

Interfaz gráfica y de extracción de datos para sistema de rehabilitación de muñeca implementado en Raspberry

Hernández Sierra L. J.¹, González Galván E. J.², De León Lomelí L. R.²

¹Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Manuel Nava No. 6, C.P. 78260, San Luis Potosí, S.L.P., MÉXICO

²Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Manuel Nava No. 6, C.P. 78260, San Luis Potosí, S.L.P., MÉXICO

Resumen—La discapacidad motora es un padecimiento presente en un alto porcentaje de la población y puede ser causada por aspectos como deficiencias congénitas, enfermedades o accidentes. Esta discapacidad es tratada usualmente mediante procesos de fisioterapia y/o terapia ocupacional. El objetivo de este trabajo es el desarrollo e implementación de una interfaz gráfica adaptada a un sistema de rehabilitación de muñeca. Este programa permite acompañar las sesiones de terapia, al mismo tiempo que propicia la recuperación cognitiva del paciente. La interfaz propuesta almacena la información de la trayectoria seguida durante la sesión de terapia en una base de datos; se busca analizar esta información (trayectorias que realiza el sujeto) para crear un expediente, que, después de varias sesiones, le permita saber su grado de avance.

Palabras clave— muñeca, rehabilitación, interfaz gráfica.

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo hay aproximadamente mil millones de personas con discapacidad [1]. De acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México la discapacidad afecta a 1.8 por ciento de la población, de los cuales 45.3 por ciento tiene alguna discapacidad motriz. Al año 2000 se contaba con cerca de 360 mil personas con este tipo de discapacidad [2].

La discapacidad motriz es un problema de salud pública que afecta a la población sin importar edad o condición social, pudiendo ser congénita o adquirida. Algunas posibles causas de esta discapacidad pueden ser: defectos congénitos, enfermedades crónicas, lesiones, Enfermedad Cerebrovascular (ECV), etc. La rehabilitación de los pacientes es vital para su reincorporación a la vida laboral y en muchas ocasiones a los roles sociales, una opción de rehabilitación es mediante terapia ocupacional. La evaluación de terapia ocupacional es un conjunto de procedimientos y un proceso de pensamiento, que es capaz de intervenir con la población a través de actividades del interés de la persona, con características relacionadas a la propia discapacidad [3]. Esta abarca muchos tipos de actividades, pero el enfoque en este trabajo será solamente la rehabilitación motriz, específicamente de la muñeca.

Diversos laboratorios y centros de investigación han desarrollado y diseñado modelos activos para la aplicación de rehabilitación y de asistencia [4-9].

En la referencia [4] se hace una descripción del robot MIT-MINUS como una herramienta totalmente terapéutica, tomando en cuenta que es un complemento de la terapia en general, ya que el fisioterapeuta puede asistir al robot para complementar la rutina, aunque una de las desventajas es que es costoso y, generalmente, la herramienta debe de estar en algún laboratorio o algún lugar donde esté en control.

En la referencia [7] el trabajo se centra en la adaptación de un robot industrial para realizar tareas de rehabilitación, específicamente de muñeca para pacientes que sufren discapacidad motriz debido a la ECV.

En este artículo se presenta la interfaz virtual complementaria al sistema de rehabilitación de muñeca diseñado en ref. [10]. Buscando sea una herramienta de apoyo para médicos y terapeutas, donde el paciente pueda realizar las sesiones previamente programadas desde su hogar, y el terapeuta pueda revisar los resultados desde su computadora, leyendo el reporte diario que genera el programa.

En México, los centros de rehabilitación están con sobrecupo, lo que conlleva que la rehabilitación no se haga en un tiempo y forma debidos. De ahí que se proponga la implementación de un sistema portátil y económico que el paciente pueda tener en casa, desde el cual pueda realizar sus sesiones de terapia. Se propone el uso de la tarjeta de adquisición Raspberry Pi Modelo B ya que, al ser un sistema económico y transportable, además de que cuenta con acceso a Internet, es una opción viable para este proyecto que permitirá realizar la rehabilitación desde el hogar del paciente.

