175. Hojas:** **176. Hojas:**

**177. Hojas:** **178. Hojas:**

**179. Hojas:** **180. Hojas:**

**181. Hojas:** **182. Hojas:**

**183. Hojas:** **184. Hojas:**

**185. Hojas:** **186. Hojas:**

**187. Hojas:** **188. Hojas:**

**189. Hojas:** **190. Hojas:**

**191. Hojas:** **192. Hojas:**

**193. Hojas:** **194. Hojas:**

**195. Hojas:** **196. Hojas:**

**197. Hojas:** **198. Hojas:**

**199. Hojas:** **200. Hojas:**

**201. Hojas:** **202. Hojas:**

**203. Hojas:** **204. Hojas:**

**205. Hojas:** **206. Hojas:**

**207. Hojas:** **208. Hojas:**

**209. Hojas:** **210. Hojas:**

**211. Hojas:** **212. Hojas:**

**213. Hojas:** **214. Hojas:**

**215. Hojas:** **216. Hojas:**

**217. Hojas:** **218. Hojas:**

**219. Hojas:** **220. Hojas:**

**221. Hojas:** **222. Hojas:**

**223. Hojas:** **224. Hojas:**

**225. Hojas:** **226. Hojas:**

**227. Hojas:** **228. Hojas:**

**229. Hojas:** **230. Hojas:**

**231. Hojas:** **232. Hojas:**

**233. Hojas:** **234. Hojas:**

**235. Hojas:** **236. Hojas:**

**237. Hojas:** **238. Hojas:**

**239. Hojas:** **240. Hojas:**

**241. Hojas:** **242. Hojas:**

**243. Hojas:** **244. Hojas:**

**245. Hojas:** **246. Hojas:**

**247. Hojas:** **248. Hojas:**

**249. Hojas:** **250. Hojas:**

**251. Hojas:** **252. Hojas:**

**253. Hojas:** **254. Hojas:**

**255. Hojas:** **256. Hojas:**

**257. Hojas:** **258. Hojas:**

**259. Hojas:** **260. Hojas:**

**261. Hojas:** **262. Hojas:**

**263. Hojas:** **264. Hojas:**

**265. Hojas:** **266. Hojas:**

**267. Hojas:** **268. Hojas:**

**269. Hojas:** **270. Hojas:**

**271. Hojas:** **272. Hojas:**

**273. Hojas:** **274. Hojas:**

**275. Hojas:** **276. Hojas:**

**277. Hojas:** **278. Hojas:**

**279. Hojas:** **280. Hojas:**

**281. Hojas:** **282. Hojas:**

**283. Hojas:** **284. Hojas:**

**285. Hojas:** **286. Hojas:**

**287. Hojas:** **288. Hojas:**

**289. Hojas:** **290. Hojas:**

**291. Hojas:** **292. Hojas:**

**293. Hojas:** **294. Hojas:**

**295. Hojas:** **296. Hojas:**

**297. Hojas:** **298. Hojas:**

**299. Hojas:** **300. Hojas:**

**301. Hojas:** **302. Hojas:**

**303. Hojas:** **304. Hojas:**

**305. Hojas:** **306. Hojas:**

**307. Hojas:** **308. Hojas:**

**309. Hojas:** **310. Hojas:**

**311. Hojas:** **312. Hojas:**

**313. Hojas:** **314. Hojas:**

**315. Hojas:** **316. Hojas:**

**317. Hojas:** **318. Hojas:**

**319. Hojas:** **320. Hojas:**

**321. Hojas:** **322. Hojas:**

**323. Hojas:** **324. Hojas:**

**325. Hojas:** **326. Hojas:**

**327. Hojas:** **328. Hojas:**

**329. Hojas:** **330. Hojas:**

**331. Hojas:** **332. Hojas:**

**333. Hojas:** **334. Hojas:**

**335. Hojas:** **336. Hojas:**

**337. Hojas:** **338. Hojas:**

**339. Hojas:** **340. Hojas:**

**341. Hojas:** **342. Hojas:**

**343. Hojas:** **344. Hojas:**

**345. Hojas:** **346. Hojas:**

**347. Hojas:** **348. Hojas:**

**349. Hojas:** **350. Hojas:**

**351. Hojas:** **352. Hojas:**

**353. Hojas:** **354. Hojas:**

**355. Hojas:** **356. Hojas:**

**357. Hojas:** **358. Hojas:**

**359. Hojas:** **360. Hojas:**

**361. Hojas:** **362. Hojas:**

**363. Hojas:** **364. Hojas:**

**365. Hojas:** **366. Hojas:**

**367. Hojas:** **368. Hojas:**

**369. Hojas:** **370. Hojas:**

**371. Hojas:** **372. Hojas:**

**373. Hojas:** **374. Hojas:**

**375. Hojas:** **376. Hojas:**

**377. Hojas:** **378. Hojas:**

**379. Hojas:** **380. Hojas:**

**381. Hojas:** **382. Hojas:**

**383. Hojas:** **384. Hojas:**

**385. Hojas:** **386. Hojas:**

**387. Hojas:** **388. Hojas:**

**389. Hojas:** **390. Hojas:**

