

Sistema híbrido para asistir las actividades físicas y cognitivas de adultos mayores y monitorear parámetros fisiológicos.

Trabajo Terminal No.

*Alumnos: Álvarez Nava José Antonio, Sandoval Jiménez Eduardo Sebastián, *Vega Bautista Christian Emanuel*

Directora: Chavarría Báez Lorena, Rocío Almazán Farfán

**e-mail: christian990116@gmail.com*

Resumen - La población en México está pasando por una etapa de envejecimiento, es por eso que el cuidado de los adultos mayores es un tema de suma importancia en medicina. Además, de acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), los servicios de salud especializada para este sector en México no son suficientes para atender la demanda, aunado a que las pocas herramientas tecnológicas diseñadas para mitigar este problema no están al alcance de todos. Dicha cuestión se agudiza ante la crisis causada por la pandemia. Por lo tanto, la propuesta de este Trabajo Terminal es implementar un sistema híbrido para asistir en la realización de actividades físicas y cognitivas de los adultos mayores mediante ejercicios y exámenes basados, principalmente, en los utilizados por el Instituto Nacional de Geriátría (INGER).

Palabras clave - Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Adulto Mayor, Sistema Híbrido, Actividades Físicas y Cognitivas.

1.- Introducción

La Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica 2018 (ENADID 2018) reporta que el número de personas de 60 años o más, conocidos como adultos mayores, que residen en México es de 15.4 millones, cifra que representa 12.3% de la población total [4]. Así mismo, de acuerdo a la ENADID 2018, el 42.3% de adultos mayores que viven solos presentan alguna limitación física o cognitiva, por ejemplo, caminar, mover los brazos, aprender, concentrarse, ver, entre otras [4].

Cabe mencionar que varios de los problemas de salud que padecen los adultos mayores son atribuibles a la edad [4]; sin embargo, muchos de ellos se deben también a los malos hábitos desarrollados durante las etapas previas de su vida. Tomar medidas preventivas para modificar las rutinas que afectan el estado físico y mental en las personas adultas mayores así como garantizar el acceso a los servicios de salud son acciones individuales y de carácter institucional [4] que se pueden realizar a fin de proporcionar la mejor calidad de vida posible a este sector de la población.

De acuerdo a estudios realizados [5], se ha detectado que a cada médico geriatra que existe en el país le corresponde atender a 29,000 personas, aproximadamente [5]. Como la demanda supera la oferta de profesionistas especializados en esta área, la opción más viable es que los adultos mayores modifiquen sus costumbres y, para ello, pueden auxiliarse de herramientas tecnológicas desarrolladas para tal fin [1, 2, 3]. Por ejemplo, existe el sistema de medidas cognitivas basado en juegos sobre la base del *Mini-Mental State Examination* (MMSE) para examinar funciones como el registro, la atención, el cálculo, el recuerdo, el lenguaje, la capacidad de seguir órdenes sencillas y la orientación en los adultos mayores; es una herramienta tecnológica destacada, que fue presentada en la Conferencia Internacional de Sistemas Aplicados de Innovación 2017 (ICASI 2017) [2]. Otro sistema, es un juego basado en música con captura de movimiento para apoyar la función cognitiva y motora en los adultos mayores. El juego se centra en la música, por sus beneficios terapéuticos, así como por su poder para motivar e involucrar a los oyentes [3].

Sin embargo, estas herramientas tecnológicas no están al alcance de los adultos mayores mexicanos porque la mayoría están desarrolladas en inglés o tienen un enfoque cultural distinto al de la cultura mexicana. Este es el problema que se aborda en este TT, la falta de herramientas tecnológicas, basadas en estudios formales, para la población mexicana de adultos mayores que ayude a su desarrollo físico y cognitivo.

La tabla 1 muestra las herramientas tecnológicas disponibles en el mercado ya sea para el desarrollo físico o cognitivo de adultos mayores.

Tabla 1. Resumen de productos similares.