A. MOVILIDAD DE LA MUÑECA

La función de la muñeca es el cambio de orientación de la mano con respecto al antebrazo. La compleja articulación de la muñeca consiste en múltiples articulaciones de 8 huesos del carpo (escafoides, semilunar, piramidal, pisiforme, trapecio, trapezoide, hueso grande y hueso ganchoso) con el radio distal, las estructuras del espacio ulnocarpal, los metacarpianos, y otros más. Esta colección de huesos y tejidos blandos es capaz de un arco de movimiento que aumenta la función de la mano y del dedo. [11] Según la biomecánica, el complejo articular de la muñeca permite el movimiento en dos planos: flexión y extensión en el plano

sagital; y desviación radial y cubital en el plano frontal [7]. (Figs. 1 y 2)

El rango total de desviación radial y cubital es aproximadamente de 65° grados, de 15° a 25° grados en dirección radial y de 30° a 45° grados en dirección cubital. El rango normal de movimiento de la muñeca va de 65° a 80° grados de flexión y de 55° a 75° grados de extensión, pero puede variar ampliamente entre los individuos.

Los movimientos de pronación y supinación del antebrazo, aunque no forman parte del movimiento de la muñeca, desempeñan un papel intrincado en la función de la

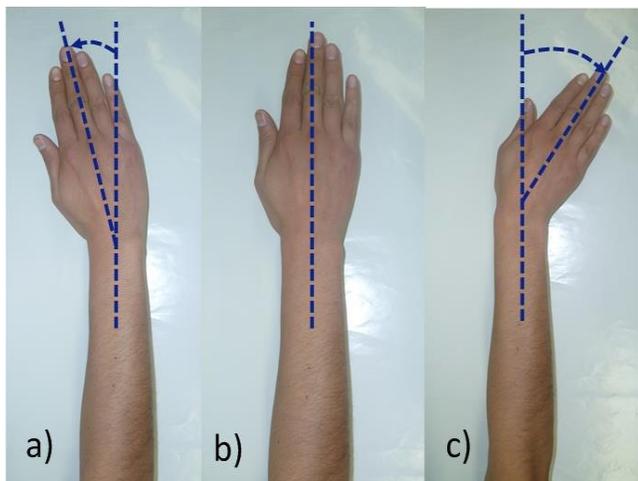


Fig. 2. a) Inclinación radial, b) Posición neutra, c) Inclinación cubital [7].

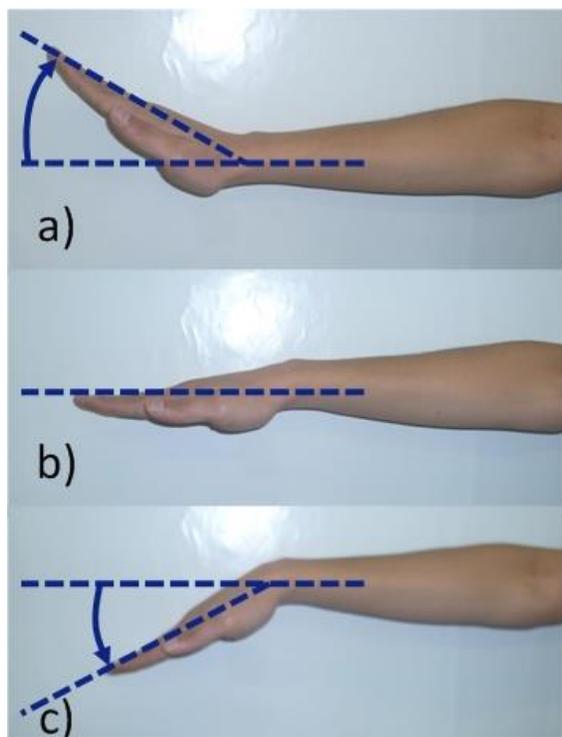


Fig. 1. a) Extensión, b) Posición neutra, c) Flexión [7].

mano y la muñeca. El rango del movimiento medio de la pronación-supinación es de 150° grados, 60°-80° grados de pronación y 60°-85° grados de supinación [7].