**391. Hojas:** **392. Hojas:**

**393. Hojas:** **394. Hojas:**

**395. Hojas:** **396. Hojas:**

**397. Hojas:** **398. Hojas:**

**399. Hojas:** **400. Hojas:**

**401. Hojas:** **402. Hojas:**

**403. Hojas:** **404. Hojas:**

**405. Hojas:** **406. Hojas:**

**407. Hojas:** **408. Hojas:**

**409. Hojas:** **410. Hojas:**

**411. Hojas:** **412. Hojas:**

**413. Hojas:** **414. Hojas:**

**415. Hojas:** **416. Hojas:**

**417. Hojas:** **418. Hojas:**

**419. Hojas:** **420. Hojas:**

**421. Hojas:** **422. Hojas:**

**423. Hojas:** **424. Hojas:**

**425. Hojas:** **426. Hojas:**

**427. Hojas:** **428. Hojas:**

**429. Hojas:** **430. Hojas:**

**431. Hojas:** **432. Hojas:**

**433. Hojas:** **434. Hojas:**

**435. Hojas:** **436. Hojas:**

**437. Hojas:** **438. Hojas:**

**439. Hojas:** **440. Hojas:**

**441. Hojas:** **442. Hojas:**

**443. Hojas:** **444. Hojas:**

**445. Hojas:** **446. Hojas:**

**447. Hojas:** **448. Hojas:**

**449. Hojas:** **450. Hojas:**

**451. Hojas:** **452. Hojas:**

**453. Hojas:** **454. Hojas:**

**455. Hojas:** **456. Hojas:**

**457. Hojas:** **458. Hojas:**

**459. Hojas:** **460. Hojas:**

**461. Hojas:** **462. Hojas:**

**463. Hojas:** **464. Hojas:**

**465. Hojas:** **466. Hojas:**

**467. Hojas:** **468. Hojas:**

**469. Hojas:** **470. Hojas:**

**471. Hojas:** **472. Hojas:**

**473. Hojas:** **474. Hojas:**

**475. Hojas:** **476. Hojas:**

**477. Hojas:** **478. Hojas:**

**479. Hojas:** **480. Hojas:**

**481. Hojas:** **482. Hojas:**

**483. Hojas:** **484. Hojas:**

**485. Hojas:** **486. Hojas:**

**487. Hojas:** **488. Hojas:**

**489. Hojas:** **490. Hojas:**

**491. Hojas:** **492. Hojas:**

**493. Hojas:** **494. Hojas:**

**495. Hojas:** **496. Hojas:**

**497. Hojas:** **498. Hojas:**

**499. Hojas:** **500. Hojas:**

**501. Hojas:** **502. Hojas:**

**503. Hojas:** **504. Hojas:**

**505. Hojas:** **506. Hojas:**

**507. Hojas:** **508. Hojas:**

**509. Hojas:** **510. Hojas:**

**511. Hojas:** **512. Hojas:**

**513. Hojas:** **514. Hojas:**

**515. Hojas:** **516. Hojas:**

**517. Hojas:** **518. Hojas:**

**519. Hojas:** **520. Hojas:**

**521. Hojas:** **522. Hojas:**

**523. Hojas:** **524. Hojas:**

**525. Hojas:** **526. Hojas:**

**527. Hojas:** **528. Hojas:**

**529. Hojas:** **530. Hojas:**

**531. Hojas:** **532. Hojas:**

**533. Hojas:** **534. Hojas:**

**535. Hojas:** **536. Hojas:**

**537. Hojas:** **538. Hojas:**

**539. Hojas:** **540. Hojas:**

**541. Hojas:** **542. Hojas:**

**543. Hojas:** **544. Hojas:**

**545. Hojas:** **546. Hojas:**

**547. Hojas:** **548. Hojas:**

**549. Hojas:** **550. Hojas:**

**551. Hojas:** **552. Hojas:**

**553. Hojas:** **554. Hojas:**

**555. Hojas:** **556. Hojas:**

**557. Hojas:** **558. Hojas:**

**559. Hojas:** **560. Hojas:**

**561. Hojas:** **562. Hojas:**

**563. Hojas:** **564. Hojas:**

**565. Hojas:** **566. Hojas:**

**567. Hojas:** **568. Hojas:**

**569. Hojas:** **570. Hojas:**

**571. Hojas:** **572. Hojas:**

**573. Hojas:** **574. Hojas:**

**575. Hojas:** **576. Hojas:**

**577. Hojas:** **578. Hojas:**

**579. Hojas:** **580. Hojas:**

**581. Hojas:** **582. Hojas:**

**583. Hojas:** **584. Hojas:**

**585. Hojas:** **586. Hojas:**

**587. Hojas:** **588. Hojas:**

**589. Hojas:** **590. Hojas:**

**591. Hojas:** **592. Hojas:**

**593. Hojas:** **594. Hojas:**

**595. Hojas:** **596. Hojas:**

**597. Hojas:** **598. Hojas:**

**599. Hojas:** **600. Hojas:**

**601. Hojas:** **602. Hojas:**

**603. Hojas:** **604. Hojas:**

**605. Hojas:** **606. Hojas:**

**607. Hojas:** **608. Hojas:**