SOFTWARE	CARACTERÍSTICAS
Development and Evaluation of a Computer Game Combining Physical and Cognitive Activities for the Elderly [1].	Este estudio desarrolla un sistema de juego cognitivo para el entrenamiento de tareas duales motoras y cognitivas de las personas mayores.
Development of a Game-based Cognitive Measures System for Elderly on the Basis of Mini-Mental State Examination [2].	Sistema de medidas cognitivas basado en juegos sobre la base del Mini-Mental State Examination (MMSE) para examinar funciones como el registro, la atención y el cálculo, el recuerdo, el lenguaje, la capacidad de seguir órdenes sencillas y la orientación.
A novel music-based game with motion capture to support cognitive and motor function in the elderly [3].	Este sistema, de acuerdo a los autores, pretende ser utilizable fuera de un contexto clínico. El juego se centra en la música, por sus beneficios terapéuticos, así como por su poder para motivar e involucrar a los oyentes.
Sistema de Software para coadyuvar a la reactivación o ralentización de la memoria en adultos mayores [9].	Software para estimular el desarrollo cognitivo implementando la terapia lúdica basada en juegos que desarrollan las habilidades cognitivas de la memoria y la atención. Además de contener las pruebas psicológicas de Isacc, Pfeiffer y el MMSE como punto de evaluación de los afiliados.
Desarrollo de aplicaciones interactivas mediante robótica persuasiva para adultos mayores utilizando el robot humanoide Nao [10].	Aplicaciones que incorporan un conjunto de estrategias de persuasión en la elaboración de rutinas de terapia física y cognitiva para adultos mayores. Se emplean recursos de interacción del robot humanoide permitiendo el intercambio de información entre la persona y el robot, mantener esa comunicación clara y eficiente depende de la correcta aplicación de las estrategias de persuasión.

Sistema híbrido para asistir las actividades físicas y cognitivas de adultos mayores y monitorear parámetros fisiológicos.	Este sistema monitoreará la frecuencia cardíaca y la oxigenación durante las actividades físicas que realiza el usuario, en caso de tener registros fuera del estándar se mandará una alerta al tutor por SMS. Además, dará un informe de las actividades (físicas y cognitivas) realizadas de un determinado periodo al tutor. Con base en las preferencias musicales del usuario, contará con un radio donde el adulto mayor escuchará música durante los ejercicios físicos para incentivar a terminar la rutina. El sistema personalizará la rutina de ejercicios según el comportamiento del adulto mayor.
--	---

2.- Objetivo:

En esta sección se muestran el objetivo general y los objetivos específicos.

General.

A continuación se describe el objetivo general del sistema.

Implementar un sistema híbrido para asistir en la realización de actividades físicas y cognitivas, basados en los exámenes utilizados por el Instituto Nacional de Geriatria (INGER), de los adultos mayores así como para monitorear su frecuencia cardíaca y oxigenación.

Específicos.

A continuación se describen los objetivos específicos del sistema.

- Desarrollar un Subsistema de gestión de información de adultos mayores y tutores, el cual incluye el registro de usuario, manejo de alertas y seguimiento de progreso.
- Desarrollar un Subsistema de administración para que el administrador pueda mantener y actualizar el sistema.
- Desarrollar un Subsistema de práctica física y mental, que implemente los ejercicios físicos y mentales, basados en los exámenes utilizados por el INGER, para el adulto mayor.
- Desarrollar un Subsistema de medición de frecuencia cardíaca y oxigenación mediante circuitos eléctricos.

3.- Justificación:

“Nos hacemos viejos” es una frase que se escucha y puede sonar existencialista o filosófica, pero, hoy día, la realidad y los datos reflejan esta situación más clara que nunca. La población mexicana de 60 años y más pasó de 9.1% en 2010 a 12.0% en 2020, mientras que la población de 0 a 17 años disminuyó de 35.4% en 2010 a 30.4% en 2020 [5]. Esto es una muestra fehaciente de que la población del país realmente está envejeciendo. Por otro lado, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía reportaba que sólo en 2018 el 11.4% de las personas mayores de 60 años vivían solas [4]. Al indagar sobre la capacidad de los servicios médicos para atender a esta área de la población se descubrió que la práctica recomendada es que a cada médico geriatra le corresponda atender a 5000 adultos mayores para que el cuidado sea el más adecuado. México se encuentra alejado de esta sugerencia ya que, al menos, en 2017 se contaban con 401 geriatras para los 12 millones de adultos mayores que vivían en ese año [6], lo que significa que a cada geriatra le corresponde atender a, por lo menos, 29 mil adultos mayores. Esto refleja el poco o nulo cuidado especializado para este sector de la población. De forma más clara, actualmente no se cuenta con la capacidad estructural ni personal para el cuidado apropiado de una de las partes

de la población más delicadas. En este contexto, los sistemas y aplicaciones informáticos son una alternativa que puede ayudar a que estas carencias sean menos notorias y se mejore la atención que requieren los adultos mayores. Estas herramientas tecnológicas si bien no pueden, y, desde cierto punto no deben, suplir por completo todas estas atenciones médicas, representan una ayuda y un elemento de confianza que debería comenzar a tomar más relevancia para, de esta forma, crear más aplicaciones que faciliten los cuidados de los adultos mayores. Es esta problemática lo que motiva el desarrollo de este Trabajo Terminal, que consiste en construir una herramienta híbrida, es decir, que involucre software y hardware, para facilitar la atención médica tanto del lado del adulto mayor como del lado del geriatra.

El enfoque de esta propuesta es tecnológico, es decir, que se emplearán los conocimientos adquiridos por los autores durante su estancia en la Escuela Superior de Cómputo, como el desarrollo de sistemas, programación y electrónica, para su construcción. Esta decisión se tomó con base en que los adultos mayores hoy aceptan este tipo de soluciones. Como se menciona en [8], se realizó un estudio en donde se concluyó que, en general, los adultos mayores toman muy en cuenta soluciones tecnológicas a la hora de afrontar diversos problemas de su vida, únicamente se evalúan como cualquier otra herramienta y se toma la decisión con respecto de la efectividad de esta. Gracias a estas propuestas, se puede tener una mayor visión acerca de lo que se puede mejorar para resolver el problema.

4.- Productos o Resultados esperados:

En la figura 1 se muestra el diagrama de funcionamiento general del sistema. Para empezar, el sistema le solicita al adulto mayor sus datos para crearle un perfil y personalizar su experiencia de usuario (UX) con base en las enfermedades que padece, escolaridad con la que cuenta, temas de interés y géneros de música preferidos. El tutor del adulto mayor, por su parte, proporciona sus datos de contacto para enviarle las alertas pertinentes ante cualquier emergencia que se pueda presentar. Por otro lado, los sensores de frecuencia cardíaca y oxigenación registran el valor de estas variables para ser procesados por el sistema. Finalmente, el administrador será el encargado de proporcionar las actualizaciones de software para la corrección de errores y dar mantenimiento al mismo.

El sistema enviará un correo de confirmación al adulto mayor al finalizar su registro y le proporcionará el resultado de la medición de los sensores. A su vez, el tutor del adulto mayor también recibirá el correo de confirmación así como una alerta en caso de que los sensores de frecuencia cardíaca y oxigenación marquen resultados fuera de lo normal. De igual forma, el tutor recibirá información acerca del desempeño del adulto mayor en los ejercicios que ha realizado.