II. METODOLOGÍA

El proyecto consiste en el desarrollo de una interfaz gráfica de tres niveles de complejidad incremental que el paciente debe afrontar. Este programa se realiza en la tarjeta de desarrollo Raspberry Modelo B, con un precio aproximado de \$637.00 MXN (consultado el 16 de agosto del 2016), bajo el lenguaje de programación PYTHON [12]. Este es un lenguaje de programación de libre acceso. Para este proyecto se utilizó la versión 2.7 y viene incluido en la Raspberry, lo cual lo hace viable para ese tipo de hardware. Se usa como plataforma la Raspberry por su versatilidad, economía, e interfaz amistosa con el usuario y por qué tiene incluidas las herramientas suficientes para el buen desarrollo del producto final.

Los movimientos realizados durante la sesión de terapia se almacenan en una base de datos generada por el programa SqliteBrowser. Este es un programa de acceso libre que genera y abre bases de datos. El programa establece que cada vez que se cierra alguno de los interruptores internos del joystick, se almacena la coordenada del cursor en pantalla. Esto permite recrear la trayectoria seguida en el proceso de terapia.

A. Diseño de interfaz gráfica

El código implementado contempla la construcción del protagonista. Este consiste en un cuadrado de color blanco que estará ubicado en el inicio del laberinto (esquina superior izquierda), el cual se moverá con las interacciones del usuario con el joystick. De igual forma, contempla la formación de las paredes de los laberintos, así como el chequeo constante de colisiones para que el protagonista, no fuera capaz de traspasar estas paredes.

El programa permite controlar la velocidad de movimiento del protagonista y controlar aspectos como la imagen de fondo, laberintos y movimientos del protagonista.

Como paso subsecuente es el registro de todos los movimientos de los sujetos de prueba en una base de datos para su posterior análisis (Fig. 3).

B. Diseño de base de datos

Se utilizó SqliteBrowser en el proyecto para almacenar los datos previamente tomados de los movimientos de los sujetos de prueba y así, poder verlos numéricamente en pantalla.

Para la recolección de datos, la frecuencia de muestreo del guardado de los datos es de 12.8 datos por segundo cuando el switch está cerrado. Mientras el switch esté abierto, no se guarda ninguna posición en dicha base de datos.

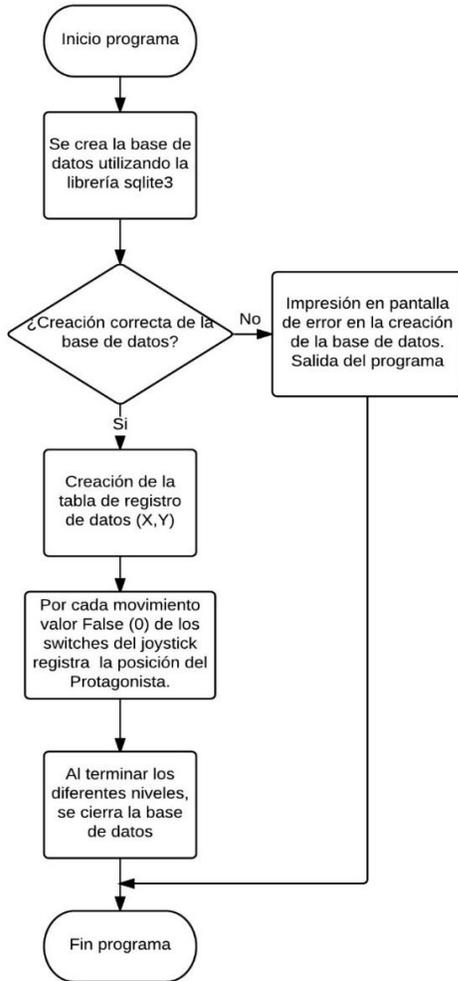


Fig. 3. Obtención de trayectorias en la base de datos.

C. Análisis de datos

Al tener un corto periodo de la realización del proyecto, solo fue posible la obtención de resultados estadísticos (media, desviación estándar, varianza) de las trayectorias recopiladas en la base de datos. Esto, para que en un trabajo futuro se expanda y se ocupen estos datos para la obtención de otros resultados que puedan ampliar aún más los resultados del proyecto.