**609. Hojas:** **610. Hojas:**

**611. Hojas:** **612. Hojas:**

**613. Hojas:** **614. Hojas:**

**615. Hojas:** **616. Hojas:**

**617. Hojas:** **618. Hojas:**

**619. Hojas:** **620. Hojas:**

**621. Hojas:** **622. Hojas:**

**623. Hojas:** **624. Hojas:**

**625. Hojas:** **626. Hojas:**

**627. Hojas:** **628. Hojas:**

**629. Hojas:** **630. Hojas:**

**631. Hojas:** **632. Hojas:**

**633. Hojas:** **634. Hojas:**

**635. Hojas:** **636. Hojas:**

**637. Hojas:** **638. Hojas:**

**639. Hojas:** **640. Hojas:**

**641. Hojas:** **642. Hojas:**

**643. Hojas:** **644. Hojas:**

**645. Hojas:** **646. Hojas:**

**647. Hojas:** **648. Hojas:**

**649. Hojas:** **650. Hojas:**

**651. Hojas:** **652. Hojas:**

**653. Hojas:** **654. Hojas:**

**655. Hojas:** **656. Hojas:**

**657. Hojas:** **658. Hojas:**

**659. Hojas:** **660. Hojas:**

**661. Hojas:** **662. Hojas:**

**663. Hojas:** **664. Hojas:**

**665. Hojas:** **666. Hojas:**

**667. Hojas:** **668. Hojas:**

**669. Hojas:** **670. Hojas:**

**671. Hojas:** **672. Hojas:**

**673. Hojas:** **674. Hojas:**

**675. Hojas:** **676. Hojas:**

**677. Hojas:** **678. Hojas:**

**679. Hojas:** **680. Hojas:**

**681. Hojas:** **682. Hojas:**

**683. Hojas:** **684. Hojas:**

**685. Hojas:** **686. Hojas:**

**687. Hojas:** **688. Hojas:**

**689. Hojas:** **690. Hojas:**

**691. Hojas:** **692. Hojas:**

**693. Hojas:** **694. Hojas:**

**695. Hojas:** **696. Hojas:**

**697. Hojas:** **698. Hojas:**

**699. Hojas:** **700. Hojas:**

**701. Hojas:** **702. Hojas:**

**703. Hojas:** **704. Hojas:**

**705. Hojas:** **706. Hojas:**

**707. Hojas:** **708. Hojas:**

**709. Hojas:** **710. Hojas:**

**711. Hojas:** **712. Hojas:**

**713. Hojas:** **714. Hojas:**

**715. Hojas:** **716. Hojas:**

**717. Hojas:** **718. Hojas:**

**719. Hojas:** **720. Hojas:**

**721. Hojas:** **722. Hojas:**

**723. Hojas:** **724. Hojas:**

**725. Hojas:** **726. Hojas:**

**727. Hojas:** **728. Hojas:**

**729. Hojas:** **730. Hojas:**

**731. Hojas:** **732. Hojas:**

**733. Hojas:** **734. Hojas:**

**735. Hojas:** **736. Hojas:**

**737. Hojas:** **738. Hojas:**

**739. Hojas:** **740. Hojas:**

**741. Hojas:** **742. Hojas:**

**743. Hojas:** **744. Hojas:**

**745. Hojas:** **746. Hojas:**

**747. Hojas:** **748. Hojas:**

**749. Hojas:** **750. Hojas:**

**751. Hojas:** **752. Hojas:**

**753. Hojas:** **754. Hojas:**

**755. Hojas:** **756. Hojas:**

**757. Hojas:** **758. Hojas:**

**759. Hojas:** **760. Hojas:**

**761. Hojas:** **762. Hojas:**

**763. Hojas:** **764. Hojas:**

**765. Hojas:** **766. Hojas:**

**767. Hojas:** **768. Hojas:**

**769. Hojas:** **770. Hojas:**

**771. Hojas:** **772. Hojas:**

**773. Hojas:** **774. Hojas:**

**775. Hojas:** **776. Hojas:**

**777. Hojas:** **778. Hojas:**

**779. Hojas:** **780. Hojas:**

**781. Hojas:** **782. Hojas:**

**783. Hojas:** **784. Hojas:**

**785. Hojas:** **786. Hojas:**

**787. Hojas:** **788. Hojas:**

**789. Hojas:** **790. Hojas:**

**791. Hojas:** **792. Hojas:**

**793. Hojas:** **794. Hojas:**

**795. Hojas:** **796. Hojas:**

**797. Hojas:** **798. Hojas:**

**799. Hojas:** **800. Hojas:**

**801. Hojas:** **802. Hojas:**

**803. Hojas:** **804. Hojas:**

**805. Hojas:** **806. Hojas:**

**807. Hojas:** **808. Hojas:**

**809. Hojas:** **810. Hojas:**

**811. Hojas:** **812. Hojas:**

**813. Hojas:** **814. Hojas:**

**8**



**cenidet**  
Centro Nacional de Investigación  
y  
Desarrollo Tecnológico



Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet A.C.  
Internet 2 - México



