

Desarrollo de aplicaciones interactivas mediante robótica persuasiva para adultos mayores utilizando el robot humanoide NAO

Silva Freire, Karen Dayanna

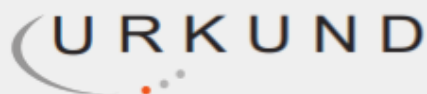
Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Electrónica,
Automatización y Control

Ing. Ibarra Jácome, Oswaldo Alexander. MGs

27 de agosto del 2020



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis Dayanna Silva.pdf (D78255919)
Submitted: 8/28/2020 2:10:00 AM
Submitted By: oaibarra@espe.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

Tesis Fabricio Vilatuña.pdf (D40770900)
PAPER FINAL FINAL TESIS 1.docx (D52408272)
Titulacion_Procel_Capitulos (1) (1).docx (D77244123)
Tesis (Uso de la Robótica Educativa como herramienta para el aprendizaje).docx (D24864181)

Instances where selected sources appear:

7

Firma:

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read "Oswaldo". Below the signature is a horizontal dotted line.

Ing. Ibarra Jácome, Oswaldo Alexander. MGs

DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Desarrollo de aplicaciones interactivas mediante robótica persuasiva para adultos mayores utilizando el robot humanoide NAO”** fue realizado por la señorita **Silva Freire, Karen Dayanna** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 28 de agosto de 2020

Firma:

.....
Ing. Ibarra Jácome Oswaldo Alexander MGs.

C. C 1719535427



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Silva Freire, Karen Dayanna**, con cédula de ciudadanía n° 1723843262, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Desarrollo de aplicaciones interactivas mediante robótica persuasiva para adultos mayores utilizando el robot humanoide NAO”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 28 de agosto de 2020

Firma

Silva Freire, Karen Dayanna

C.C.: 1723843262



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Silva Freire, Karen Dayanna**, con cédula de ciudadanía n° 1723843262, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Desarrollo de aplicaciones interactivas mediante robótica persuasiva para adultos mayores utilizando el robot humanoide NAO”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 28 de agosto de 2020

Firma

Silva Freire, Karen Dayanna

C.C.: 1723843262

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y por guiar mis pasos hasta cumplir su propósito.

A mis padres Silvio y Viviana, por toda la paciencia y comprensión que siempre me han brindado, por estar a mi lado cuando sentía que no podía más, pero, sobre todo porque incluso cuando yo perdía la fe en mí ustedes nunca lo hicieron. Los amo mucho y espero que se sientan orgullosos.

A mi hermano, Sebastian, por ser el mejor compañero y amigo que me dio la vida. Espero que puedas usar mi experiencia para que esta nueva etapa que vas a vivir en la Universidad sea llena de éxitos y momentos inolvidables. Ahora ya puedes decir que tu hermana es ingeniera

A las mujeres que han estado a mi lado desde niña, a quienes han sido un ejemplo de superación y de fortaleza: abuelita Martita, tía Berty, tía Sylvana, y mi hermana Gaby. Sé que parte de lo que soy se debe a sus consejos y cuidados y sé que gracias a cada una de sus oraciones he llegado hasta donde me encuentro. A mi niñas, Amy y Valentina, por traer alegría y locura a mi vida, son las mejores sobrinas del mudo, las amo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mis padres, por estar a mi lado durante todo este camino, enseñándome que hay que esforzarse para alcanzar las metas, confiar en Dios y no rendirse. Gracias por su apoyo, por las madrugadas incontables para verme en la Universidad y por su esfuerzo para que termine mi carrera.

Gracias a mi hermano por la paciencia y el apoyo, porque viviste esta carrera como tuya también, hiciste deberes y proyectos que muchas veces me salvaron la vida, sé que puedo contar contigo para las que sea.

Gracias a la persona que ha estado a mi lado toda una carrera, gracias por ser el mejor amigo, el mejor compañero y una pareja incondicional, Jonathan; estoy segura de que Dios te puso en mi camino para traer equilibrio a mi vida, gracias por motivarme a ser mejor y cumplir mis metas. Espero que este sea un logro de los muchos que alcancemos juntos. Te amo mucho. ¿Hasta Cuándo? Sin importar hasta cuándo.

Un agradecimiento especial a mi tutor, el Ing. Alexander Ibarra J., por su apoyo durante la realización de este proyecto, pero sobre todo gracias por sus consejos y por ser un docente y amigo a quien admiro mucho.

Agradezco a los amigos incondicionales, a los que la Universidad puso en el camino y ahora son parte importante de mi vida, Daya y Fabri, no saben cuánto significa para mí haberlos conocido. Agradezco también a aquellas personas que pasaron por mi vida dándome lecciones para ser mejor y a los nuevos amigos que se han ganado un espacio en mi corazón.

Tabla de contenidos

Resumen	17
Abstract.....	18
Capítulo I	19
Introducción	19
Antecedentes.....	19
Justificación e importancia	22
Alcance.....	26
Objetivos	28
Objetivo general.....	28
Objetivos específicos.....	28
Capítulo II	29
Fundamentación Teórica	29
Introducción.....	29
Población adulta mayor	31
Deterioro físico.....	35
Deterioro cognitivo	38
Interacción Humano-Robot (HRI)	40

	9
Robótica social	46
Robótica persuasiva	47
Estado del arte	51
Capítulo III	60
Desarrollo HRI.....	60
Introducción.....	60
Características técnicas del humanoide	61
Características cinemáticas.....	62
Sensores	64
Dispositivos de interacción	65
NAOqi.....	66
Choregraphe	68
Estrategias de persuasión aplicada.....	71
Afectiva.....	72
Lógico	74
Cooperación	75
Implementación de las expresiones corporales	78
Desarrollo de terapia física	79
Bloque de programación Timeline	79

	10
Ejercicios implementados	82
Descripción del funcionamiento del programa.....	86
Desarrollo de terapia cognitiva.....	91
Áreas cognitivas	91
Bloques de programación implementados.....	97
Aplicación móvil	110
Desarrollo de los ejercicios	112
Informe.....	119
Capítulo IV	124
Pruebas y Resultados	124
Introducción.....	124
Evaluación	126
Análisis de resultados	129
Actividad física	131
Actividad cognitiva	136
Capítulo V.....	140
Conclusiones y Recomendaciones.....	140
Conclusiones	140
Recomendaciones.....	141

Trabajos futuros.....	142
Bibliografía	144
Anexos	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Cambios físicos relacionados con la edad</i>	36
Tabla 2 <i>Estrategias de persuasión</i>	49
Tabla 3 <i>Resumen de articulaciones del robot NAO</i>	62
Tabla 4 <i>Datos de evaluación de la ejecución de la actividad física</i>	132
Tabla 5 <i>Datos de evaluación del nivel de persuasión – actividad física</i>	133
Tabla 6 <i>Datos de evaluación de la motivación y experiencia – actividad física</i>	134
Tabla 7 <i>Datos de evaluación de la ejecución de actividad cognitiva</i>	137
Tabla 8 <i>Datos de evaluación del nivel de persuasión – actividad cognitiva</i>	138
Tabla 9 <i>Datos de evaluación de la motivación y experiencia – actividad cognitiva</i>	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Robot de servicio Pepper</i>	19
Figura 2 <i>Robot humanoide NAO</i>	22
Figura 3 <i>Centros geriátricos en Japón impulsan el uso de robots</i>	30
Figura 4 <i>Población adulta mayor (65 años y más) de América Latina</i>	32
Figura 5 <i>Proyección poblacional del Ecuador 2010-2020</i>	33
Figura 6 <i>Caracterización de la población adulta mayor entre los años 2010 a 2020</i>	33
Figura 7 <i>Algunos cambios producidos en el envejecimiento</i>	35
Figura 8 <i>Tipos de estiramiento</i>	37
Figura 9 <i>Evaluación del deterioro cognitivo en el Ecuador</i>	39
Figura 10 <i>Descripción gráfica del Valle de la Incertidumbre</i>	44
Figura 11 <i>Sophia es un robot para investigación de inteligencia artificial y HRI</i>	45
Figura 12 <i>Componentes de un robot social</i>	46
Figura 13 <i>Estrategias de persuasión</i>	48
Figura 14 <i>Robots empleados en diferentes servicios</i>	52
Figura 15 <i>Paro es un robot</i>	52
Figura 16 <i>Sota y Pepper trabajan en Tokio</i>	53
Figura 17 <i>NAO visita a los pacientes del Hospital Jouarre</i>	55
Figura 18 <i>Mascotas robóticas desarrolladas por Joy for All</i>	56
Figura 19 <i>Robots empleados en la atención de personas de la tercera edad</i>	57
Figura 20 <i>Robot Heka</i>	57
Figura 21 <i>Robótica persuasiva en el Ecuador</i>	59
Figura 22 <i>Ejemplo de movimiento del robot humanoide NAO</i>	60
Figura 23 <i>Dimensiones del robot humanoide NAO en mm</i>	61

Figura 24 <i>Ejes de movimiento</i>	62
Figura 25 <i>Grados de libertad del robot humanoide NAO</i>	64
Figura 26 <i>Resumen de sensores del humanoide NAO</i>	64
Figura 27 <i>Ubicación de micrófonos</i>	65
Figura 28 <i>Ubicación de infrarrojos</i>	66
Figura 29 <i>Estructura de acceso a librerías y módulos en NAOqi</i>	67
Figura 30 <i>Estructura de acceso a métodos en NAOqi</i>	68
Figura 31 <i>Versión del programa Choregraphe</i>	68
Figura 32 <i>Entorno de programación</i>	69
Figura 33 <i>Expresión del robot humanoide para persuasión afectiva</i>	73
Figura 34 <i>Expresión del robot humanoide para persuasión lógica</i>	75
Figura 35 <i>Expresión del robot humanoide para persuasión cooperativa</i>	76
Figura 36 <i>Bloque para animación de texto</i>	78
Figura 37 <i>Elementos del bloque de Timeline</i>	79
Figura 38 <i>Selección de articulación para trabajar en los movimientos del humanoide</i> ..	80
Figura 39 <i>Captura de fotograma clave para la generación de movimientos</i>	82
Figura 40 <i>Fotogramas clave del ejercicio 1</i>	83
Figura 41 <i>Fotogramas clave del ejercicio 2</i>	83
Figura 42 <i>Fotogramas clave del ejercicio 3</i>	84
Figura 43 <i>Fotogramas clave del ejercicio 4</i>	84
Figura 44 <i>Fotogramas clave del ejercicio 5</i>	85
Figura 45 <i>Fotogramas clave del ejercicio 6</i>	85
Figura 46 <i>Fotogramas clave del ejercicio 7</i>	86
Figura 47 <i>Diagrama de flujo para la ejecución de la rutina física</i>	87

Figura 48 Diagrama de flujo base correspondiente a los ejercicios 1,2,5 y 6	88
Figura 49 Diagrama de flujo base y combinado para los ejercicios 3 y 4	89
Figura 50 Diagrama de flujo correspondiente a la ejecución de baile	90
Figura 51 Esquema de atención	93
Figura 52 Esquema de proceso de percepción auditiva.....	94
Figura 53 Tipos de coordinación.....	95
Figura 54 Esquema de habilidades del razonamiento.....	96
Figura 55 Bloque para aprendizaje de reconocimiento facial.....	97
Figura 56 Ejemplo de posición del usuario para aplicar el bloque Learn Face.....	98
Figura 57 Ejemplo de visualización de la persona en el entorno de Choregraphe	99
Figura 58 Bloque de identificación de rostros	99
Figura 59 Bloque de reconocimiento de voz.....	100
Figura 60 Configuración bloque speech.....	100
Figura 61 Bloque de selección.....	101
Figura 62 Descomposición del bloque de selección por voz.....	102
Figura 63 Selección para crear un bloque de dialogo	102
Figura 64 Ventana de configuración del bloque de dialogo.....	103
Figura 65 Ventana para añadir el archivo de configuración del control remoto	104
Figura 66 Activación de la señal de entrada InfraRedRemoteKeyReceived.....	105
Figura 67 Conexión del bloque receptor con la señal IR.....	106
Figura 68 Selección para la creación de bloque Python.....	106
Figura 69 Ventana de configuración para el bloque de Python	107
Figura 70 Configuraciones para la entrada del bloque Python.....	108
Figura 71 Tipo de variables de entrada para el bloque Python	108

Figura 72 Tipo de entrada para el bloque Python	109
Figura 73 Script para programación del bloque Python	109
Figura 74 Icono de la aplicación móvil NaoControl	110
Figura 75 Ventana de menú principal de la aplicación NaoControl	111
Figura 76 Ventanas para ejercicios de percepción, razonamiento, atención y coordinación	111
Figura 77 Diagrama de flujo correspondiente a la ejecución de la rutina cognitiva	113
Figura 78 Diagrama de flujo correspondiente a la aplicación de percepción.....	115
Figura 79 Diagrama de flujo correspondiente a la aplicación de razonamiento.....	116
Figura 80 Diagrama de flujo correspondiente a la aplicación de atención.....	117
Figura 81 Diagrama de flujo correspondiente a la aplicación de coordinación	118
Figura 82 Ejemplo de informe para actividades cognitivas.....	123
Figura 83 Primer acercamiento con el grupo de prueba	124
Figura 84 Imágenes base para el trabajo de reconocimiento facial.....	125
Figura 85 Socialización del funcionamiento del humanoide NAO	127
Figura 86 Ejecución de los ejercicios 1 y 2	129
Figura 87 Ejecución de los ejercicios 3 y 4	129
Figura 88 Ejecución de los ejercicios 5 y 6	130
Figura 89 Ejecución del ejercicio 7	130
Figura 90 Desarrollo de la prueba cognitiva 1.....	130
Figura 91 Desarrollo de la prueba cognitiva 2.....	131

Resumen

La interacción humano-robot (HRI) se ha convertido en una importante rama de investigación de la robótica; incorporar robots a entornos con seres humanos y el diseño y construcción de robots sociales se ha vuelto común los últimos años, por lo que es necesario emplear nuevas estrategias que permitan que esta interacción sea eficiente.