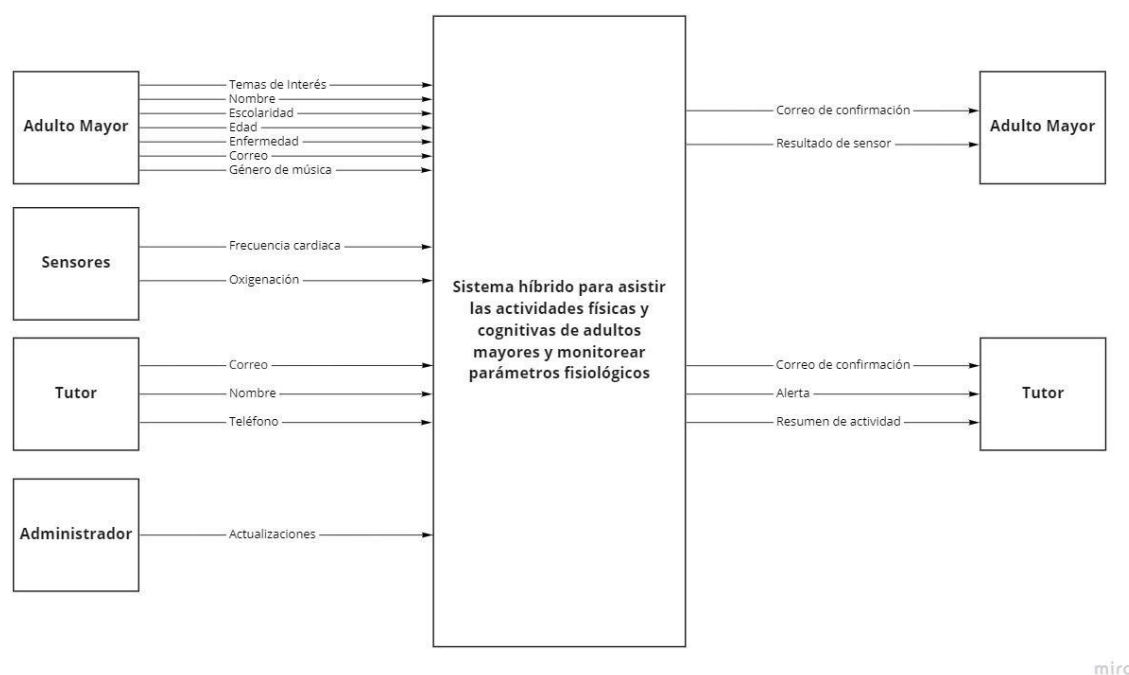


Figura 1. Diagrama de contexto del sistema

En la figura 2 se muestran los principales subsistemas que integran la arquitectura del sistema. Empieza con el envío de los datos personales en el Subsistema de gestión de información tanto del adulto mayor como del tutor para poder almacenarlos de forma correcta en la base de datos (almacén de usuarios). Posteriormente el sistema envía un correo de confirmación a ambas entidades para finalizar el registro correctamente.

Ahora bien, el Subsistema de práctica física y mental ejecuta los ejercicios físicos y cognitivos almacenados en el almacén de ejercicios. Este almacén contará con una serie de ejercicios precargados basados en los exámenes MMSE, *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA), Mini-Cog, Neuropsi, *Short Physical Performance Battery* (SPPBB), entre otros utilizados en el INGER, de igual forma, el administrador podrá actualizar estos ejercicios dando la posibilidad de estar al día con los estudios realizados por dicha institución. Así mismo, el Subsistema de práctica física y mental recibe el resumen de medición que capturaron los sensores para poder mostrar el resultado al adulto mayor. También, el tutor recibe un resumen de la actividad física realizada por el adulto mayor en un determinado periodo. Los resultados de los ejercicios realizados por el usuario se guardan en la base de datos (almacén de usuarios).

Entonces, el Subsistema de medición de frecuencia cardíaca y oxigenación recibe las variables de medición directamente de los sensores. En caso que las variables de medición registradas no se encuentren dentro del estándar, el sistema debe enviar un mensaje de alerta al tutor para que esté al tanto de una posible situación de emergencia. Todas las mediciones de los sensores las almacena en la base de datos (almacén de usuarios).