Consejo Nacional de  
Ciencia y Tecnología

[www.conacyt.gob.mx](http://www.conacyt.gob.mx)

## RESUMEN DE LA INVENCIÓN

En el presente proyecto se desarrolla un Sistema para Rehabilitación Motivacional de Miembros Superiores Asistido por Computadora, orientado a la recuperación de pacientes con hemiplejía por evento vascular cerebral y traumas físicos en miembros superiores. El diseño del sistema permite integrar los 4 pilares de la Plasticidad Cerebral: Motivación, Terapia, Estimulación multisensorial y equipo. El elemento principal para ejercitar la extremidad afectada es la Palanca. Ésta permite que el brazo realice movimientos en el plano sagital, con dos grados de libertad, lo que significa que se pueden hacer movimientos de flexión-extensión y abducción –adducción del brazo o, si el terapeuta lo considera conveniente, restringir el movimiento de abducción-adducción mientras el paciente gana control de movimiento. El videojuego desarrollado se puede programar para distintas velocidades de prueba y niveles de dificultad, y lleva un registro de la evolución del paciente y mide estadísticamente su respuesta a la terapia.



## ANEXO 6

### ARTICULO PRESENTADO EN EL PAHCE



The poster features a background image of the Metropolitan Cathedral of Mexico City. In the top left corner, there is a logo of a globe with a yellow line representing a signal or path, and the text 'PAHCE' below it. The main title is in red and black: 'PAN AMERICAN HEALTH CARE EXCHANGES - PAHCE CONFERENCE, WORKSHOPS, AND EXHIBITS. COOPERATION / LINKAGES'. Below the title, it says 'An independent forum for patient care and technology support' and 'MARCH 16 - 20, 2009, MEXICO CITY, MEXICO'. On the right side, there is a section titled 'ORGANIZATIONS / ORGANIZACIONES' listing 'PAHO (OPS), WHO (OMU), IFMBE' and 'CINVESTAV, INR, IEEE-EMB MEXICO, UNAM, UPIITA, UPIBI, SOMIB, ICYTDE, TECNOLÓGICO DE MONTERREY'. The central text lists the program components: 'WELCOME / BIENVENIDA', 'PROGRAM (PROGRAMA)', 'BOOK OF ABSTRACTS (LIBRO DE RESUMENES)', 'WORKSHOPS SCHEDULE (PROGRAMA DE TALLERES)', 'AUTHOR INDEX (INDICE DE AUTORES)', 'FORMAT A OR B INDEX (INDICE DE FORMATOS A O B)', 'EXHIBITORS (EXPOSITORES)', 'EXPO PAHCE 2009', and 'COOPERATION, ENDORSED, SUPPORTING (COOPERACION, ...)'. Below this, it says 'OTHER ACKNOWLEDGEMENTS / OTRAS MENCIONES' and 'POSTER'. At the bottom left, it provides the ISBN '978 - 1 - 4244 - 3669 - 9' and the IEEE Catalog Number 'CFP0918G' and Library of Congress '2008911781'. At the bottom, there is a section in yellow text: 'INTERCAMBIOS DE CUIDADO MEDICO PANAMERICANOS. CONFERENCIA, TALLERES Y EXHIBICIONES. COOPERACIÓN / ENLACES.' followed by 'Un foro independiente para el cuidado del paciente y su soporte tecnológico'.

**PAN AMERICAN HEALTH CARE EXCHANGES - PAHCE**  
**CONFERENCE, WORKSHOPS, AND EXHIBITS. COOPERATION / LINKAGES**  
An independent forum for patient care and technology support  
MARCH 16 - 20, 2009, MEXICO CITY, MEXICO

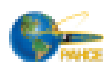
**ORGANIZATIONS / ORGANIZACIONES**  
PAHO (OPS), WHO (OMU), IFMBE  
CINVESTAV, INR, IEEE-EMB MEXICO,  
UNAM, UPIITA, UPIBI, SOMIB, ICYTDE,  
TECNOLÓGICO DE MONTERREY

WELCOME / BIENVENIDA  
PROGRAM (PROGRAMA)  
BOOK OF ABSTRACTS (LIBRO DE RESUMENES)  
WORKSHOPS SCHEDULE (PROGRAMA DE TALLERES)  
AUTHOR INDEX (INDICE DE AUTORES)  
FORMAT A OR B INDEX (INDICE DE FORMATOS A O B)  
EXHIBITORS (EXPOSITORES)  
EXPO PAHCE 2009  
COOPERATION, ENDORSED, SUPPORTING (COOPERACION, ...)