La robótica persuasiva, como un área de investigación relativamente nueva busca proporcionar estas estrategias al HRI considerando no solo el punto de vista del usuario (persona), sino también la cantidad de información que puede procesar un robot durante la interacción. En el presente proyecto “DESARROLLO DE APLICACIONES INTERACTIVAS MEDIANTE ROBÓTICA PERSUASIVA PARA ADULTOS MAYORES UTILIZANDO EL ROBOT HUMANOIDE NAO”, se incorpora un conjunto de estrategias de persuasión en la elaboración de rutinas de terapia física y cognitiva para personas de la tercera edad. Se emplean recursos de interacción del robot humanoide permitiendo el intercambio de información entre la persona y el robot, mantener esta comunicación clara y eficiente depende de la correcta aplicación de las estrategias de persuasión. Analizar la persuasión desde el punto de vista de la robótica permite la comprensión de los factores que la conforman: componentes verbales y no verbal; así como el hecho de que su influencia en la comunicación humana no depende del interlocutor sino de la aplicación de la estrategia.

Palabras clave

- **INTERACCIÓN HUMANO ROBOT**
- **ROBOTICA PERSUASIVA**
- **ROBOTICA SOCIAL**

Abstract

Human-robot interaction (HRI) has become an important branch of robotic research; The incorporation of robots into environments with humans and the design and construction of social robots has become common in recent years, so it is necessary to employ new strategies that allow this interaction to be efficient. Persuasive robotics, as a relatively new research area, seeks to implement these strategies in HRI considering not only the point of view of the user (person), but also the amount of information that a robot can process during the interaction. In this project "DEVELOPMENT OF INTERACTIVE APPLICATIONS BY MEANS OF PERSUASIVE ROBOTICS FOR ELDERLY PEOPLE USING THE NAO HUMANOID ROBOT", a set of persuasion strategies is incorporated in the elaboration of physical and cognitive therapy routines for the elderly people. The interaction resources of the humanoid robot are used, allowing the exchange of information between the person and the robot, maintaining this clear and efficient communication depends on the correct application of persuasion strategies. Analyzing persuasion from the point of view of robotics allows us to understand the factors that compose it: verbal and non-verbal components; as well as the fact that its influence on human communication does not depend on the interlocutor but on the application of the strategy.

Keywords:

- **ROBOT HUMAN INTERACTION**
- **PERSUASIVE ROBOTICS**
- **SOCIAL ROBOTICS**

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

La robótica se define como la ciencia que estudia el diseño e implementación de robots mediante la combinación de múltiples disciplinas como: mecánica, electrónica, ingeniería de control, entre otras; obteniendo como resultado una máquina autónoma con cierto grado de inteligencia que es capaz de percibir e imitar determinados comportamientos del ser humano con la finalidad de desempeñar labores riesgosas o que requieren determinada fuerza, velocidad o precisión. (ANSES, 2012)

Figura 1

Robot de servicio Pepper.



Nota: En la figura se puede observar al robot Pepper en entornos con humanos.

Recuperado de:(EFE, 2016)

De esta forma podemos afirmar que los robots de servicio son aquellos robots cuyas características les permiten cumplir alguna función en entornos con presencia de humanos y por ende con condiciones cambiantes. El Technical Committee on Service Robots, parte de la IEEE Robotics and Automation Society, en el año 2000 definió dos grandes grupos de aplicación para los robots de servicio: 1) sectores productivos no manufactureros (edificación, agricultura, minería, etc.) y 2) sectores de servicios propiamente dichos (asistencia personal, educación, entretenimiento, etc.). (Aracil, Balaguer, & Armada, 2008)

La inclusión de los robots a estos campos ha vuelto inevitable su coexistencia con los humanos, surgiendo el concepto de interacción humano-robot. También conocida como HRI, se considera un área de investigación multidisciplinaria al incluir bases de la comunicación, ciencias sociales, robótica, etc. (Baillieul & Takase, 2008)

Por ejemplo, las nuevas aplicaciones para robots en entornos de salud, educación, entretenimiento, hogar y trabajo requieren que colaboren con personas como socios capaces. Dichos robots deben tener habilidades y capacidades de interacción orientadas al ser humano para trabajar con nosotros como compañeros de equipo, aprender de nosotros o enseñarnos, así como comunicarse con nosotros y comprendernos. Los objetivos de la interacción entre personas y robots pueden abarcar potencialmente dimensiones físicas, cognitivas, basadas en tareas, sociales o emocionales. (IEEE-RAS, 2019)

A medida que los robots se incrustan más en nuestra vida diaria, asumen roles cada vez más sociales e interactivos. Lejos de simplemente desarrollar máquinas funcionales, los esfuerzos actuales en HRI están diseñando robots para proporcionar

servicios en entornos sociales como atención médica, educación y asistencia en el lugar de trabajo. Sin embargo, para ser efectivos en estos roles, los robots deben poder transmitir información, instrucciones y orientación de una manera socialmente aceptable que provoque la acción o respuesta humana. Alentar una respuesta a menudo se realiza a través de la persuasión: el proceso de influir en el cambio de actitud o comportamiento. La robótica persuasiva es un área emergente que se centra en los robots que influyen en el comportamiento de un usuario durante la HRI. (Saunderson & Nejat, 2019)

Estudios han encontrado que los robots físicamente presentes de mayor parecido humano eran más persuasivos, entre ellos el robot NAO. Con una altura de 58 centímetros NAO es un robot humanoide que constituye una plataforma programable para interactuar en diferentes entornos con una variedad diferente de personas. La complejidad de sus movimientos y acciones van desde jugar un partido de fútbol, hacer de profesor, o promocionar un producto en un evento interactuando con los asistentes o realizando complejas coreografías, entre otras muchas actividades. (Saunderson & Nejat, 2019)

NAO recibe información de su entorno gracias a sus sensores, entre los que podemos mencionar: dos cámaras, cuatro micrófonos, nueve sensores táctiles, dos sensores de ultrasonidos, ocho sensores de presión, un acelerómetro y un giróscopo. Además, incluye otros elementos de expresión que le dan un alto grado de interactividad, como sus 53 LEDs RGB, su sintetizador de voz y sus dos altavoces. (Robotrónica, s.f.)

Figura 2

Robot humanoide NAO.



Nota: La imagen muestra a un robot humanoide Nao. Recuperado de: (Aldebaran, 2017)

Incluye un software gráfico de programación llamado Choregraphe, compatible con Windows Linux y Mac, que permite programarlo sin tener conocimientos de un lenguaje de programación. Y para usuarios avanzados incluye un conjunto completo para desarrollo de software, que permite usar distintos lenguajes como C++, Python, JAVA, .NET y MATLAB. (Aldebaran, 2017)

Justificación e importancia

El presente proyecto se enmarca dentro de lineamientos gubernamentales del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida, en aspectos relacionados con el “Eje 1: Derechos para Todos Durante Toda la Vida”, cuyo primer objetivo es “Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas”, para lo cual se ha constituido el programa “Mis Mejores Años” como una herramienta con la finalidad de precautelar y garantizar el bienestar de los adultos mayores en condiciones de

vulnerabilidad, otorgándoles una vida digna y saludable. (Consejo Nacional de Planificación (CNP), 2017)

Institucionalmente el proyecto se encuentra alineado con el Plan Estratégico de Desarrollo Institucional PEDI 2018-2021, con relación a la perspectiva del impacto social donde el objetivo estratégico planteado es “Incrementar la contribución al desarrollo de las Fuerzas Armadas y el impacto social de la Universidad en sus zonas de influencia”. (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018)

Además, según las estimaciones del Banco Mundial, en el año 2017 se determinó que el porcentaje de la población mundial correspondiente a la población de 65 años o más era del 8,703%; para el año 2018 este valor incrementó hasta el 8,926%. En el Ecuador también se evidenció este crecimiento ya que en el año 2017 el porcentaje de esta población correspondía al 7,104% y en el año 2018 incrementó al 7,338%, frente a estas cifras es necesario desarrollar proyectos que brinden variedad de recursos a las personas de edad avanzada, como: sanitarios, higiénicos, culturales, de salud, para mantener una vida activa, etc.; con la finalidad de que puedan conservar o mejorar su nivel de autonomía y calidad de vida. (Banco Mundial, 2018)

El envejecimiento es un proceso biológico que genera cambios estructurales y funcionales con el paso de tiempo. Estos cambios se pueden evidenciar por ejemplo en la reducción de flexibilidad de tejidos, reducción de células nerviosas y la disminución general del tono corporal, de forma general se consideran entonces cambios físicos y cambios cognitivos en las personas. (Landinez Parra, Contreras Valencia, & Castro Villami, 2012)

Para apaciguar los cambios físicos generados por el envejecimiento, la Organización Mundial de la Salud (OMS) define que la actividad física, cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos, tanto moderada como intensa es beneficiosa para la salud. La OMS recomienda el tipo y cantidad de actividad física que deben realizar las personas adultas de 65 años o más:

- Practicar al menos 150 minutos semanales de actividad física moderada, o al menos 75 minutos semanales de actividad física intensa, o una combinación equivalente entre actividad moderada e intensa.
- Para obtener mayores beneficios para la salud estas personas deben llegar a 300 minutos semanales de actividad física moderada, o su equivalente.
- Las personas con problemas de movilidad deben practicar actividad física para mejorar su equilibrio y prevenir caídas por lo menos 3 días a la semana.
- Conviene realizar las actividades de fortalecimiento muscular 2 o más días a la semana y de tal manera que se ejerciten grandes conjuntos musculares.

Considerando la intensidad con que se practican distintas formas de actividad física varía según las personas. Para que beneficie a la salud cardiorrespiratoria, toda actividad debe realizarse en periodos de al menos 10 minutos de duración.

(Organización Mundial de la Salud, 2018)

De la misma forma los adultos mayores y ancianos tienen un riesgo elevado de padecer alguna enfermedad o problema que afecte al estado de su cognición. Los ejercicios de mantenimiento cognitivo y envejecimiento activo persiguen mejorar el bienestar y calidad de vida de las personas a medida que envejecen, favoreciendo las oportunidades de desarrollar una vida autónoma y saludable en la tercera edad. Las

habilidades cognitivas que se deben fortalecer son: memoria, percepción, atención, coordinación y razonamiento. (Shatil, 2013)

Muchos adultos mayores temen ejercitarse pues consideran que la actividad física puede desencadenar una crisis o daños irreversibles en su salud, sin embargo, la realidad es que factores como el sedentarismo o el sobrepeso son más perjudiciales para un adulto mayor, que realizar una rutina de ejercicios. En el caso de los ejercicios cognitivos, el adulto mayor se siente restringido a realizarlos por vergüenza, puesto que el envejecimiento se refleja en síntomas cognitivos como pérdida de memoria con olvidos frecuentes y mayor lentitud en la resolución de problemas y reacción mental. Estas limitaciones (físicas y cognitivas) pueden generar ansiedad y depresión en el adulto mayor. (El Universal, 2019) (Bitbrain, 2018)

La OMS manifestó que la depresión es la principal causa mundial de discapacidad y contribuye de forma muy importante a la carga mundial general de morbilidad, si se analiza detenidamente la trascendencia de las emociones en la vida diaria de un individuo, se puede visualizar rápidamente que son muchas las ocasiones en que éstas influyen en la toma de decisiones, por lo que es imprescindible crear herramientas que prevengan la sintomatología depresiva, generando ambientes donde los adultos mayores se encuentren motivados y puedan mantener estables sus emociones al realizar actividades que mejoren su calidad de vida. (Organización Mundial de la Salud, 2017)

Bajo estas consideraciones el Hospital Jouarre, un hogar de ancianos en Francia ha empleado a Zora, un robot humanoide controlado por un enfermero de hospital

mediante un ordenador portátil, con la finalidad de dirigir sesiones de ejercicio y sostener conversaciones con los pacientes. (Santariano, Peltier, & Kostyukov, 2018)

Pese a que las personas de la tercera edad requieren de un mayor esfuerzo para adaptarse a la tecnología, este grupo obtiene grandes beneficios al interactuar con ella, por ejemplo: mantenerse en contacto con aquellos que le rodean, mejoran sus sentimientos de independencia y se sienten más activos, superan la brecha generacional del uso de tecnología quitando los prejuicios sociales. (QMAYOR, 2017)

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, posee un conjunto de robots NAO, para ser desarrollado en campos como la HRI, mediante los cuales se busca la socialización de estos recursos tecnológicos en beneficio de la comunidad. El Área de Automatización y Control a direccionado investigaciones sobre robots humanoides, específicamente NAO, sin embargo, es poca la experiencia en el desarrollo de aplicativos de estas plataformas a grupos vulnerables, por lo que este proyecto aporta al desarrollo del campo HRI dirigido a personas de la tercera edad como pilar en la robótica social.

Además, el presente proyecto contribuirá con una base sólida para futuras investigaciones a nivel de pregrado y posgrado en el ámbito de la robótica social, robótica persuasiva y parte del HRI.

Alcance

El presente proyecto pretende trabajar de forma coordinada con la herramienta (el robot humanoide NAO) y la estrategia (robótica persuasiva) para constituir un sistema que promueva en una población de adultos mayores la realización de actividades físicas grupales y ejercicios cognitivos individuales, cabe recalcar que el

sistema no busca remplazar al facilitador de las terapias, sino más bien funciona como un asistente durante las mismas. Para la cual es importante considerar que en la incorporación de un robot humanoide a un entorno de cuidado de ancianos se define una metodología fundamentada en tres ejes principales: adopción (aceptación del paciente al robot), automatización (personalización conforme a requerimientos) y adaptación (estrategias de adaptación para consolidar y mejorar la metodología). (Amazings NCYT, 21)

El desarrollo de un aplicativo de HRI como un asistente de terapias para personas de la tercera edad, se trata de una aplicación desarrollada en el entorno académico de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” para su puesta a prueba en un grupo de personas de la tercera edad potenciando las actividades que este realiza, de modo que los usuarios puedan interactuar con el robot de forma fluida y empática, esto mediante la utilización de herramientas de reconocimiento facial, reconocimiento de comandos de voz y expresiones corporales desarrolladas para su aplicación a un grupo vulnerable como son las personas de la tercera edad.

El sistema propuesto consiste en la aplicación de robótica persuasiva en la plataforma humanoide NAO, es decir, se aplicarán estrategias de persuasión empleadas en el lenguaje humano con la finalidad de que el grupo de personas sea motivado a realizar una actividad determinada. Dentro de las necesidades de los ancianos se ha identificado realizar terapias físicas y cognitivas.