Media Aritmética: es el valor obtenido al sumar todos los datos y dividir el resultado entre el número total de elementos. Se suele representar con la letra griega μ . Si tenemos una muestra de n valores x_i , la media aritmética μ , es la suma de los valores divididos por el número de elementos; en otras palabras:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_i x_i \quad (1)$$

Varianza: es la media aritmética del cuadrado de las desviaciones respecto a la media de una distribución estadística. La varianza intenta describir la dispersión de los datos. Se representa como σ^2 .

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n} \quad (2)$$

Desviación típica (desviación estándar): es la raíz cuadrada de la varianza. Se representa con la letra griega σ .

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \quad (3)$$

D. Aplicación a sujetos de prueba

Se escogieron a 10 sujetos de entre 8 y 30 años de edad que fungieran como los sujetos de prueba ya que, al no contar con la aprobación del protocolo, sería éticamente incorrecto aplicar la prueba a personas con discapacidad. A los 10 sujetos se les aplicó la misma prueba dos veces, una con la mano izquierda y otra con la mano derecha.

III. RESULTADOS

Se diseñó un programa en Python utilizando como plataforma la tarjeta de desarrollo Raspberry, y como herramienta secundaria, el software SQLiteBrowser. El programa permite la correcta monitorización y registro de los movimientos y trayectorias de los sujetos de prueba, lo que permite analizar los avances motrices que alcanza el paciente debido al proceso de terapia de rehabilitación. Se hicieron pruebas a diez sujetos de control, que permiten caracterizar la señal para posteriormente ser comparada con los resultados de pacientes. Se propone realizar de dos a tres sesiones semanales, con 3 niveles de dificultad y, mediante las gráficas y datos estadísticos, poder observar si hay avance significativo utilizando esta interfaz gráfica (Fig. 4).

En la Fig. 5 se muestra el prototipo completo en funcionamiento con un sujeto de control, se adaptó una banda de velcro, la cual inmoviliza el brazo, permitiendo el movimiento de rehabilitación sea únicamente de muñeca.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos por el programa en Python al aplicarse la prueba a sujetos de control (personas sanas), se aprecia que los resultados individuales son similares. En la Fig. 6 se muestra uno de los resultados de la graficación de la trayectoria obtenida. Esta gráfica se obtiene una vez que el programa ha terminado de analizar los datos.



Fig. 4. Interfaz gráfica del juego.



Fig. 5. Prueba de la herramienta con un sujeto de control.

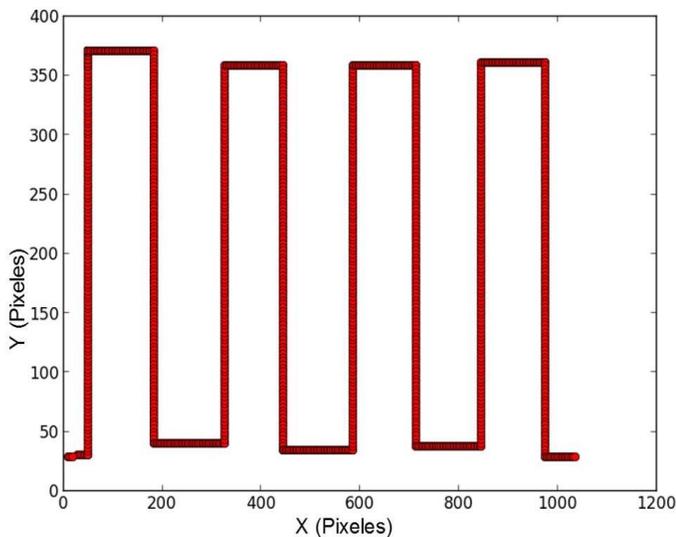


Fig. 6. Resultados obtenidos de uno de los sujetos.