OTHER ACKNOWLEDGEMENTS / OTRAS MENCIONES  
POSTER

ISBN  
978 - 1 - 4244 - 3669 - 9  
IEEE Catalog Number CFP0918G  
Library of Congress 2008911781

**INTERCAMBIOS DE CUIDADO MEDICO PANAMERICANOS.**  
**CONFERENCIA, TALLERES Y EXHIBICIONES. COOPERACIÓN / ENLACES.**  
Un foro independiente para el cuidado del paciente y su soporte tecnológico



Pan American Health Care Exchanges – PAHCE. Conference, Workshops, and Exhibits. Cooperation / Linkages.  
Intercambios de Cuidado Médico Panamericanos. Conferencia, Talleres y Exhibiciones. Cooperación / Enlaces.

## Rehabilitación Motivacional Asistida por Computadora con Dos Grados de Libertad para Personas con Hemiplejía

### A Two Degrees of Freedom Computer Assisted Motivational Rehabilitation for Hemiplegic

J. M. Rodríguez Lelis, Arturo Abundez P, Sergio  
Rayas G.

Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico  
Departamento de Ingeniería Médica - Trihología  
Interior Internado Palabra s/n, Col. Palabra, Apatzingán  
Pantel 3-164 Cuernavaca, Morelos  
[jdelis@cenidet.edu.mx](mailto:jdelis@cenidet.edu.mx)

Marciano Vargas Treviño

Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Escuela de  
Ciencia, Edificio de Rectoría, Ciudad Universitaria,  
Avenida Universidad sin número, Sta Hacienda de "Cinco  
Señores", Oaxaca de Juárez, Oaxaca México

Oscar Paredes O

Universidad Autónoma de Nayarit  
Unidad Académica de Medicina  
Cuerpo Académico de Bases Moleculares  
Bvd Tepic - Reforma 3 – N, Tepic, Nayarit CP 63118

Eduardo Cervantes Osorio

Centro de Rehabilitación Integral Jajulla (CRI), Sistema  
DIF Morelos  
Av. Benito Juárez No. 1, La Parroquia, Col.  
Cuauhtémoc  
Jajulla, Morelos

M. Aurora D. Vargas Treviño, , Sergio  
Vergara Limón, , Fernando Reyes Cortés

Facultad de Ciencias Electrónicas  
Av. San Claudio y Río Verde, Col. San Manuel, C.P. 72370;  
A.P. 1132, 72000 Puebla, Pue

Patricia Rosa Linda Trujillo Mariel

Instituto de Medicina Forense  
Universidad Veracruzana  
Av. S. S. Juan Pablo II Sta Zona Universitaria  
Fraz. Costa Verde, C.P. 94294  
Boca del Río, Ver.

**Resumen** - En este trabajo se muestra los primeros resultados obtenidos por la aplicación de la rehabilitación motivacional asistida por computadora (RMAC) con una palanca de dos grados de libertad. Este trabajo se está desarrollando en los estados de Morelos, Oaxaca y Nayarit. El programa tiene 8 meses de haberse iniciado con una atención de 22 pacientes en total. En este trabajo se muestran los resultados de dos pacientes: (1) un joven de veintiseis años de edad, con una malformación arteriovenosa, y (2) Una paciente de 12 años de edad, con secuelas de un evento vascular cerebral. Ambas casos iniciaron la terapia después de 2 años post evento. En el primer caso se muestra la valoración por el método de Wolf modificada por Sente Woods OT, con 8 puntos. En el segundo caso, la valoración realizada en el Centro de Rehabilitación Integral (CRI) de Jajulla. En el primer caso, a las 5 y 10 hrs. post intervención con CAMR se valoró nuevamente encontrando cambios positivos. El paciente comentó que "podía mover el hombro para tocar a su madre mientras manejaba" e inició a utilizar su mano izquierda para comer con la asistencia de una liga en su mano. Con el segundo paciente, después de 18 horas, presenta un buen control de hombro, regular en cada y nula en muñeca de la mano derecha. En ambos casos, el estado emocional y social se mejoró sustancialmente.

**Palabras Clave:** rehabilitación asistida por computadora, evento vascular cerebral, palanca, plasticidad cerebral

#### 1. INTRODUCTION

La población con discapacidad es un grupo de especial atención, básicamente porque es un fenómeno social que interesa desde diversas perspectivas a los sectores de la administración pública, a las instituciones privadas y a las organizaciones no gubernamentales. La discapacidad afecta no sólo a la persona, sino también al núcleo familiar y a la comunidad de la que forma parte; sus dimensiones sociales y económicas, así como sus consecuencias para la salud pública adquieren otra magnitud. Las personas con discapacidad no presentan únicamente una limitación física en sus funciones (que se traduce en un déficit en la realización de sus actividades), sino también muestran un desajuste psicológico y una limitación en su desarrollo socioeconómico, educativo y cultural.

La OMS durante los años noventa estimó que aproximadamente 10% de la población mundial tiene alguna



Pan American Health Care Exchanges – PAHCE. Conference, Workshops, and Exhibits. Cooperation / Linkages.  
Intercambios de Cuidado Médico Panamericanos. Conferencia, Talleres y Exhibiciones. Cooperación / Enlaces.

discapacidad, esto varía de país en país dependiendo de la definición utilizada y de los acontecimientos sociales o naturales que los hayan afectado tales como epidemias, guerras y catástrofes naturales, entre otros. Muchos países han realizado esfuerzos para disponer de cifras que sirvan de insumo para el diagnóstico, la evaluación y el seguimiento de las acciones que aseguren la integración social de las personas con discapacidad; entre los métodos para obtener información, se encuentran los registros administrativos, las encuestas y los censos.