Las terapias físicas consisten en la ejecución de rutinas de ejercicio que serán realizadas de forma grupal, son rutinas que buscan ejercitar y relajar músculos del cuerpo sin altas exigencias físicas debido a las limitaciones del envejecimiento.

Las terapias cognitivas son rutinas de actividades individuales que buscan fortalecer áreas como: la memoria, percepción, atención, coordinación y razonamiento de forma personalizada, se procederá a realizar la identificación del paciente mediante reconocimiento facial y se realizarán ejercicios que potencien las áreas mencionadas. Se recalca que todas estas actividades se ejecutan en compañía de un supervisor o facilitador ya que el robot humanoide no posee las características suficientes para realizarlas solo.

Objetivos

Objetivo general

- Desarrollar un conjunto básico de funciones que faciliten la interacción humano-robot empleando estrategias de persuasión con el robot humanoide NAO para estimular actividad física y cognitiva en personas de la tercera edad.

Objetivos específicos

- Aplicar estrategias de robótica persuasiva para la interacción con grupos de personas de la tercera edad mediante el robot humanoide NAO.
- Definir algoritmos de programación que proporcionen al robot NAO cualidades que faciliten la comunicación con los usuarios mediante expresiones corporales.
- Determinar rutinas cognitivas y físicas factibles de aplicación con personas de la tercera edad.

Capítulo II

Fundamentación Teórica

Introducción

Los cambios demográficos que se han generado en los últimos años han sido una causa importante para que los desarrollos tecnológicos se enfoquen en grupos de atención prioritaria como son: niños, ancianos y personas de la tercera edad; considerando las diferentes necesidades que tienen estos grupos, la incorporación de tecnologías a sus entornos debe no solo satisfacer alguna de sus necesidades, sino también mantener seguro el ambiente en el que se desenvuelven.

Ante el auge de una era tecnológica, en donde los recursos no se encuentran distribuidos de forma equitativa a los diversos sectores poblacionales, las personas de la tercera edad dependen del resto de miembros de la sociedad para acceder a herramientas tecnológicas y aprender a emplearlas en su vida cotidiana, por lo que, considerando esta realidad, es necesario que todos los proyectos y desarrollos tecnológicos destinados a esta población fomenten la autonomía personal del adulto mayor.

El Estado Ecuatoriano ha generado propuestas operativas para garantizar la calidad de vida de las personas mayores a 65 años, esto mediante: la atención integral del adulto mayor, promover la inclusión social de estas personas considerando la importancia de la convivencia entre distintas generaciones, y el desarrollo de sus capacidades en los espacios creados específicamente para este grupo; en este último punto el desarrollo físico y cognitivo puede ser potenciado mediante el uso de herramientas tecnológicas con un enfoque hacia el envejecimiento activo y saludable.

Japón ha sido uno de los principales precursores del uso de tecnología en beneficio de las personas de la tercera edad. Desde el 2013, el Gobierno Metropolitano de Tokio apoyó la iniciativa del uso de robots androides en 3 centros privados y ya en el 2015 se estableció un subsidio para la adquisición y uso de este tipo de tecnología, permitiendo que centenares de centros adopten estas herramientas. El objetivo no es reemplazar a los especialistas que trabajan en los centros, sino más bien disminuir la carga física y mental de los trabajadores sin comprometer la calidad de servicios. (EFE, 2019)

Figura 3

Centros geriátricos en Japón impulsan el uso de robots.



Nota: La imagen muestra al robot Peper interactuando con personas de un centro geriátrico de Japón. Recuperado de: (EFE, 2019)

La Interacción Humano – Robot comprende el conjunto de herramientas empleadas para la eficaz interacción de los seres humanos y los robots, de tal forma que las personas logren no solo comprender la información recibida, sino también que generen una respuesta para continuar con una actividad definida; gracias a estas herramientas se integran a los robots a entornos con personas.

Con la Cuarta Revolución Industrial, el uso de robots en procesos de producción se ha vuelto común, surgiendo conceptos como la robótica colaborativa donde los robots están destinados a realizar actividades repetitivas y que demandan un esfuerzo físico, los robots trabajan a la par de otros robots y otros seres humanos incrementando la productividad y calidad de un proceso; pero la realidad es que la aceptación de dicho robot en un entorno con seres humanos depende de las cualidades sociales que este posea, estos patrones de comportamiento o normas sociales, denominado como inteligencia social, es una cualidad de los seres humanos que busca ser imitada en los robots, de esta forma surge el concepto de Robótica Social. (Pelegrí, 2019)

Los robots sociales son aquellos dotados de inteligencia social para comunicarse de forma eficiente con los seres humanos. Se ha comprobado que la interacción con robots genera resultados positivos cuando las personas tienen un objeto tangible con el que pueden interactuar, es decir, pueden realizar actividades similares a las que hacen con otras personas. (Sandoval Benítez, 2012)

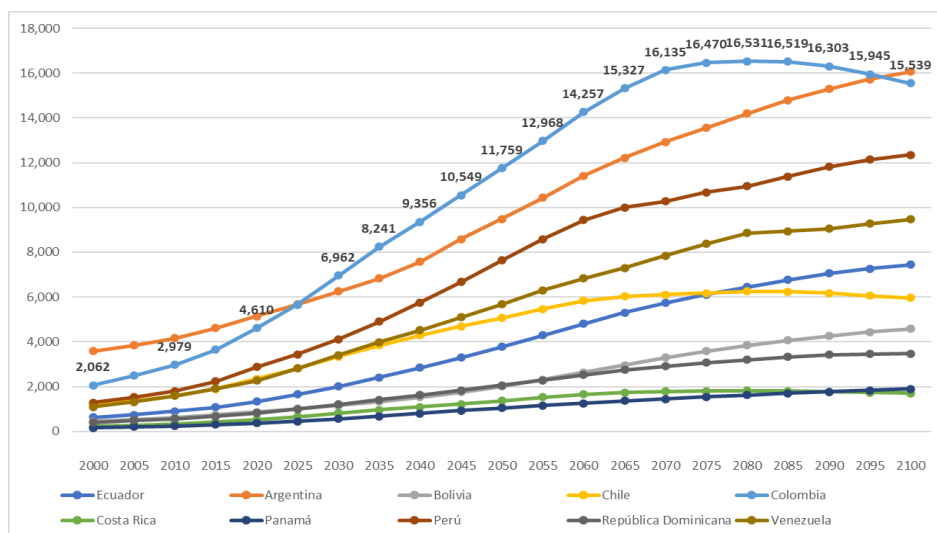
Población adulta mayor

Según la organización mundial de la salud (OMS) en el año 2018, presentó los siguientes datos referentes al envejecimiento a nivel mundial:

- En el año 2015, un 12% de la población del planeta eran mayores de 60 años y se ha proyectado para el 2050 que este valor se aproximaría al 22%, y de esta población el 80% vivirá en países con ingresos medios y bajos.
- En el 2020 las personas de la tercera edad superarían en número a los infantes con una edad inferior a los 5 años.

Figura 4

Población adulta mayor (65 años y más) de América Latina.



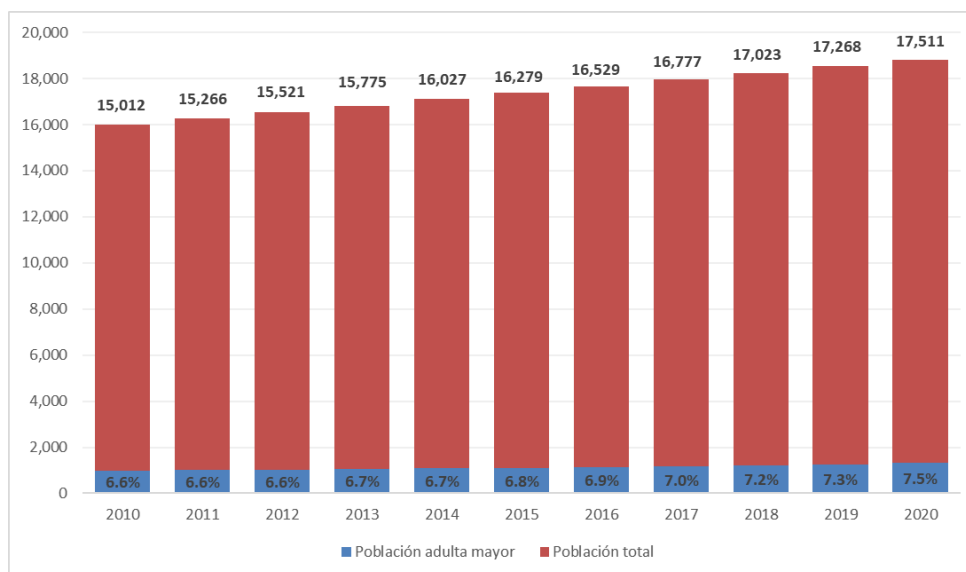
Nota. La figura muestra el incremento de la población adulta mayor en América Latina (Ministerio de Inclusión Económica y Social, 2019)

El incremento en la pauta de envejecimiento de la población mundial constituye un cambio demográfico importante para todo el mundo; es necesario buscar estrategias que permitan brindar a este grupo de la población adecuados servicios sociales y de salud. (Organización Mundial de la Salud, 2018)

En base a la información del censo del 2010, el INEC presentó una proyección demográfica para el 2020, notando que la población sufrirá una importante transición ya que el número de personas adultas mayores incrementará. Se proyectaron aproximadamente 1'310 297 personas de la tercera edad, de esta población el 53,8% corresponde a mujeres y el 46,2% corresponde a hombres; con esta información es necesario considerar la importancia de generar proyectos en beneficio de este sector poblacional. (Ministerio de Inclusión Económica y Social, 2019)

Figura 5

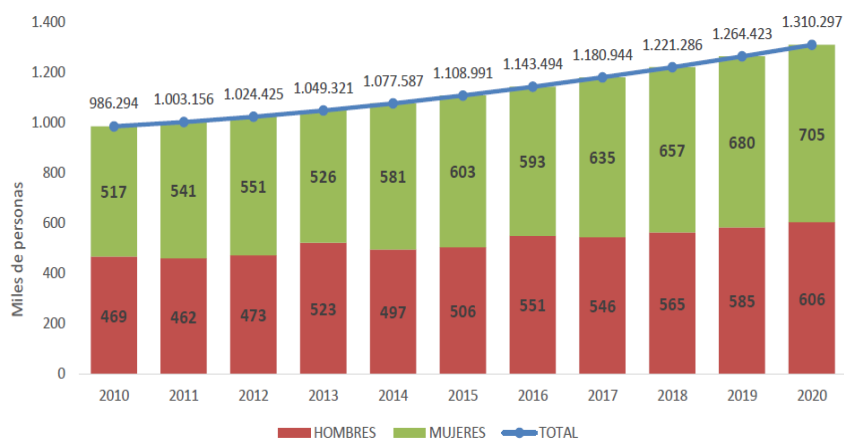
Proyección poblacional del Ecuador 2010-2020



Nota. La figura muestra el incremento de la población adulta mayor según la población general. Recuperado de: (Ministerio de Inclusión Económica y Social, 2019)

Figura 6

Caracterización de la población adulta mayor entre los años 2010 a 2020



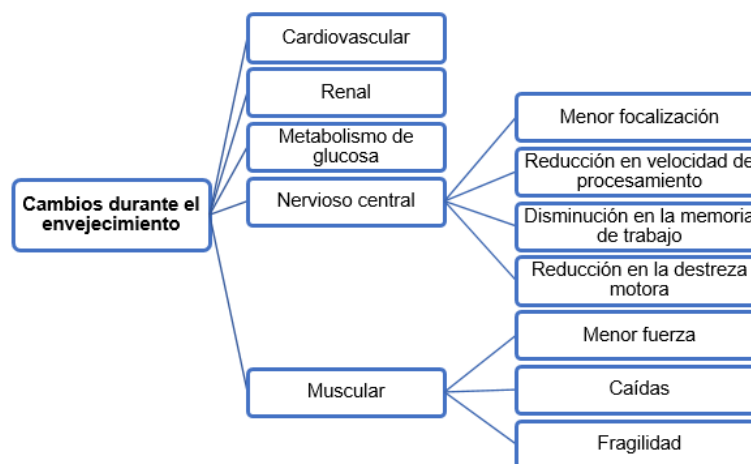
Nota. La figura muestra la caracterización de la población adulta mayor según su género. Recuperado de: (Ministerio de Inclusión Económica y Social, 2019)

Para el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) como autoridad rectora de los programas de inclusión a grupos prioritarios, ha sido necesario contextualizar la situación demográfica de la población de personas de la tercera edad y analizar las implicaciones en el envejecimiento poblacional nacional. Para dar lugar a dicho análisis, se realizó la Encuesta Nacional de Salud, Bienestar y Envejecimiento SABE I entre los años 2009-2010, donde se expone que el envejecimiento debe ser considerado en tres ejes diferentes: del individuo, de la familia y de la población nacional; para este proyecto se ha considerado el envejecimiento individual. Al referirnos al envejecimiento individual reflexionamos en los cambios fisiológicos y psicológicos que experimentan las personas a nivel individual; el desgaste en sus capacidades físicas, acompañado de problemas psicológicos o mentales hacen que las personas de la tercera edad recurran a servicios de salud de calidad.

La población geriátrica se caracteriza por ser pluripatológica, por lo que requiere de atención en diferentes áreas de la salud, son estas enfermedades las que a largo plazo generan dependencia de los adultos mayores, es decir que, a mayor edad, el índice de discapacidad también aumenta. Las discapacidades que se presentan afectan directamente a las funciones corporales que según la Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud (CIF), este término no solo involucra a las funciones fisiológicas de los sistemas corporales, sino también a las funciones mentales o psicológicas. (Organización Mundial de la Salud, 2001)

Figura 7

Algunos cambios producidos en el envejecimiento.



Nota. La figura muestra un resumen de los cambios generados por el envejecimiento.

Según (Salech, Jara, & Michea, 2012) resulta interminable analizar completamente los cambios morfológicos y funcionales que van a sufrir las personas de la tercera edad. Consideramos cambios morfológicos a aquellos que se dan a nivel de estructura celular e histológico, y a los cambios funcionales como un término que incluye a las funciones corporales variables durante el desarrollo de la persona o bajo una condición médica. Para el desarrollo de este proyecto se consideraron los cambios funcionales del sistema nervioso central y muscular, asociados respectivamente al deterioro cognitivo y físico.