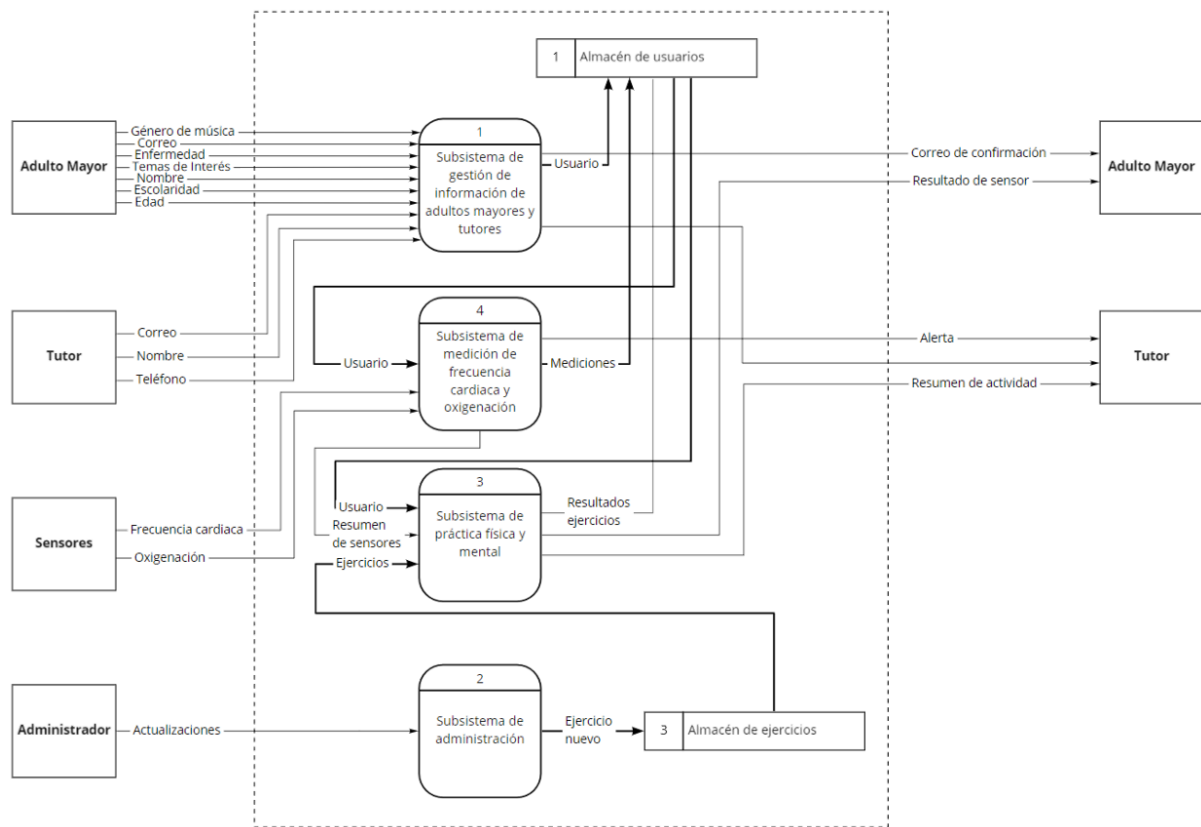


Figura 2. Diagrama de nivel 0 del sistema.

Después de implementar el sistema se espera obtener:

- Sistema híbrido para asistir las actividades físicas y cognitivas de adultos mayores y monitorear parámetros fisiológicos.
- Manual técnico.
- Manual de usuario.

5.- Metodología:

A continuación se menciona la metodología a emplear, así como la forma en que se usarán sus características.

En este proyecto se hará uso de la metodología de trabajo SCRUM en conjunto con algunas características de *Kanban*. Ambas tienen la ventaja de ser adaptables a equipos de trabajo pequeños.

Con respecto a SCRUM, los tiempos de cada sprint se definirán de 2 semanas y se trabajará en 4 épicas:

- Subsistema de gestión de información de adultos mayores y tutores.
- Subsistema de administración.
- Subsistema de práctica física y mental.
- Subsistema de medición de frecuencia cardíaca y oxigenación.

Para que las historias de usuario de cada épica se consideren terminadas, se tendrán que comprobar las siguientes características:

1. Funcionalidad (que la historia de usuario cumpla con los criterios de aceptación que la definen).
2. *Commit* realizado en *GitHub* (para los Subsistemas de software).
3. Pruebas (que cumpla con los casos de prueba que la definen).
4. Documentación en manuales.