En México, existen más de dos millones de personas que cuentan con una discapacidad. Esto representa el 2.31% de la población nacional de acuerdo con el Censo Nacional de Población y Vivienda proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de México; siendo la discapacidad motriz la más representativa por encima de la auditiva y visual.

A pesar de que en México no se tiene acceso a un dato estadístico de pacientes afectados por embolias, la importancia de este evento en la salud en el ser humano y su extrapolación al contexto mexicano, puede tomarse de los datos mostrados por The American Stroke Association, quien establece que la embolia es la tercera causa de muerte en EUA y la causa de de serios casos de discapacidades [1]. Sus estadísticas muestran que en el 2005, tenían aproximadamente cuatro millones de pacientes sobrevivientes de un evento vascular, y que se presentaban 500,000 casos nuevos cada año. Otro dato significativo menciona que aproximadamente el 0.004 % de las personas en edades de 45 años presentan su primer evento vascular en EUA, Europa y Australia [2]. Considerando una extrapolación lineal se tendría que en México se presentarían aproximadamente 160,000 casos cada año.

Estos datos urgen la implantación de soluciones económicas y funcionales que permitan la rehabilitación de pacientes con EVS, parálisis cerebral infantil y traumas craneoencefálicos. Este objetivo forma la base del presente trabajo.

## II. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Como menciona Paul bach y Rita [3], los programas de rehabilitación después de un evento vascular cerebral, generalmente pasan por alto la motivación del paciente para alcanzar sus objetivos, y crean suficiente estímulo, para que el paciente siga los programas de rehabilitación, su necesidad de recobrar su funcionalidad. No obstante, las actividades de rehabilitación que son interesantes, basadas en recompensas, motivacionales y aún competitivas; provocan que los pacientes deseen seguir sus programas de rehabilitación, cosa poco común en la terapia convencional.

Después de un evento vascular cerebral, las ganancias funcionales pueden ser alcanzadas después de varios años post lesión [4-7], sin embargo, todavía en México, existe muy poco interés en la rehabilitación tardía, posiblemente porque esta recuperación en general no se espera que ocurra y los costos de rehabilitación son muy altos para el sector salud.

Como lo describe Johnson [8], diferentes propuestas para la rehabilitación de pacientes con hemiplejía pueden encontrarse, ya sea con base en elementos comerciales o carácter robótico [9-12]. En la propuesta de Johnson, se introduce la habilidad para el manejo de un automóvil, a través de un volante y un software comercial que muestra el camino y el automóvil por manejar. De esta manera, incorpora la rehabilitación asistida por computadora. Una característica interesante de dicho sistema consiste en la capacidad de obtener datos de fuerza y que se requieren ambas manos para el proceso de manejo, sin embargo el costo tan solo del volante es cercano a los \$99.00 USD.

La plasticidad sináptica, el germinado (crecimiento) y la inhibición, son mecanismos de reorganización cerebral que se realizan después del daño cerebral. El tejido adyacente a la lesión cerebral retiene información de las funciones, esta zona, requiere de entrenamiento o capacitación motriz intentando cerrar los círculos de estímulo sensorial externo-respuesta motora, lo que se conoce como rehabilitación neurológica tardía, y ello tiene efectos modificadores sobre la plasticidad del tejido circundante. En este trabajo con base en el trabajo de Paul Bach y Rita, se desarrolló una palanca con dos grados de libertad, ver figura 1, donde su particularidad una vez unida al software, consiste en que sigue movimientos preestablecidos de acuerdo a la recuperación motora, esto es, inicia con un movimiento definido alternante en el plano agital, continúa con un movimiento en el plano medial y concluye con la combinación de ambos.

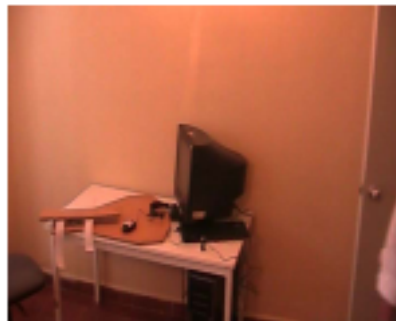


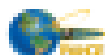
Figura 1. Sistema de Rehabilitación Asistido por Computadora.

## III. RESULTADOS

### Caso de Rehabilitación 1

Joven varón de 27 años de edad con una malformación arterio-venosa, que presentó un evento vascular cerebral hemorrágico por ruptura de un aneurisma arterial por arriba del aorta carotídeo derecho, el cual fue intervenido quirúrgicamente logrando su control pero con afectación motora izquierda resultante, presentando una hemiparesia facioceporal izquierda de 3 años de evolución.





Pan American Health Care Exchanges – PAHCE. Conferencia, Workshops, and Exhibits. Cooperación / Linkages.  
Interambios de Cuidado Médico Panamericanos. Conferencia, Talleres, y Exhibiciones. Cooperación / Enlaces.