Deterioro físico

Según los Manuales Merck (conocidos como Manuales MSD) que se emplean en diagnósticos y terapias, los cambios físicos se reflejan en la composición corporal y las articulaciones, en la Tabla 1

se puede observar un resumen de estos cambios y sus manifestaciones clínicas.

Tabla 1

Cambios físicos relacionados con la edad

	Cambios fisiológicos	Manifestaciones clínicas
Composición corporal	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la masa corporal magra • Disminución de la masa muscular • Disminución en la producción de creatinina • Disminución de masa esquelética • Disminución de agua corporal total • Disminución del porcentaje de tejido adiposo desde los 60 años 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en los niveles de los fármacos (generalmente aumentan) • Disminución de fuerza • Tendencia a la deshidratación
Articulaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Degeneración de los tejidos cartilagosos • Fibrosis • Pérdida de la elasticidad de los tejidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Rigidez en articulaciones • Tendencia a artrosis

Nota. En esta tabla se muestra un resumen de los cambios físicos ocasionados por el envejecimiento. Recuperado de: (Besdine, 2016)

La OMS ha brindado un manual con recomendaciones sobre la realización de actividad física, una de las más importantes consiste en direccionar las actividades en función de los rangos de edad. El grupo de la tercera edad está considerado con adultos desde los 65 años con independencia de factores como género, raza, etnia, etc., aun así, hay que considerar casos especiales como discapacidades donde los ejercicios deben adaptarse de forma que no se pongan en riesgo a las personas.

(Organización Mundial de la Salud, 2010)

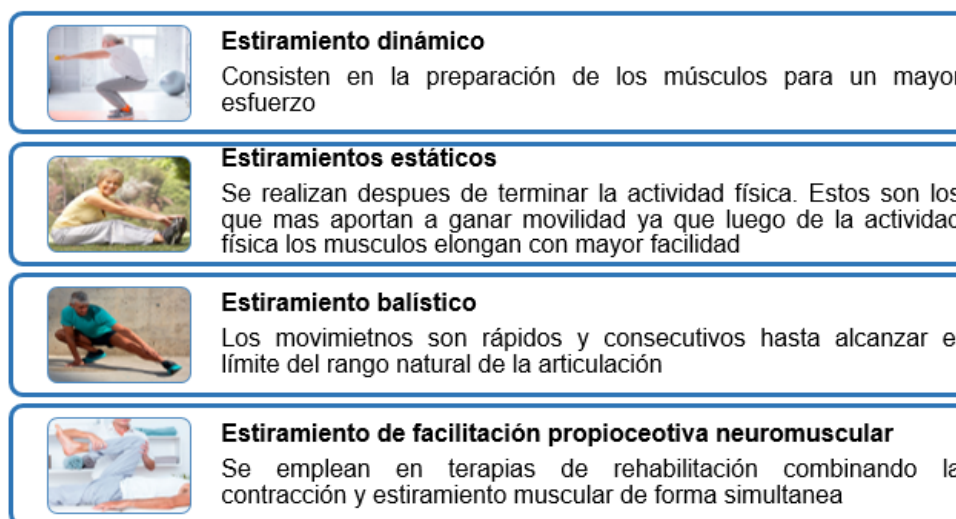
La evidencia científica demuestra que la actividad física en grupos de la tercera edad y bajo condiciones seguras, reduce los riesgos de morbilidad; el adulto mayor

puede llegar a adaptarse fisiológicamente al entrenamiento físico potenciando de esta forma sus capacidades funcionales. Las recomendaciones para considerar al realizar una actividad física consisten en la combinación de actividades cardiorrespiratorias, entrenamiento para el mantenimiento de masa muscular y ejercicios de flexibilidad según sea necesario. (Paterson, Jones, & Rice, 2007)

La importancia de la realización de ejercicios de estiramiento reside en que muchas de las actividades físicas para grupos de la tercera edad se ven limitadas a la flexibilidad de las personas, esta condición física impide que adultos mayores puedan verse beneficiados de determinadas actividades físicas. El estiramiento consiste en alargar determinados músculos mediante movimientos suaves para evitar dolores o efectos contraproducentes. En la Figura 8 se puede observar los tipos de estiramiento a realizar en personas de la tercera edad.

Figura 8

Tipos de estiramiento



Nota. La figura muestra la clasificación de los tipos de entrenamiento. Recuperado de:
(García, 2019)

Entre los beneficios de los ejercicios de estiramiento para personas de tercera edad se pueden mencionar: el incremento de la flexibilidad y por ende un mayor rango de movilidad para realizar actividades cotidianas, la mejor circulación ya que los estiramientos favorecen al flujo sanguíneo en los músculos evitando dolores y problemas posturales, y la evidente reducción de estrés, ya que los estiramientos relajan zonas como cuello, hombros y cervicales, donde se refleja la ansiedad. (García, 2019)

Deterioro cognitivo

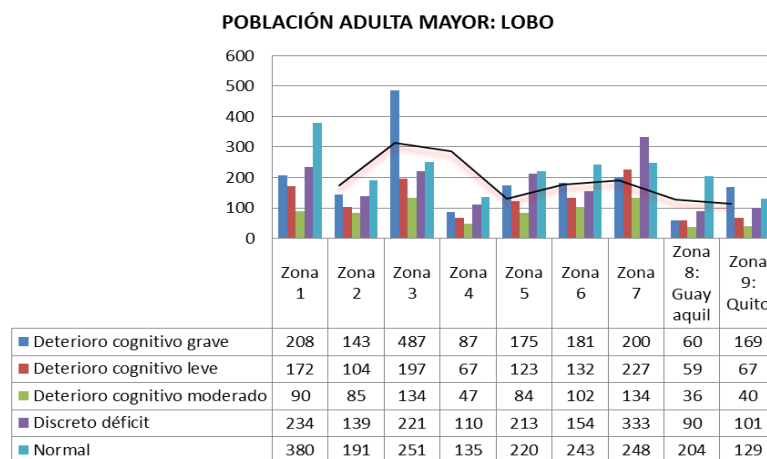
El envejecimiento también puede repercutir sobre el desempeño cognitivo de una persona llegando a impedir la realización de algunas actividades cotidianas. Las funciones cognitivas se definen como el conjunto de procesos mentales que se producen entre la recepción de un estímulo y la respuesta generada; estas involucran áreas como: atención, memoria, lenguaje, percepción e inteligencia. (Robalino, 2012)

Es pertinente recalcar que determinados trastornos cognitivos se presentan de forma más frecuente en personas de la tercera edad, pero en algunos casos no son resultado del proceso de envejecimiento. El deterioro cognitivo leve o sin una enfermedad específica se conoce como un síndrome en el que las capacidades cognitivas, los cambios la personalidad y carácter de la persona no se distorsionan notablemente; por otro lado, el acelerado deterioro cognitivo también conocido como deterioro cognitivo grave, puede alcanzar un cuadro irreversible de demencia en donde la alteración de las capacidades cognitivas afecta negativamente en las actividades diarias y la interacción social. (Guadalupe, 2018) (Durán Badillo, y otros, 2013)

Para la Dirección de Población Adulta Mayor, el deterioro cognitivo se ve reflejado en la disminución del rendimiento de funciones intelectuales como memoria, orientación, razonamiento y capacidad de cálculo. En el Ecuador el Servicio de Atención del Adulto Mayor del Buen Vivir se evalúa la capacidad cognitiva y posibles desordenes funcionales de la población mediante el Mini Examen Cognoscitivo (MEC) de LOBO, que es la adaptación al español del Mini Mental State Examination de Folstein (MMSE). Dentro del grupo de adultos mayores, considerados desde los 60 años en adelante, el 21,3% de la población refleja un deterioro cognitivo; de los 60 a 74 años, las reducciones de habilidades cognitivas se producen en un 8.8%, mientras que en el grupo de 75 años o más paso a ser cuatro veces mayor. En la Figura 9 se puede observar el número de personas que han sido clasificadas dentro de determinados deterioros cognitivos en el año 2019 por el Servicio de Atención del Adulto Mayor. (Ministerio de Inclusión Económica y Social, 2019)

Figura 9

Evaluación del deterioro cognitivo en el Ecuador



Nota. Resultados de la evaluación del deterioro cognitivo mediante la aplicación de la evaluación LOBO. Recuperado de: (Ministerio de Inclusión Económica y Social, 2019)

Según (Bitbrain, 2018), para el envejecimiento óptimo se considera importante que las personas de la tercera edad no solo cuiden su salud física, sino también su salud mental mediante entrenamiento cognitivo, el objetivo de esto es que la persona pueda mejorar su autoestima y comportamiento social ya que se refuerza su valor de autonomía. Las capacidades cognitivas que frecuentemente se ven alteradas son la atención, la percepción, memoria y la velocidad de procesamiento, es por esta razón que los ejercicios de estimulación cognitiva deben direccionarse al fortalecimiento de estas áreas.

Todos estos cambios físicos y cognitivos son lo que, en un concepto social, impulsan no solo a fomentar la investigación para su adecuada comprensión, sino también a formular herramientas terapéuticas para satisfacer las necesidades de la población de la tercera edad.

Interacción Humano-Robot (HRI)

La Interacción Humano-Robot (HRI) se puede definir literalmente como una acción que se ejerce de forma recíproca entre al menos un humano y un robot. Actualmente este campo de estudio busca afianzar el uso de sistemas robóticos en entornos con humanos, por esta razón la interacción requiere comunicación entre robots y humanos. La HRI moderna tiene como objetivo desarrollar interacciones dinámicas y eficientes. Como un campo multidisciplinar, la HRI ha requerido de investigación en áreas como: robótica, factores humanos, psicología, lenguaje natural y ciencia cognitiva.

La HRI tiene tres líneas muy influyentes para su aplicación: búsqueda y rescate asistida por robots, robots de asistencia y la exploración espacial. Los robots de asistencias tienen el propósito de prestar apoyo físico, mental o social a personas que lo

requieran como por ejemplo discapacitados y ancianos, aunque el trabajo con estos grupos a su vez ha generado importantes desafíos como lograr un contacto físico seguro y generar diálogos emotivos mediante interacciones naturales como son los gestos, incluso la apariencia del robot juega un papel importante en las interacciones con humanos pudiéndose encontrar, robots móviles con manipuladores, robots con apariencia de animales y los humanoides. (Goodrich & Schultz, Human–Robot Interaction: A Survey, 2007)

El campo de la HRI además de enfrentarse a los desafíos de integración de hardware y software debe reconstruir acciones a partir del ver, pensar o actuar de una persona frente a un robot, apoyarse en diferentes actitudes culturales a favor y en contra de los robots. Durante muchos años se creyó que solo los seres humanos son capaces de discriminar las llamadas emociones universales: felicidad, tristeza, sorpresa, enojo, asco, miedo y desprecio; el reto a largo plazo de la HRI es dotar de esta habilidad a un robot.

Según (Goodrich & Kielse, The Science of Human-Robot Interaction, 2018) conseguir que el campo de la HRI alcance su objetivo con éxito es necesario considerar los siguientes planteamientos:

1. ¿Qué se necesita aprender sobre los humanos?

El estado del ser humano no es constante, por lo que asumir esto no garantizaría el éxito en la interacción, es necesario aprender más sobre:

- Causas y manifestaciones de las intenciones de las personas.
- La confianza y sus connotaciones según el entorno cultural.

- Cómo proporcionar a las personas los conceptos necesarios para la comprensión mutua con el robot.
- Cómo generar normas de colaboración humano robot, semejantes a las aplicadas en la interacción humano-humano.
- Cómo los diferentes grupos de la población según edades, genero, capacidades o recursos puede beneficiarse o verse perjudicado con la HRI.

2. ¿Cómo definir algoritmos que funcionen con los humanos?

Si bien buscamos una interacción productiva y sostenible entre el humano y el robot, es necesario que los humanos podamos comprender la información que un robot es capaz de proporcionarnos, es decir que la persona pueda inferir con precisión la intención de un robot.

3. ¿Cómo se pueden proyectar o escalar las interacciones?

Factores como: capacidades y funciones de un robot, cantidad de robots y personas que interactuaran e incluso el tiempo de interacción, son importantes para definir si se requieren nuevos modelos o métodos de interacción para lograr una comunicación efectiva.

4. ¿Qué es una HRI exitosa?

Gran parte de la investigación en HRI tiene como objetivo el bienestar social, sin embargo, existen importantes obstáculos como son la privacidad y seguridad de la información proporcionada, la autonomía de los robots y la constante evolución de una sociedad multicultural, esto hace del bienestar social un objetivo global difícil de alcanzar.

5. ¿Es posible la aplicación de métodos científicos nuevos?

Herramientas actuales como: algoritmos de aprendizaje, big data, robots para experimentación, etc., han permitido a los investigadores abordar resultados en periodos de tiempo a largo plazo midiendo de esta forma factores como son: trasfondo cultural y la conectividad social. Para poder validar esta información se requieren algoritmos resistentes a fallas tecnológicas y de relación, por lo que también son necesarios métodos para almacenamiento, análisis e interpretación de datos puesto que esta información nos permite analizar impactos secundarios en las interacciones.