TABLA I
RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS SUJETOS DE PRUEBA

Sujeto	Mano	Media	Varianza	Desviación Estándar
1	Izquierda	582.9157	73322.4221	270.7811
	Derecha	586.0833	73587.3087	271.2698
2	Izquierda	584.9752	69981.4966	264.5401
	Derecha	580.7916	69644.2866	263.9020
3	Izquierda	573.9185	73906.1712	271.8568
	Derecha	583.6247	73274.9335	270.6934
4	Izquierda	582.1860	73563.6537	271.2262
	Derecha	583.5160	73535.2793	271.1738
5	Izquierda	578.4095	73931.8372	271.9040
	Derecha	582.3657	74122.5897	272.2546
6	Izquierda	581.8942	73191.0254	270.5383
	Derecha	591.7527	76278.2427	276.1851
7	Izquierda	579.6029	72327.0391	268.9368
	Derecha	569.5826	74598.5738	273.1273
8	Izquierda	577.0322	73337.0991	270.8082
	Derecha	574.2403	73750.9721	271.5713
9	Izquierda	573.8612	69979.5261	264.5364
	Derecha	576.0212	76705.4617	276.9575
10	Izquierda	578.8206	73339.2220	270.8121
	Derecha	583.0258	73806.9610	271.6743

Por cuestiones de tiempo, la aplicación de la herramienta a personas con discapacidad queda para trabajo futuro.

Esta herramienta está pensada para usarse en el hogar, ya que el costo no es muy elevado (aproximadamente de \$1100.00 MXN, incluyendo el precio del descansabrazo de aproximadamente \$500.00 MXN), lo que lo hace un sistema de fácil acceso. Además, al obtener gráficas y datos estadísticos, es más fácil que el terapeuta o el médico a cargo del paciente interprete sus avances o retrocesos.

Los datos extraídos del sistema pueden ser procesados para caracterizarlos. Esto permite hacer una clasificación de las señales, que genere una escala de medición. En la Fig. 7 se presenta el comparativo de las trayectorias generadas por los sujetos de control, utilizando la mano derecha. Se emplea la norma descrita anteriormente para obtener una componente única. Se aprecia que todos los sujetos mantienen constante la trayectoria, aunque existen pequeñas diferencias que hacen posible la diferenciación.

En la Fig. 8 se muestran las señales que representan la trayectoria seguida por los sujetos de control, con la mano izquierda. Se aprecia que existe una diferencia en la trayectoria del sujeto de control 2, este tipo de diferencias permiten eventualmente clasificar el desempeño del paciente.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El proyecto está realizado para que personas con alguna discapacidad motora, específicamente de la muñeca, tengan un sistema de rehabilitación de bajo costo, pero, por restricciones de tiempo y al ser indispensable la aprobación de un Comité de Ética que avale el proyecto, solo se pudo hacer con personas sanas, a las cuáles se les dio a conocer información acerca de lo que harían como sujetos de prueba.

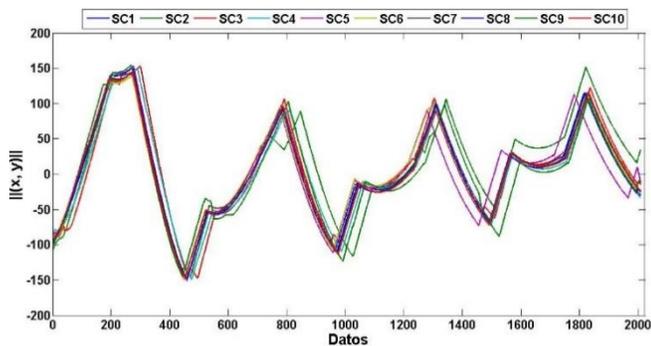


Fig. 7. Trayectorias de los sujetos de prueba de la mano derecha.

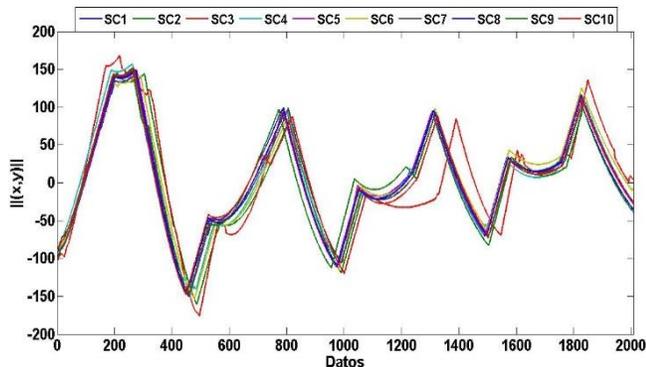


Fig. 8. Trayectorias de los sujetos de prueba de la mano izquierda.