Durante los tres años post evento, el paciente siguió a terapia física convencional, logrando como en muchos casos, la desactivación total por medio de un punto de apoyo, pero sin mejoras en el control voluntario de brazos izquierdo. Inició su tratamiento con rehabilitación asistida por computadora CAHIE, por sus siglas en inglés, con limitaciones funcionales en brazos y codo izquierdo, y con control solo de mano izquierda, ver figura 1.

Para la evaluación de su progreso, se utilizó la valoración de Wolf modificada por Marie Winde OT, con 8 puntos, como se muestra en la tabla 1. Se realizó una valoración inicial y otra a las 3 hrs. post intervención con CAHIE. Como se puede observar de la tabla 1, se encontraron cambios positivos en los puntos 1,3,4 y 6.

El paciente comentó que “podía mover el hombro para tocar a su madre mientras estaba” e inició a utilizar su mano izquierda para comer tacos durante con la valoración de sus 8 hrs. en casa.

Tabla 1. Prueba de Wolf modificada.

Prueba de Wolf	Inicial	3 horas	10 horas
1. Antebrazo a mesa (Intern.)	1	2	2
2. antebrazo a caja (Intern.)	3	2	2
3. Extensión del codo (Intern.)	Ausente después de 30 s.	7	5
4. Extensión del codo Free de 1 lb.	Ausente después de 30 s.	12	10
5. Mano a mesa (Intern.)	2	2	2
6. Mano a caja (Intern.)	20	13	10
7. Free a la caja (Intern.)	Ausente después de 30 s.	Ausente después de 30 s.	10
8. Alcanzar y retirar peso	Ausente después de 30 s.	Ausente después de 30 s.	20

La misma valoración se realizó a las 10 horas de ser intervenido con CAHIE. Respecto de la valoración inicial, se pueden notar mejoras en los puntos, 1, 3, 4, 6, 7 y 8, y una diferencia en los puntos 3, 4, 6, 7 y 8 respecto de la valoración a 3 horas.

El comportamiento general del progreso en las 10 horas por punto de la prueba de Wolf se muestra en la figura 2. En este gráfico, se refiere al número de punto graduado, y el tiempo de realización de la prueba.

A pesar de que el tiempo de evaluación inicial, que correspondió a 10 sesiones con el paciente puede considerarse

como corto, puede apreciarse una tendencia al alza. Esto, puede atribuirse a la complejidad del estímulo visual, es decir, a la dificultad que representa el juego con el que el paciente interactúa. Es probable que exista un tiempo donde el nivel de desafío y complejidad del juego tenga que incrementarse.

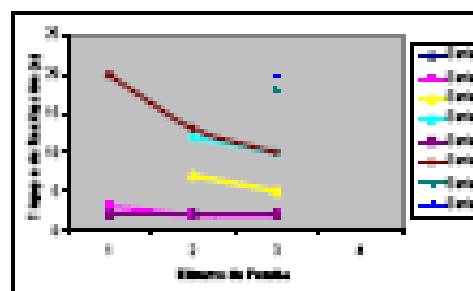


Fig. 2. Representación general de la evolución del paciente con el uso de la palanca de dos grados de libertad.

#### Caso de Rehabilitación 2

Paciente femenina, de 8 años de edad, que sufrió lesión penetrante de cráneo en la región temporal izquierda en el 2001, con lesión parietal posterior de línea temporal con cuadro hemorrágico y edema cerebral importante. Esta lesión desarrolló cuadro de hemiparesia corporal derecha con alteraciones del lenguaje y presencia de crisis convulsivas las cuales en su valoración del 3 de junio del 2008 estaban controladas. La paciente no establece contacto visual con su interlocutor, y su control motor a nivel de brazos y codo era nulo, lo mismo que en antebrazo y mano. El resumen de su impresión diagnóstica fue, hemiplegia derecha secundaria a traumatismo penetrante de cráneo, crisis del lenguaje y del lenguaje mental.

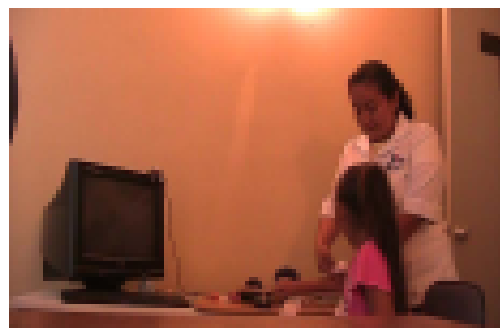
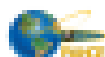


Figura 3. Rehabilitación en proceso

En la Figura 3 se muestra a la paciente femenina, acompañada en el Centro de rehabilitación Integral de Ajalá Mérida. En la



Pan American Health Care Exchanges – PAHOEL: Conferences, Workshops, and Exhibits. Cooperation / Alianzas, Intercambios de Cuidado Médico Panamericanos. Conferencia, Talleres y Exhibiciones. Cooperación / Alianzas.