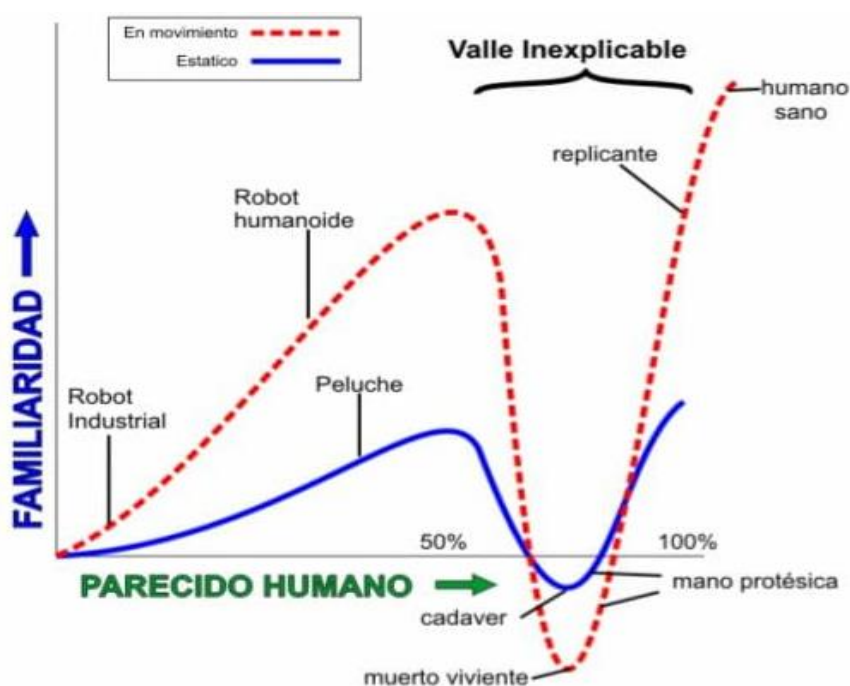
La investigación de la interacción humano-robot, es un campo que brinda información no solo a los investigadores robóticos, sino que también psicólogos han obtenido modelos cognitivos a partir de esta investigación ya que dotar de habilidades de comunicación a robots hace necesario el diseño de sistemas que puedan simplificar las interacciones. Para ello se consideran dos aspectos: humanización y autonomía. (HiSoUR) La humanización no solo toma en cuenta la apariencia del robot, sino que también los gestos de este, ya que mientras más se parezca un robot a un humano es más fácil para las personas aceptarlo en su entorno y afirmar de esta forma interacción segura y natural.

En 1970, robotista Masahiro Mori publicó el artículo "Bukimi No Tani", cuya traducción corresponde a "Valle de la Incertidumbre", la hipótesis propuesta describe la aceptación que tendrá un robot dependiendo de su apariencia. En la Figura 10 se puede observar que mientras la apariencia de un robot se asemeja a la apariencia humana, tendrá una aceptación positiva, e incluso empática de parte de las personas; pero llega un punto en el que el aspecto del robot genera una respuesta negativa, donde la

repulsión o el asombro no hacen posible una interacción humano-robot productiva; aun así, cuando el robot tiene una apariencia menos distinguible de un ser humano, la respuesta vuelve a ser positiva, inclusive alcanza los niveles de empatía de una relación entre humanos. (Díaz Hernández, 2015)

Figura 10

Descripción gráfica del Valle de la Incertidumbre



Nota. La figura representa el valle de incertidumbre propuesto por Masashiro Mori.

Recuperado de: (Díaz Hernández, 2015)

Sin embargo, Ayse P. Saygin, Doctora en ciencias cognitivas de la Universidad de California en San Diego, explica que el valle descrito por Mori puede deberse a una disonancia cognitiva, ya que, al observar características físicas del robot muy similares a las humanas, se generan altas expectativas con respecto a expresiones faciales y corporales que pueden no ser satisfechas. Bajo esta explicación se plantean dos

escenarios futuros posibles; que el sistema perceptivo de las personas se reajuste a la incorporación de robots con una gran semejanza física a los humanos, o que se evite construirlos con una imagen tan cercana a la humana. (Saygin, Chaminade, Ishiguro, Driver, & Frith, 2012)

El Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Industrial Avanzada de (AIST) y el Centro Nacional para la Investigación Científica (CNRS) han trabajado arduamente para crear un robot que sea totalmente autónomo, es decir que tenga la capacidad de comprender instrucciones de humanos y obedecerlas, esto mediante un enfoque denominado “percepción tri-sensorial”, es decir, que involucran los sentidos de audición, tacto y vista. (Hanson Robotics, 2020)

Figura 11

Sophia es un robot para investigación de inteligencia artificial y HRI



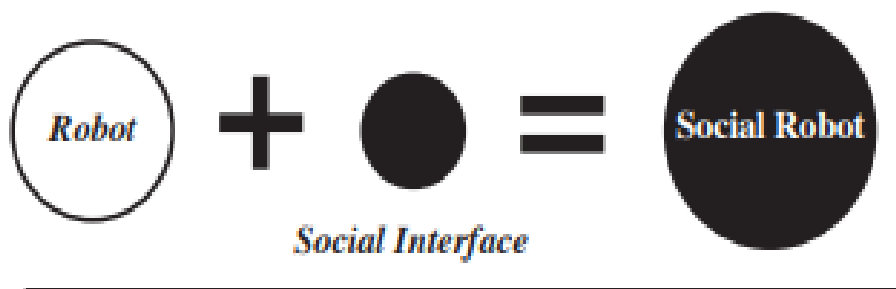
Nota. La figura muestra la interacción de Sophia en una entrevista. Recuperado de:
(Hanson Robotics, 2020)

Robótica social

Los robots sociales se han creado con el propósito de contribuir al estudio de HRI; un robot social incorpora a los aspectos técnicos, aspectos sociales en los requiere capacidades comunicativas para que el robot funcione o se comporte socialmente dentro determinado contexto a la vez que su apariencia expresa explícitamente que es social para cualquier usuario. En la Figura 12 se representa en breves rasgos los componentes de un robot social, el elemento característico es la creación de una interfaz social. Una interfaz social contiene aquellas características que hacen posible su inserción en un grupo social ya que las mismas serán juzgadas por los usuarios.

Figura 12

Componentes de un robot social



Nota. La figura muestra los componentes de un robot social. Recuperado de: (Hegel, Muhl, Wrede, Hielscher-Fastaben, & Sagerer, 2009)

Según la perspectiva de la teoría del lenguaje de producto, se distinguen cuatro funciones que cada robot posee:

- Funciones prácticas
Se limitan a las funciones para las que está previsto el diseño de un robot.
- Funciones estéticas formales

Generan un sentido gramatical a partir de elementos visuales como son: forma, material color, etc., esto dependiendo de un nivel sintáctico.

- Funciones indicadoras

Exponen información básica sobre el uso del producto, es decir, que cuando uno de los usuarios recibe una indicación, relaciona las funciones que tiene un producto con su propio conocimiento o experiencia.

- Funciones simbólicas

Una función simbólica, o los símbolos en general transmiten todas las ideas o conceptos relacionados con un producto, estos pueden expresar, valores culturales y sociales, en este caso la apariencia de un robot transmite información sobre algunas funciones técnicas y comportamiento.

Para la creación e implementación de un robot social es necesario crear y reforzar señales que contribuyan a la interacción social con los seres humanos, esto significa que existe una comunicación a partir de patrones de comportamiento social, la meta es que el robot pueda ser capaz de proporcionar señales sociales que responden a expectativas de su compañero humano en diferentes contextos sociales.

Con esta información podemos mencionar un robot social es un robot más una interfaz social. Una interfaz social es una metáfora que incluye todos los atributos sociales por los cuales un observador juzga al robot como un compañero de interacción social. (Hegel, Muhl, Wrede, Hielscher-Fastaben, & Sagerer, 2009)

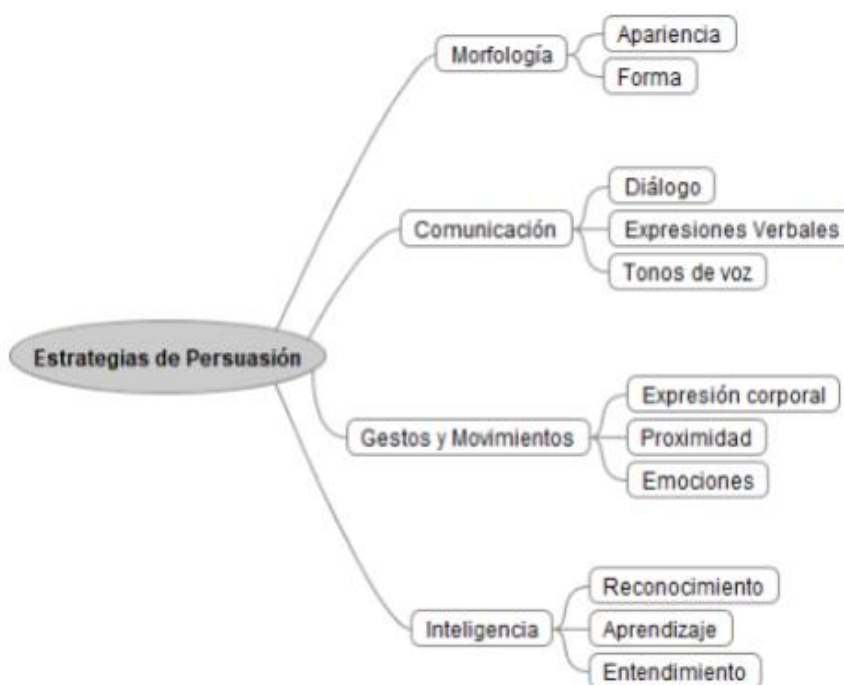
Robótica persuasiva

La persuasión se define como el intento de reforzar o cambiar comportamientos, sentimientos o pensamientos sobre un tema objeto o acción. La capacidad de

persuasión está asociada a comportamientos verbales y no verbales, dinámica de interacción social, factores psicológicos y sociales. (Chidambaram, Chiang, & Mutlu, 2012)

Figura 13

Estrategias de persuasión



Nota. La figura muestra los tipos de estrategias de persuasión. Recuperado de: (Vilatuña Salguero, 2018)

La robótica de persuasión reside en influir en un usuario con diferentes estrategias de comportamiento, por lo que, a medida que los robots van formando parte de la vida cotidiana, deben asumir roles cada vez más sociales e interactivos. Los robots deben tener la capacidad de transmitir información de una manera socialmente aceptable con el propósito de generar una respuesta humana. Si bien existe una variedad de información sobre la HRI, aún no se consideran enfoques de comunicación


multimodales que son comúnmente observados en las habilidades de persuasión humana con comportamientos verbales y no verbales. (Saunderson & Nejat, 2019)



La Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE, ha sido pionera en la investigación de la robótica persuasiva en el Ecuador, para el desarrollo de un sistema básico de robótica de entretenimiento persuasivo se definieron diferentes estrategias de persuasión, como se muestran en la Figura 13. (Vilatuña Salguero, 2018)


En la estrategia de comunicación podemos observar que el dialogo, las expresiones verbales y el tono de voz son componentes importantes para alcanzar un nivel de persuasión en las personas con las que interactúa un robot, además que dichas expresiones deben ser acompañadas con expresiones corporales. (Saunderson & Nejat, 2019) realizaron una investigación sobre el uso de estrategias de persuasión donde, además de expresiones puntuales en determinadas estrategias como parte del lenguaje verbal, utilizaron expresiones corporales propias del ser humano como parte del lenguaje no verbal, definiendo diez estrategias de persuasión que hacen referencia a las intenciones del robot. El ejercicio consistió en persuadir a una persona para adivinar la cantidad de determinado producto dentro de un frasco. En la Tabla 2 se resumen dichas estrategias.

Tabla 2

Estrategias de persuasión

Estrategia	Verbal	No verbal	Visual
Afectividad	Me haría feliz si usaras mi suposición de { } gomitas en el frasco.	Las manos aferrándose al pecho.	

Estrategia	Verbal	No verbal	Visual
Autoridad	El experimentador me programó para decir que hay { } gomitas en el frasco.	La mano en el pecho indicándose a sí mismo	
Cooperación	Qué piensas. ¿Se ve alrededor de { } gomitas en el frasco?	Inquisitivo, brazos abiertos.	
Criticar	Serías un idiota si no tomas mis respuesta de { } gomitas en el frasco.	Burlándose, con la mano mostrando al usuario.	
Engaño	No puedo decir por qué, pero sé que hay { } gomitas en el frasco.	Frotándose las manos.	
Directo	Hay exactamente { } gomitas en el frasco.	Rápido, gesto mostrando directamente a la jarra.	
Exclusivo	Psst. No le digas a nadie que te dije esto, pero hay { } gomitas en el frasco.	Cabeza baja, mirando de lado a lado.	
Gusto	Por favor, ¿usarás mi suposición de { } gomitas en el frasco? Gracias.	Inclinación mostrando sumisión	
Lógico	Mi sistema de visión por computadora puede detectar { } gomitas en el frasco	Señales repetitivas que indican a la jarra.	

Estrategia	Verbal	No verbal	Visual
Amenaza	Tendrás problemas cuando los robots se apoderen del mundo si no usas mi suposición de { } gomas en el frasco	Dedos inquietos en manos cruzadas	

Nota. En la tabla se describe las estrategias de persuasión considerando sus expresiones verbales y no verbales; { } son marcadores de posición en el script para la inserción de la suposición numérica del robot. Recuperado de: (Saunderson & Nejat, 2019)

Estado del arte

Durante años se ha concebido a los robots únicamente como recursos en procesos industriales, donde podrían considerarse solamente como herramientas de trabajo en lugar de seres colaboradores; sin embargo, otra posición con respecto a la inserción de robots a entornos con humanos resultó en un ideal de ciencia ficción, seres con quienes las personas pueden interactuar como si de otro humano se tratara, incluso la capacidad de diferenciar humanos de robots se entorpece debido a las semejanzas físicas y las cualidades de desenvolvimiento social que podrían poseer. Aunque esta idea aún está lejos de convertirse en una realidad, las investigaciones en el área de robótica, específicamente en la interacción humano-robot, han permitido que los robots se construyan con el propósito de ser aceptados dentro de un entorno social, de forma que las personas vean a los robots como seres colaboradores generando una interacción productiva con los mismos. Los robots han ocupado un lugar antes no contemplado dentro de la sociedad, un lugar intermedio entre la presencia de otro humano y un objeto inerte, las cualidades bajo las cuales son diseñados han permitido que cumplan diferentes funciones: robots que desactivan bombas, robots publicitarios,

asistentes en el sector de la salud o educación, robots de entretenimiento, etc. (Evers, 2015)

Figura 14

Robots empleados en diferentes servicios

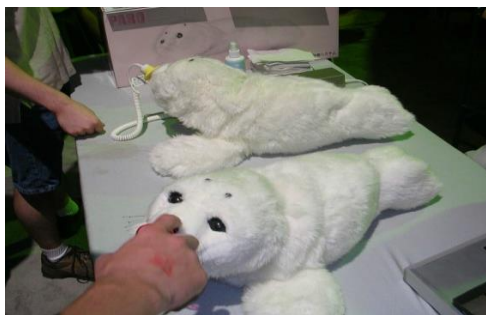


Nota. La imagen muestra una recopilación de robots de servicio en diferentes áreas de aplicación.