Con respecto a *Kanban*, únicamente se hará uso un *Kanbanboard* para tener definido el estatus de cada historia de usuario, haciendo uso de los siguientes estados: *Backlog* (Historias de usuario por hacer), Desarrollo, Pruebas y Completado.

6.- Cronogramas:

[illegible]

[illegible]

[illegible]

7.- Referencias:

- [1] Y. -H. Lin, H. -F. Mao, K. N. Lin, Y. L. Tang, C. -L. Yang and J. -J. Chou, "Development and Evaluation of a Computer Game Combining Physical and Cognitive Activities for the Elderly," in IEEE Access, vol. 8, pp. 216822-216834, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3041017.
- [2] K. Liu, S. Chen and H. Huang, "Development of a game-based cognitive measures system for elderly on the basis of Mini-Mental State Examination," 2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI), 2017, pp. 1853-1856, doi: 10.1109/ICASI.2017.7988307.
- [3] K. Agres, S. Lui and D. Herremans, "A novel music-based game with motion capture to support cognitive and motor function in the elderly," 2019 IEEE Conference on Games (CoG), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/CIG.2019.8847993.
- [4] INEGI, "Estadísticas a propósito del día internacional de las personas de edad (1 de Octubre)", 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2019/edad2019_Nal.pdf [Último acceso: 2021].
- [5] INEGI, "En México somos 126 014 024 habitantes: Censo de Población y vivienda 2020", 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020_Nal.pdf [Último acceso: 2021].
- [6] C. D. d. I. D. Ivonne Karina Becerra Laparra, "EN MÉXICO SÓLO EXISTEN 401 MÉDICOS GERIATRAS CERTIFICADOS", Universidad Nacional Autónoma de México, 28 agosto 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2017_556.html. [Último acceso: 2021].
- [7] OMS, "La salud mental y los adultos mayores", Who.int, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/la-salud-mental-y-los-adultos-mayores>. [Último acceso: 2021].
- [8] M. V. Giuliani, M. Scopelliti and F. Fornara, "Elderly people at home: technological help in everyday activities", ROMAN 2005. IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2005., 2005, pp. 365-370, doi: 10.1109/ROMAN.2005.1513806.
- [9] R. Y. Beltrán, A. A. Duarte, "Sistema de Software para coadyuvar a la reactivación o ralentización de la memoria en adultos mayores", Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Mayo 2016. [En línea]. Disponible en: <http://erecursos.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/2952/documento%20final%2024-05-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 2021].
- [10] S. Freire, K. Dayanna, "Desarrollo de aplicaciones interactivas mediante robótica persuasiva para adultos mayores utilizando el robot Humanoide Nao", Universidad de las Fuerzas Armadas, 27 Agosto 2020. [En línea]. Disponible en : <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22395/1/T-ESPE-043748.pdf>. [Último acceso: 2021].

8.- Alumnos y Directora:

José Antonio Álvarez Nava, Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Boleta: 2015030045, Tel. 5618430271, email alvarez.nava.antonio@gmail.com

Firma: _____

Eduardo Sebastián Sandoval Jiménez, Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Boleta: 2015071325, Tel. 5614858549, email sebastian.sandoval.jimenez01@gmail.com

Firma: _____

Christian Emanuel Vega Bautista, Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Boleta: 2015031331, Tel. 5522658622, email christian990116@gmail.com

Firma: _____

Lorena Chavarría Báez, Doctora en Ciencias en Ingeniería Eléctrica opción Computación por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV-IPN). Profesora de la Escuela Superior de Cómputo. Intereses de investigación: sistemas de información, bases de datos, email lorena_chavarria@yahoo.com.mx

Firma: _____

Rocio Almazán Farfán, Maestra en Ciencias en Ingeniería de Sistemas por la SEPI-ESIME Unidad Zacatenco. Profesora de la Escuela Superior de Cómputo. Intereses de Investigación: Dispositivos Electrónicos, email rocioalfa@hotmail.com

Firma: _____

CARÁCTER: Confidencial

FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.