Figura 4 se muestra la estadística del programa de cómputo, que en este caso es un juego de ping-pong. Aquí pueden observarse el tiempo que tarda en responder el paciente al estímulo, los veces que intenta golpear la pelota y su tendencia, y finalmente la posición respecto del centro de la pelota cuando golpea.

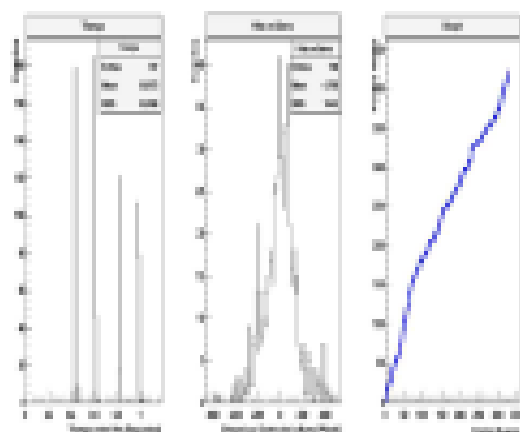


Figura 4. Registro del programa de cómputo.

Después de 18 horas de terapia con el sistema de pelotas, la evaluación médica arrojó las siguientes conclusiones: La movilidad del hombro aumentó con 180° de flexión, abducción 120°, el codo logra flexión completa con control extenso de la extremidad superior derecha, persiste solo control de muñeca y mano derecha. Asimismo, muestra una capacidad mayor de concentración y de coordinación. Se muestra ya control con las piernas y comienza a caminar con su mano afectada.

#### Conclusiones.

El porcentaje de personas que en México son susceptibles de presentar eventos vasculares cerebrales se incrementa y la necesidad de encontrar métodos económicos y efectivos de apoyo a la rehabilitación se convierte en una prioridad nacional. En el presente trabajo se utilizó la rehabilitación motivacional asistida por computadora con una "pelota" de dos grados de libertad.

En otros pacientes se lograron mejoras sustanciales de la capacidad motora de los pacientes estudiados, en un lapso de 10 – 18 horas de rehabilitación, con terapias que varían de 10 a treinta minutos cada una. La ventaja de este sistema es su bajo costo comparado con aquellos que se encuentran constantemente en el mercado, y su característica de seguir un patrón de movimientos preestablecidos. En los casos presentados, la rehabilitación de la muñeca y dedos se ve

logra, sugiriendo el diseño de dispositivos exclusivos para la mano bajo el mismo principio.

#### Agradecimientos.

Se agradece el apoyo decisivo del Lic. Wenceslao Salgado, Subdirector de Rehabilitación del Sistema SSP México. También del Jefe David Juárez Sandoval, del CRI Ajajula, Admisión, de la Secretaría Adjunta de la Paz Herencia, Claudia Miranda Jarama y Mariana Hinojosa Cordero, técnicas en rehabilitación del CRI-Ajajula.

#### Referencias

- [1] G. Gordon, P. Duncan, W. Struss, R. Adams, A. Adelman, D. Alexander, D. Bishop, L. Diller, N. Donaldson, C. Granger, A. Holland, M. Kelly-Hoyer, P. McDowell, L. Myers, M. Pappas, E. Roth, R. Salzman, G. Tardis, and C. Thornhill, *Functional Rehabilitation*. Rockville, MD: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Health Care Policy and Research, 1993.
- [2] Bruce R. Delisle, M.D., *Rehabilitation after Stroke*, *The new england journal of medicine*, a engl j med 352:16, www.nejm.org april 11, 2005, pp. 1675-1683.
- [3] Paul Bach-y-Rita, Brian Wood, Ron Liden, Cesar Fierstein, Dennis Rula, Esther Wink Bach-y-Rita, and Maria Medina, *Computer-Assisted Motivating Rehabilitation (CAMP) for Institutional, Home, and Educational Late Stroke Programs*, *Top Stroke Rehabil*, 2001; 8(3), pp.1-10.
- [4] Bach-y-Rita P, ed. *Recovery of Function/Theoretical Considerations for Stroke Injury/Rehabilitation*. Bern, Switzerland: Hans Huber, 1989.
- [5] Bach-y-Rita P. *Neuroplasticity: Cerebral Neurotransmission and Late Stroke Reorganization*. New York: Deutscher-Verlag, 1993.
- [6] Bach-y-Rita P. *Conceptual bases relevant to present and future neurologic rehabilitation*. In: Levin M, Grafman J, eds. *Neuroplasticity and Reorganization of Function After Brain Injury*. New York: Oxford University Press, 2000:357-379.
- [7] Bach-y-Rita P. *Theoretical and practical considerations in the restoration of functions following stroke*. *Topics Stroke Rehabil*. 2001; 8:1-13.
- [8] M. J. Johnson, M. Trickey, E. Rouzer, X. Feng, *TheraDrive: A New Stroke Therapy Concept for Home-based, Computer-Assisted Motivating Rehabilitation*, *Engineering in Medicine and Biology Society, 2004 Annual International Conference of the IEEE*, Volume 2, June 1-5, 2004, 4364 -4367.