La incorporación de robots a entornos donde los principales participantes son las personas que conforman los grupos vulnerables, ha representado un importante eje de desarrollo de la robótica, los robots de servicio; de este tipo específico de robots se ha evidenciado una evolución en cuanto a su construcción y propósito.

Figura 15

Paro es un robot



Nota. La figura muestra al robot Paro interactuando con personas. Recuperado de: (BBVA, 2010)

El uso de robots destinados a la población de adultos mayores es una iniciativa que busca brindar ayuda a las personas de la tercera edad mediante el acceso a tecnología. Un desarrollo importante que marcaría a este tipo de proyectos es Paro, un robot desarrollado por Takanori Shibata en el Instituto de Investigación de Sistemas Inteligentes de Japón, AIST. Este proyecto surge desde 1993, en el 2001 se presenta al público y fue hasta el año 2009 que se le catalogó como dispositivo médico. Este robot con apariencia de una foca bebé mediante inteligencia artificial es capaz de recordar su nombre y responder a estímulos como caricias, permitiendo que las personas tengan la sensación de que no se trata de un robot sino de un animal real. Paro se emplea como herramienta en centros especializados en el tratamiento y cuidado de pacientes con demencia ya que se ha comprobado que la interacción de las personas con este robot contribuye de forma positiva en el comportamiento social de los pacientes. (BBVA, 2010)

Figura 16

Sota y Pepper trabajan en Tokio



Nota. La figura muestra robots empleados en el cuidado de ancianos en centros geriátricos de Japón.

Con el evidente éxito que alcanzo este proyecto, los desarrollos dirigidos a personas de la tercera edad han ido progresando a nivel mundial. La capital de la robótica, Japón, ha visto los beneficios de utilizar robots para el cuidado de las personas de la tercera edad; mientras enfrentan el envejecimiento de la población han buscado estrategias que permitan asegurar la calidad de vida de estas personas convirtiéndose en pioneros al disponer de robots en los centros geriátricos de Tokio. Pepper y Sota, representan la diversidad de apariencias y funciones que pueden tener los robots que se relacionan con personas de la tercera edad; Pepper, diseñado por SoftBank Robotics es un robot capaz de interpretar el estado de ánimo de las personas a la vez que modifica su comportamiento luego de dicha interpretación, mediante robótica persuasiva motiva a las personas de la tercera edad a realizar ejercicios y caminatas diarias dentro del centro, y gracias a su pantalla incorporada reporta la información a un facilitador sobre la actividad física realizada (Oppenheimer, 2018); Sota, diseñado por NTT, es capaz de medir la presión arterial de los pacientes y brindar una respuesta sobre los cuidados que debería recibir la persona. Mediante diálogos persuasivos, Sota promueve en los ancianos una alimentación saludable y el consumo de agua. (Owada, 2015)

En Francia el Hospital Jouarre también optó por emplear robots en las actividades realizadas por las personas de la tercera edad. El proyecto Zora, emplea el robot humanoide NAO para interactuar con los pacientes; si bien Zora no es considerado una herramienta médica como Paro, es un instrumento de entretenimiento para las personas, de forma que han desarrollado un vínculo emocional con el robot, esto se ha evidenciado en ocasiones en las que los pacientes prefieren comentar al robot como se sienten en lugar de hacerlo al personal médico. Zora acompaña a los

pacientes a realizar actividades grupales como ejercicios de estiramiento y visita a los pacientes de forma individual una vez al mes. (Satariano, Peltier, & Kostykov, 2018)

En el año 2015, la compañía de juguetes Hasbro, luego de un exhaustivo análisis de mercado y bajo la idea de que un juego no tiene límite de edad, pensaron en desarrollar productos para personas de la tercera edad, naciendo así la marca Joy for All. A finales del mismo año se lanzó la campaña Companion Pet Cats y en el 2016 se introdujo Companion Pet Pup.

Figura 17

NAO visita a los pacientes del Hospital Jouarre



Nota. La imagen muestra al robot Zora que se emplea en centros geriátricos de Francia (Satariano, Peltier, & Kostykov, 2018)

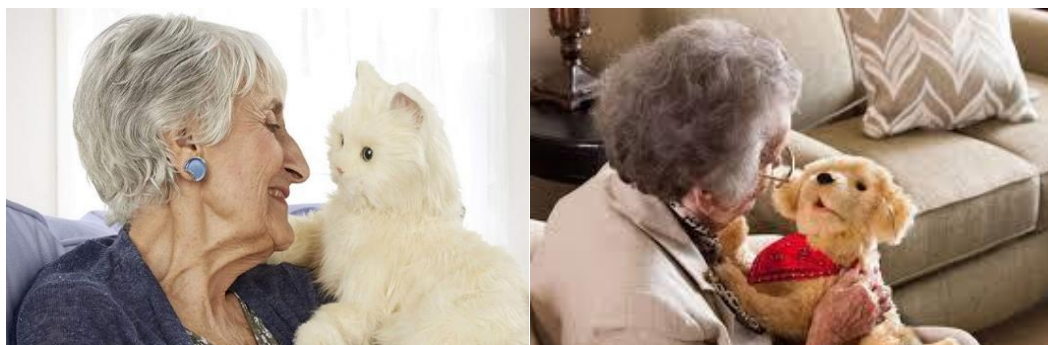
Esta línea de productos consiste en robots con apariencia de un animal doméstico (gatos y perros) que responden ante estímulos de su entorno. Según las evaluaciones de cuidadores en los centros geriátricos, el uso de mascotas robóticas generó un impacto positivo sobre el aislamiento y soledad que pueden experimentar las

personas de la tercera edad, así podemos observar que el juego ocupa un lugar relevante en cualquier etapa de la vida. (Joy for All, 2018)

La empresa Brookdale Senior Living, que opera comunidades de ancianos en todo el territorio estadounidense, ha visto la importancia de que las personas de la tercera interactúen con la tecnología, haciendo hincapié en que la tecnología sin pantalla beneficiara a los adultos mayores que sufren de dificultades de movilidad y/o visuales.

Figura 18

Mascotas robóticas desarrolladas por Joy for All



Nota. La imagen muestra a las mascotas robóticas desarrolladas por Joy for All.

Recuperado de: (Joy for All, 2018)

En estas comunidades se ha optado por el uso de robots para que interactúen con los residentes, desde asistentes de mesa controlados por voz como EllieQ y Jibo, hasta robots que ayudan a las personas a ejercitarse como NAO y Pepper, han contribuido a que los ancianos se mantengan comprometidos con el mundo y sus seres amados. (Brookdale Senior Living, 2018)

Figura 19

Robots empleados en la atención de personas de la tercera edad



Nota. La figura muestra robots empleados en el cuidado de ancianos en el centro geriátrico Brookdale.

En América Latina el uso de robots para cuidado de ancianos ha llegado de forma tardía, sin embargo, algunos países han empezado a desarrollar proyectos tecnológicos en beneficio de este grupo de la sociedad. Un ejemplo sobresaliente se encuentra en Perú, estudiantes de la Pontífice Universidad Católica de Perú, desarrollaron el robot Heka, como una herramienta que permite medir la presión arterial y realizar análisis sanguíneos básicos en pacientes que requieren una constante supervisión médica, en especial personas de la tercera edad. (Diez, 2015)

Figura 20

Robot Heka



Nota: La imagen se muestra al robot Heka desarrollado por estudiantes peruanos.

Recuperado de:(Diez, 2015)

En el Ecuador se ha comenzado a trabajar con robótica dirigida a personas de la tercera edad. (Calvopiña Iglesias & Valladares Romero, 2017) desarrollaron un proyecto con el robot humanoide NAO, este permite el reconocimiento de expresiones faciales mediante visión artificial y en función de dicho reconocimiento se ejecutan determinadas rutinas con el objetivo de cambiar el estado de ánimo del adulto mayor. Las expresiones que se podían reconocer con este proyecto fueron: alegría, enojo, sorpresa y duda. Por otro lado (Achig Ortiz & Lasluisa Naranjo, 2017) propondrían el uso del humanoide NAO en el desarrollo de algoritmos para el modelado de rutinas de ejercicios requeridas en la rehabilitación física de un adulto mayor. Los ejercicios ejecutados por las personas de la tercera edad eran analizados para realizar correcciones de postura, esto con el fin de que los ejercicios generen resultados eficientes. (Torres Salamea, Sari Cedillo, Alvarado Cando, & Auquilla, 2019) presentaron en la Séptima Conferencia Internacional de Ingeniería, Ciencias y Tecnología (IESTEC) su investigación sobre la implementación de un Robot Bioloid para la instrucción de una rutina de ejercicios dirigida a un grupo de personas de la tercera edad del Centro de Atención del Adulto Mayor del IESS en la provincia del Azuay en una edad promedio de 77,5 años, el robot era capaz de reproducir audios con las instrucciones de los ejercicios a realizar y las repeticiones que se debían hacer en una rutina de tres tiempos: calentamiento, desarrollo y relajación. La realización de los ejercicios se monitoreaba mediante una Pulsera fisiológica Empática que adquiere datos como conductancia de la piel y flujo sanguíneo en tiempo real.

La incursión en la robótica persuasiva en el Ecuador inicia con el trabajo de (Vilatuña Salguero, 2018), su sistema de entretenimiento basado en robótica persuasiva tuvo como objetivo la implementación de dichas estrategias en la interacción de personas con el robot humanoide NAO. La combinación de diálogos y expresiones

corporales formaban parte de actividades como: cantar, bailar, contar chistes e historias, esto de forma secuencial para que las personas pueden continuar un diálogo con el robot. Gracias a este proyecto realizado con cinco grupos etarios (7 a 12 años, 13 a 19 años, 20 a 29 años, 30 a 59 años y de 60 a 80 años), se llegó a la conclusión que el grupo de 60 a 80 años fue el más receptivo a la persuasión con una evaluación del parámetro de 4,63/5.

Con la información expuesta en este estado del arte y con el afán de continuar con la investigación sobre la robótica persuasiva en nuestro país, se plantea el presente proyecto, haciendo hincapié en que las estrategias de persuasión son factores importantes para considerar dentro de la HRI; además de la responsabilidad social de los profesionales hacia las personas de la tercera edad.

Figura 21

Robótica persuasiva en el Ecuador



Nota: La figura muestra las etapas de pruebas para un sistema de entretenimiento.

Recuperado de: (Vilatuña Salguero, 2018)

Capítulo III

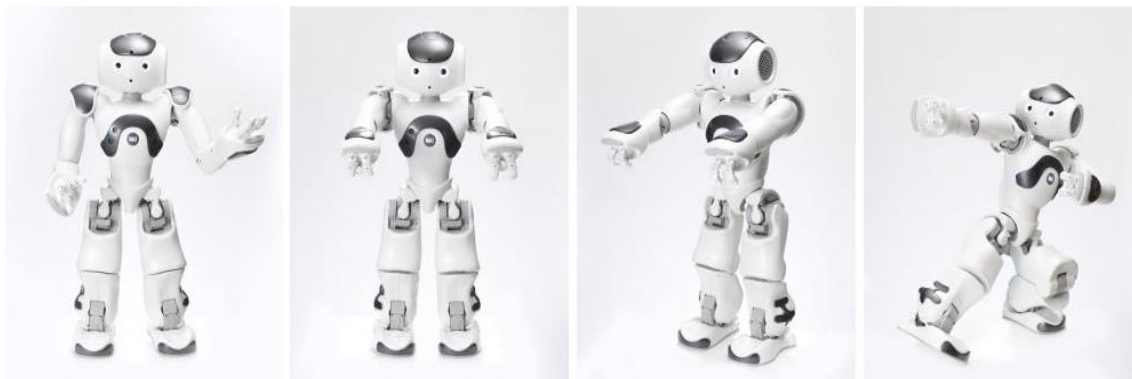
Desarrollo HRI

Introducción

Desde el año 2005 SoftBank Robotics, antes Aldebaran, comienza a trabajar en un prototipo de humanoide cuyo objetivo es brindar bienestar al usuario, luego de un año de trabajo presentan su primer robot humanoide NAO en el Robocup, un proyecto que promueve la investigación en diversas ramas de la robótica.

Figura 22

Ejemplo de movimiento del robot humanoide NAO



Nota. La figura muestra las habilidades de movimiento del robot humanoide NAO.

Recuperado de: (Softbank Robotics, 2018)

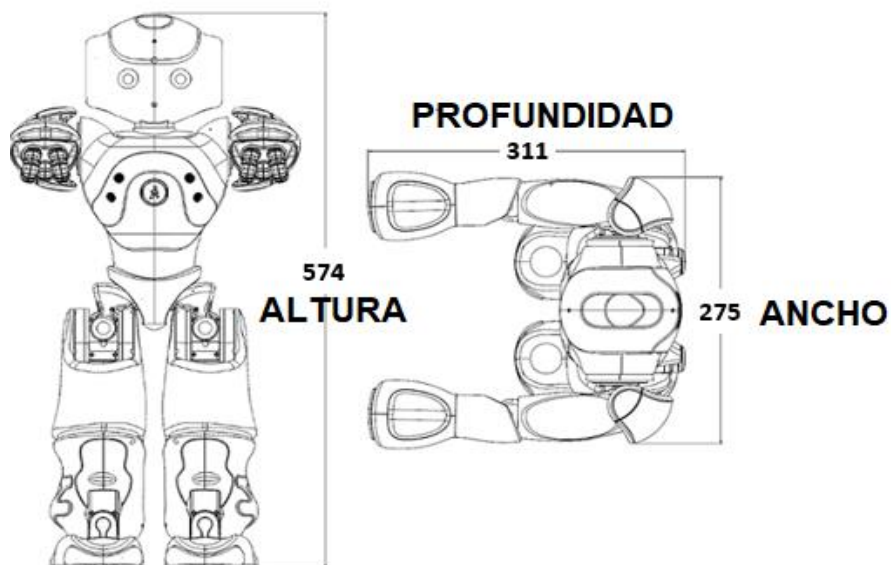
Caracterizado por su apariencia y sus capacidades de movimiento con relación a otros humanoides de la misma empresa, NAO es un robot que se emplea como recurso de asistencia en entornos relacionados a la educación, investigación, salud y entretenimiento. Actualmente se encuentra en su versión 6 que está enfocada principalmente en herramientas educativas. (Gelin, 2017)

Características técnicas del humanoide

NAO emplea un procesador Intel ATOM Z530 y cuenta con 1GB de memoria Ram y 2 GB de memoria Flash; referente a su autonomía NAO posee una batería litio que en uso activo puede durar hasta 60 minutos y en uso normal aproximadamente 90 minutos. (Aldebaran).