Estos sujetos firmaron un consentimiento y llenaron una encuesta, donde ambos documentos se encuentran en el protocolo.

Este artículo presenta el desarrollo e implementación de una interfaz gráfica para rehabilitación de muñeca. Esta herramienta está pensada para personas de bajos recursos que no tengan a su alcance el sustento suficiente como para ir a una terapia en un centro de rehabilitación moderno.

La ventaja de hacer un laberinto es que, al resolverlos o avanzar sobre ellos, los 4 movimientos principales de la muñeca (inclinación radial, inclinación cubital, flexión y extensión [7]) se ejercitan, lo que lleva a un avance en la rehabilitación.

La implementación de la base de datos permite que el doctor o terapeuta pueda estudiar y seguir el avance o retroceso del paciente al paso de las sesiones, al ocupar esta herramienta de rehabilitación.

El sistema es cómodo para los pacientes, ya que la velocidad del protagonista es la necesaria para que el sujeto pueda maniobrar cómodamente todos los movimientos del joystick. De igual forma, es una herramienta versátil por el periodo de muestreo, ya que permite que la base de datos obtenga muchas más trayectorias y, por ende, el análisis final sea más fiable.

El sistema es económico, ya que no se requiere de muchos recursos para obtener esta herramienta. Así mismo, es portable, ya que, al contar con un descansabrazo montable,

permite que este sea trasladado a cualquier parte y pueda ser adaptado a cualquier tipo de silla.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] LA OMS. Discapacidades y Rehabilitaciones [en línea]. [Fecha de consulta: 27 junio 2016]. Atención médica y rehabilitación. Disponible en: <<http://www.who.int/disabilities/es/>>.
- [2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [en línea]. [Fecha de consulta 30 junio 2016]. Discapacidad en México. Disponible en: <<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P>>
- [3] Mulligan, *Terapia ocupacional en pediatría. Proceso de evaluación*, Ed. Médica Panamericana, (2006).
- [4] Lum Peter, Reinkensmeyer David, Mahoney Richard, Rymer William & Burgar Charles (2002). *Robotic Devices for Movement Therapy After Stroke: Current Status and Challenges to Clinical Acceptance*.
- [5] Coote, S, & Stokes E. K. (2005). *Effect of robot-mediated therapy on upper extremity dysfunction post-stroke a single case study*. Department of Physiotherapy, University of Limerick, Limerick, IRELAND.
- [6] Burgar Charles G., MD. (2000). *Development of robots for rehabilitation therapy: The Palo Alto VA/Stanford experience*. Rehabilitation R&D Center, Mail Code 153, 3801 Miranda Avenue, Palo Alto, CA, U.S.A. 94304-1207.
- [7] Martínez Delgado Ubaldo (2015). *Desarrollo de un sistema para rehabilitación de muñeca (Tesis de Maestría)*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., MÉXICO.
- [8] Hermano Igo Krebs, Volpe Bruce, William Dustin, Celestino James, Steven Charles, Lynch Daniel & Hogan Neville (2007). *Robot-aided neurorehabilitation: a robot for wrist rehabilitation*.
- [9] Williams Dustin, Hermano Igo Krebs, Hogan Neville (2001). *A robot for wrist rehabilitation*.
- [10] Silva Vaca D., González Galván E., León Lomelí R. (2015). *Diseño y desarrollo de una herramienta para terapia de muñeca, implementado en Raspberry*. Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica, Sociedad Mexicana en Ingeniería Biomédica, 361-364.
- [11] Peterson, Donald R. & Bronzino, Joseph D. (2015). *Biomechanics: Principles and Practices*: CRC Press.
- [12] Raspberry PI Foundation, RASPBERRY PI, [en línea]. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2016]. What is Raspberry PI? Disponible en: < <https://www.Raspberrypi.org/help/what-is-a-Raspberry-pi/> >