Figura 23

Dimensiones del robot humanoide NAO en mm



Nota. La figura muestra las dimensiones del humanoide nao en altura, profundidad y ancho. Recuperado de: (Aldebaran)

Para el diseño del robot humanoide NAO el factor imperativo que se considero fue la apariencia externa, (Gelin, 2017) menciona que se consideró como regla absoluta que a primera vista el usuario desee abrazar al robot y no tenerle miedo, bajo esta norma se buscó que el robot oculte partes como engranajes, motores y cableado,

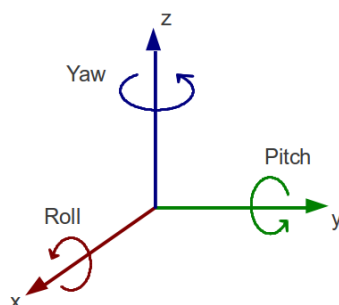
además de que su forma sea redondeada. El peso del robot es de 5,4kg y las dimensiones el mismo se muestran en la Figura 23

Características cinemáticas

Con respecto a sus características cinemáticas de sus articulaciones, NAO cuenta con un total de 25 grados de libertad que se encuentran distribuidos como se muestra en la Tabla 3 y la Figura 25 y la descripción de movimiento se realiza alrededor de los ejes descritos en la Figura 24.

Figura 24

Ejes de movimiento



Nota. En la figura se muestran los ejes de movimiento para articulaciones del humanoide. Recuperado de: (Aldebaran)

Tabla 3

Resumen de articulaciones del robot NAO

Ubicación	Nombre	Descripción de movimiento (Eje)
Cabeza	HeadYaw	Giro (Z)
	HeadPitch	Adelante y atrás (Y)

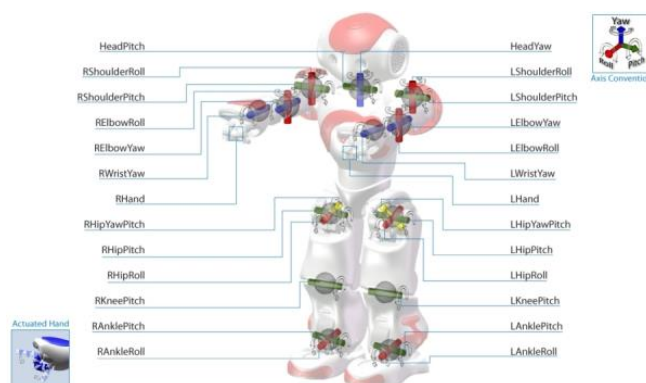
Ubicación		Nombre	Descripción de movimiento (Eje)
Brazo Derecho/Izquierdo	Hombro	LShoulderPitch/ RShoulderPitch	Adelante y atrás (Y)
		LShoulderRoll/ RShoulderRoll	Derecha e izquierda (Z)
	Codo	LElbowYaw/ RElbowYaw	Giro (X)
		LElbowRoll/ RElbowRoll	Contracción y extensión (Z)
	Muñeca	LWristYaw/ RWristYaw	Giro (X)
Mano	LHand/ RHand	Cierre y apertura de dedos	
Pierna Derecha/Izquierda	Cadera	LHipRoll/ RHipRoll	Derecha e izquierda (X)
		LHipPitch/ RHipPitch	Adelante y atrás (Y)
	Rodilla	LKneePitch/ RKneePitch	Contracción y extensión (Y)
	Tobillo	LAnklePitch/ RAnklePitch	Adelante y atrás (Y)
LAnkleRoll/ RAnkleRoll		Derecha e izquierda (X)	
Pelvis*	LHipYawPitch/ RHipYawPitch	Giro (YZ 45°)	Pelvis*

*LHipYawPitch y RHipYawPitch se consideran una sola articulación

Nota. La tabla describe las articulaciones del humanoide. Recuperado de: (Aldebaran)

Figura 25

Grados de libertad del robot humanoide NAO



Nota. La figura muestra la ubicación de las articulaciones del humanoide NAO.

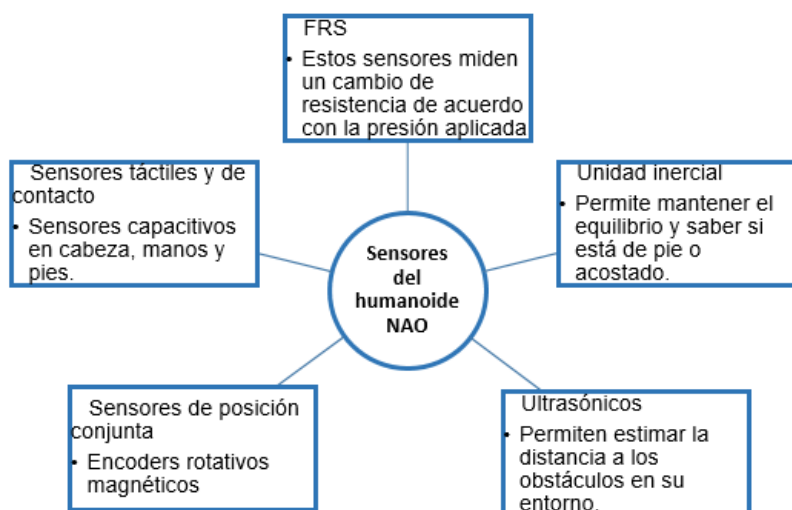
Recuperado de: (Aldebaran)

Sensores

EL robot humanoide NAO cuenta con los sensores descritos en la figura 26

Figura 26

Resumen de sensores del humanoide NAO



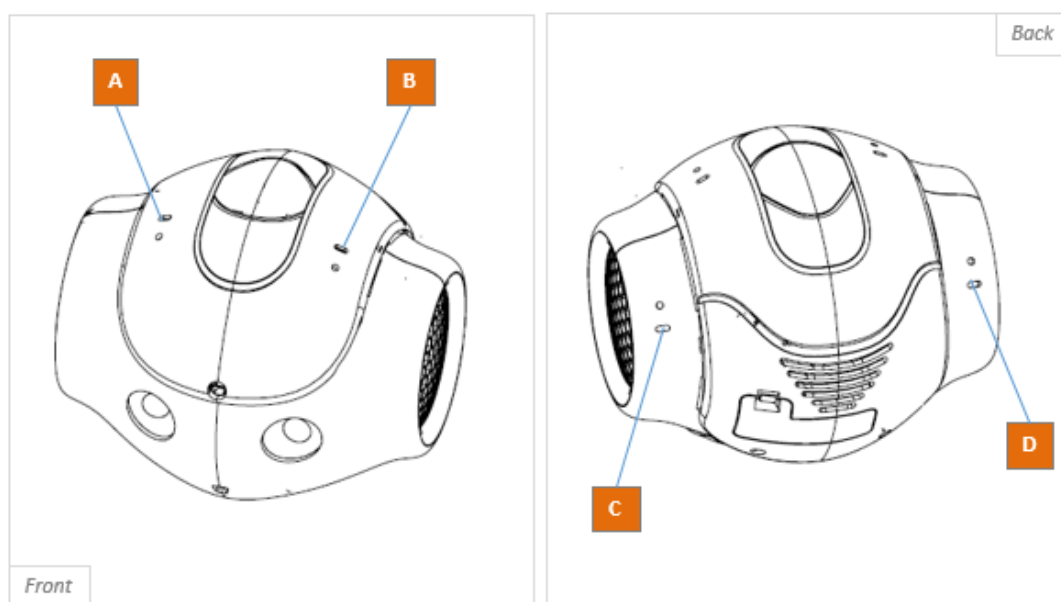
Nota. La figura muestra los sensores del humanoide NAO. Recuperado de:(Aldebaran)

Dispositivos de interacción

NAO también posee dispositivos de interacción, estos corresponden a los elementos que permiten una intercomunicación con otros sujetos en el entorno; se genera una respuesta a las señales recibidas por los sensores anteriormente descritos.

Figura 27

Ubicación de micrófonos



Nota. La figura muestra la ubicación de los micrófonos del robot. Recuperado de:

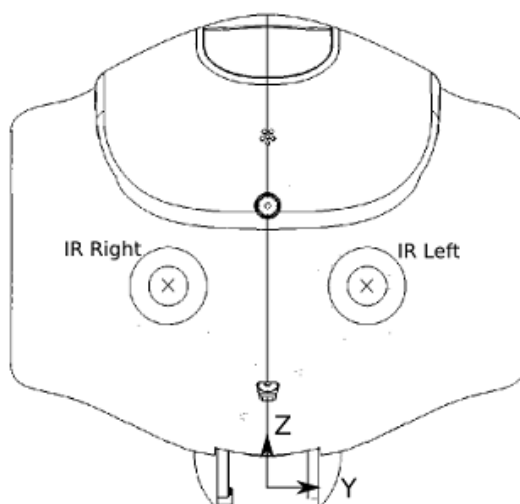
(Aldebaran)

- **Altavoces.** NAO cuenta con un sistema estéreo con dos altavoces en sus oídos.
- **Micrófonos.** En relación con versiones anteriores, la V5 de NAO cuenta con cuatro micrófonos ubicados en la parte frontal y posterior de la cabeza como se muestra en la Figura 27.
- **Cámaras.** Posee dos cámaras idénticas en la cabeza con una resolución de hasta 1280x960 a 30 cuadros por segundo.

- **LEDs.** Posee 33 LEDs RGB ubicados en: cabeza, pecho y pies. 20 LEDs ubicados en sus oídos son únicamente de color azul.
- **Infrarrojo.** Posee dos sensores infrarrojos ubicados como se muestra en la Figura 28. Con una potencia de 8 mW/sr, un ángulo de emisión de $\pm 60^\circ$ y una longitud de onda 940 nm.

Figura 28

Ubicación de infrarrojos



Nota. La figura muestra la ubicación de los sensores IR del humanoide. Recuperado de: (Aldebaran)

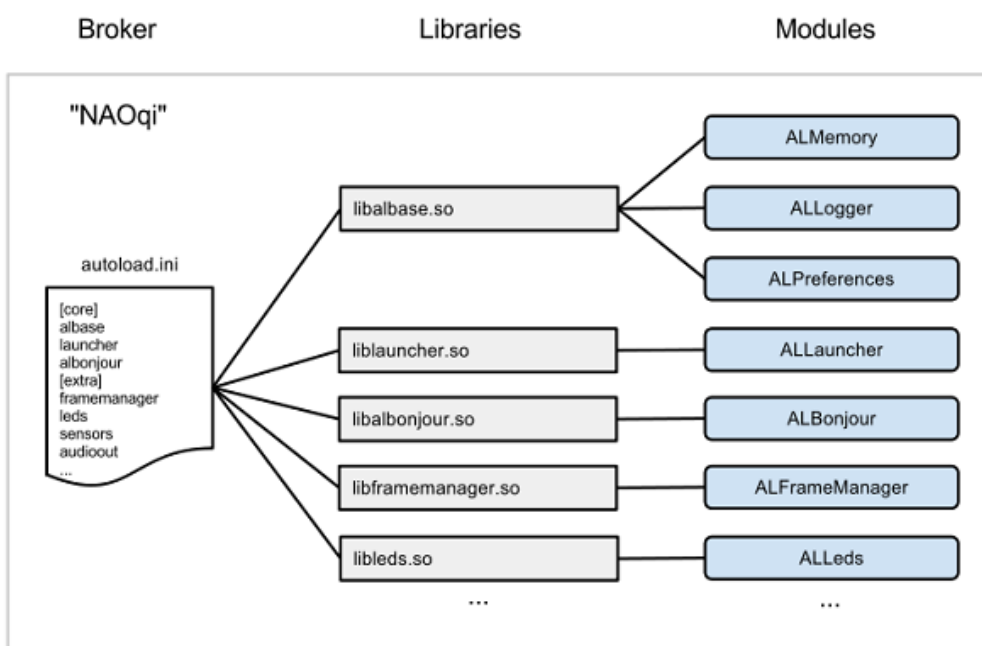
NAOqi

NAOqi es el software principal que se ejecuta en los robots de Aldebarán, satisfaciendo las necesidades comunes en la programación de la robótica: paralelismo, sincronización, manejo de recursos y eventos. Mediante el uso de módulos, NAOqi, permite el intercambio homogéneo de información para la creación de aplicaciones que

se ejecutan en tiempo real. Para el acceso a estos módulos NAOqi funciona como un intermediario que al iniciar carga un archivo define las bibliotecas disponibles y son cada una de estas bibliotecas las que contienen los módulos con los que se trabajan en las aplicaciones.

Figura 29

Estructura de acceso a librerías y módulos en NAOqi



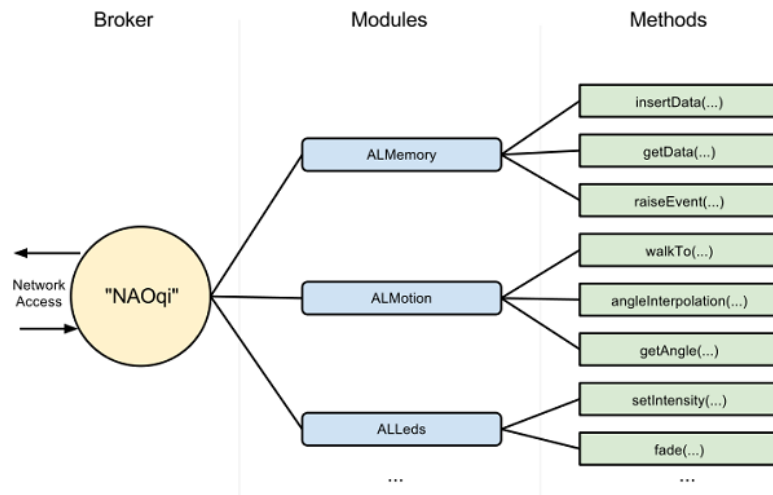
Nota. La figura muestra la estructura de acceso a librerías y módulos de NAOqi.

Recuperado de: (Aldebaran, s.f.)

Cada uno de estos módulos se trabaja mediante métodos, los cuales se pueden definir como instrucciones de acceso o configuración para los módulos, por lo tanto, el uso de estos módulos forma una estructura de árbol desde los métodos hacia el intermediario

Figura 30

Estructura de acceso a métodos en NAOqi.

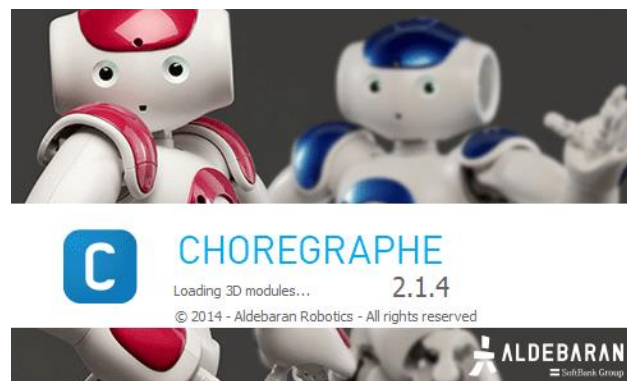


Nota. La figura muestra la estructura de acceso a métodos de NAOqi. Recuperado de:
(Aldebaran, s.f.)

Choregraphe

Figura 31

Versión del programa Choregraphe

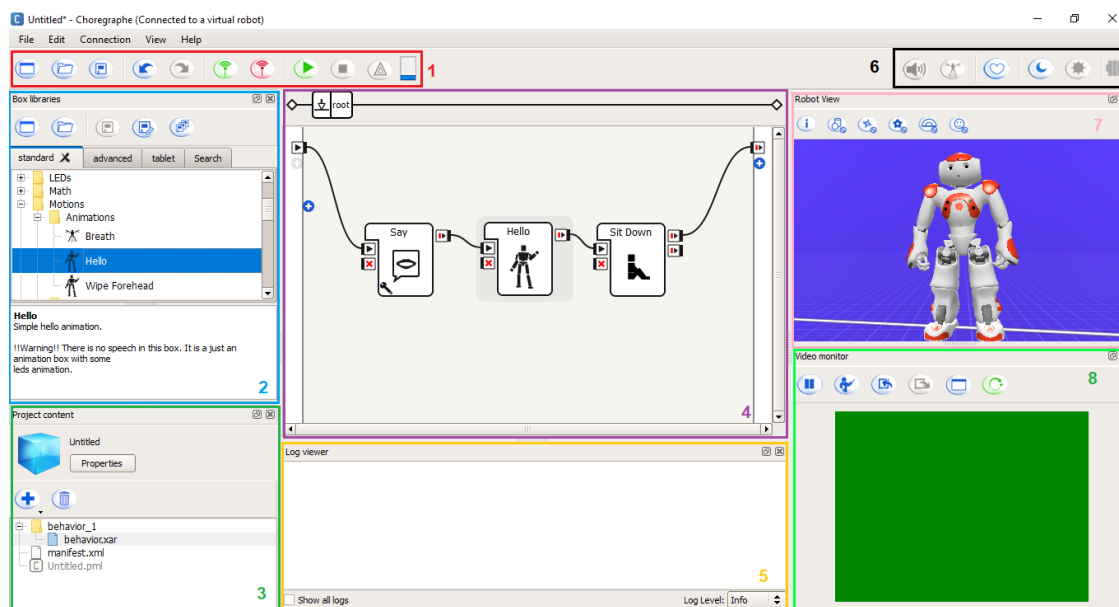


Nota. La figura muestra la ventana de inicio de Choregraphe. Recuperado de:
(Aldebaran)

Para que sea posible la programación de este humanoide se emplea el software Choregraphe, este programa permite trabajar con el robot mediante la creación de animaciones, formulación de diálogos y monitoreo de acciones, esto mediante bloques de programación en código Python conocidos como “cuadros” o “boxes”, que pueden contener desde una acción simple hasta una aplicación compleja.

Figura 32

Entorno de programación



Nota. La figura muestra el entorno de programación de Choregraphe

Choregraphe es un programa bastante intuitivo, en la Figura 32 podemos observar el entorno de programación que fue marcado en secciones para una mejor explicación

1. Encontramos iconos para la gestión del proyecto: nuevo, abrir, guardar; se encuentran los íconos de conexión y desconexión del robot además de los botones para iniciar y detener la ejecución de un programa

2. Box Libraries contiene una lista de cuadros con diferentes acciones, se encuentran clasificados en:
 - **Standard:** contiene acciones elementales para interacciones básicas con el robot
 - **Advanced:** contiene funciones alternativas a los cuadros standard para acceder a más opciones de programación
 - **Tablet:** contiene bloques específicos para aquellos robots que incluyen una tablet, como por ejemplo Pepper
 - **Search:** permite la navegación y búsqueda específica de los cuadros antes mencionados. Además, se encuentra una breve descripción del funcionamiento y acciones que realiza cada cuadro seleccionado
3. Project content muestra la estructura del proyecto, las propiedades del mismo, además de los archivos adjuntos, como pueden ser los archivos de dialogo
4. El panel de diagramas de flujo permite monitorear las acciones realizadas por el robot. Hay que recalcar que la ejecución de un programa en Choreographe es similar a un diagrama de flujo, donde las entradas de un cuadro de acción dependen de las salidas de un cuadro anterior.
5. Log viewer, permite supervisar la ejecución del programa, muestra errores para la depuración del programa
6. Encontramos algunas configuraciones del robot, como son volumen, activación de modo autónomo y modo animación, estado de la batería, etc.
7. Robot View, muestra una visión en 3D del robot al que se encuentra conectado, puede ser el robot real o un robot virtual

8. Video monitor, muestra en tiempo real lo que el robot está viendo a través de la cámara activa del robot, además permite enseñar al robot el reconocimiento de objetos (Esta sección se encuentra desactiva al conectarse con el robot virtual

Estrategias de persuasión aplicada

La comunicación humana ha sido el eje central en investigaciones que buscan comprender no solo las capacidades sociales de los humanos sino también las herramientas que se aplican al momento de compartir una idea o concepto. Bajo este criterio la persuasión surge como una herramienta con un objetivo claro, influir en la toma de decisión de una persona luego de que esta reciba una idea motivadora de un interlocutor para inclinar favorable o desfavorablemente su opinión sobre un fenómeno, criterio u objeto. Para la aplicación de persuasión se ha de considerar que intervienen factores como son: expresiones verbales, no verbales y las características del receptor o factor humano; las expresiones verbales emplean las palabras de forma oral mientras que las expresiones no verbales o comunicación no verbal utiliza gestos que llevan consigo un mensaje implícito. Con respecto a las características del receptor, la efectividad de una estrategia de persuasión se ve ligada a la capacidad de argumentación de la persona.

Dentro de la robótica, la persuasión es una temática relativamente nueva, ya que los estudios desarrollados se han enfocado en la búsqueda y comparación de las estrategias de persuasión más que en la aplicación de estas en beneficio de los seres humanos. (Saunderson & Nejat, 2019) seleccionaron una lista de diez estrategias de persuasión consideradas mutuamente excluyentes, de forma que los resultados reflejen cual de la estrategia logra el objetivo de influir en la decisión de los participantes del

experimento. En base a dicha investigación estrategias de persuasión consideradas para este trabajo son: afectiva, lógica y cooperación.

Afectiva

Esta estrategia describe a un transmisor que proyecta su credibilidad mediante la sensibilización del receptor, es decir que asocia a eventos, sentimientos sean positivos o negativos; a esto se lo conoce como condicionamiento clásico; En este condicionamiento únicamente el realizar una valoración reflexiva del enunciado logra desasociar la emoción de la insinuación. Por lo tanto, la idea central de estrategia consiste en generar sentimientos positivos con la finalidad de motivar a una persona a realizar una actividad o tomar una postura sin la necesidad de un procesamiento profundo del mensaje.

- **Factor Verbal:** En esta estrategia la comunicación verbal refleja específicamente una emoción positiva como resultado de una determinada decisión, es decir que se emula un condicionamiento inverso, las decisiones que se espera tome una persona, generará en el emisor una respuesta emotiva positiva. Frases dentro del contexto acompañadas de expresiones como:

- Me haría muy feliz
- Me alegra
- Me emociona

Permiten que las personas creen un pensamiento positivo al realizar una actividad a la vez de que genera un lazo con el interlocutor por lo que el trabajo se puede llevar con mayor facilidad

- **Factor no verbal:** Hay que aclarar que el factor no verbal potencia al factor verbal ya que una expresión corporal tiene un significado implícito que puede generar

aceptación o rechazo a una frase, en el caso de la estrategia afectiva, la expresión corporal debe ser armónica con la expresión verbal, entonces se emplean expresiones cómo tomar las manos llevárselas al pecho en representación de la apropiación de la idea que se está compartiendo, demostrando así también que el interlocutor vive una emoción que quiere compartirla con el receptor es decir que hay un intercambio o un efecto de réplica de emociones.

Figura 33

Expresión del robot humanoide para persuasión afectiva



Nota. La figura muestra al humanoide NAO aplicando la expresión no verbal de la persuasión afectiva

- **Factor humano:** Durante la exposición de esta estrategia se ha considerado primordial el manejo positivo de las emociones que se quieren transmitir a las personas, creencias populares y prácticas profesionales han comprobado que una persona con buen humor no realiza un análisis profundo sobre las proposiciones que se le formulan siempre y cuando estas no comprometan su felicidad, por lo tanto, esta estrategia debe ser aplicada en personas en las que sea evidente el buen humor.

Lógico

La diferencia entre convencer y persuadir reside en que la persuasión busca mover a una acción basándose en aspectos emocionales y por otro lado el convencer utiliza una argumentación lógica para la toma de decisiones. Si bien ambos conceptos son muy similares, esta pequeña diferencia es la que excluye a esta estrategia de persuasión de las demás, mediante una argumentación lógica, que puede acompañarse incluso de datos estadísticos más que de experiencias propias del interlocutor, se busca establecer una idea en el receptor sin utilizar el miedo o la imposición, sino más bien mostrando los beneficios personales como un aspecto positivo de esta toma de decisión

- **Factor verbal:** Las expresiones que se presentan en esta estrategia deben tener un sustento lógico, dependiendo del receptor podrá incluir o no datos estadísticos, siempre considerando la veracidad de estos, ya que una clave para convencer a las personas es la credibilidad. Hay que recalcar nuevamente que esta argumentación lógica debe ser positiva en el caso de querer influir en una decisión positiva y una argumentación lógica negativa en el caso de buscar lo contrario. No se recomiendan hacer explicaciones de ambos criterios ya que la estrategia en lugar de persuadir a realizar una acción o tomar una decisión, funcionaría como un punto de partida para que la persona realice primero un análisis y dependiendo de su criterio optara por alguna de las opciones.
- **Factor no verbal:** Es importante considerar que una argumentación lógica no debe realizarse como una imposición, en este caso, una expresión corporal errónea puede reducir el impacto de la justificación lógica para esta estrategia. Gestos que demuestren explicación como acompañar el movimiento de manos

con un dialogo coherente ayudará a que el receptor tome como verídica dicha información.

Figura 34

Expresión del robot humanoide para persuasión lógica



Nota. La figura muestra al humanoide NAO aplicando la expresión no verbal de la persuasión lógica

- **Factor humano:** En este caso, el factor humano define en mayor parte a la eficiencia o no de esta estrategia. Descartando el tipo de experimento que se quiera implementar, hay que reconocer las capacidades de comprensión de la persona con la cual se va a interactuar, es decir que, el argumento lógico a implementar dependerá por ejemplo de la edad, educación y contexto social de la persona para generar el impacto esperado en el receptor.

Cooperación

La necesidad de los seres humanos de pertenecer a un grupo y encontrar cualidades en común con estos miembros han influido en la toma de decisiones de las personas, algunos de los beneficios de la pertenencia a un grupo residen en la creación de un ambiente de trabajo armónico, el apoyo y cuidado mutuo con los otros miembros

y en cierto nivel genera un sentimiento de seguridad física; entonces al igual que en la estrategia afectiva, la cooperación influye en las emociones de una persona al sentir que pertenece a un grupo de iguales. El trabajo cooperativo en grupos de varios participantes ha demostrado un efecto de coacción, es decir que además de apoyarse mutuamente hay un interés en común que motiva a las personas a trabajar en conjunto hasta alcanzarlo.

- **Factor verbal:** Las expresiones empleadas en esta estrategia deben incluir frases que reflejen un trabajo conjunto, generalmente las conjugaciones verbales deben realizarse con la primera persona del presente subjuntivo. De esta manera al expresar la idea, se refleja que la actividad o decisión a tomar no es realizada por un único individuo.

Figura 35

Expresión del robot humanoide para persuasión cooperativa



Nota. La figura muestra al humanoide NAO aplicando la expresión no verbal de la persuasión cooperativa

- **Factor no verbal:** Para esta estrategia la expresión debe reflejar la inclusión del grupo en la toma de decisión o ejecución de la acción, mantener los brazos

abierto o señalar alternadamente entre el locutor y el receptor reflejaran el intercambio de criterios que es direccionado al objetivo común

- **Factor humano:** La necesidad de pertenencia de las personas les impulsa a buscar un grupo generalmente homogéneo, aunque dependiendo de las actividades a realizar esto resulta difícil de conseguir. La persuasión colaborativa puede limitarse a las habilidades individuales de las personas y el objetivo a construir, por ejemplo: al realizar una actividad física en la que se mide la resistencia en el tiempo, si el promedio del grupo es mayor al de un determinado individuo, este será motivado a alcanzar un nivel similar al de sus compañeros, por el contrario, si el tiempo promedio del grupo es menor al del individuo, este podrá notar como su capacidad disminuye; es por esta razón que el trabajo colaborativo se debe direccionar a una persona o grupo de personas con cualidades similares.

En base a esta información se determinó que las estrategias emplear en este trabajo, se deben aplicar en función del factor humano. La estrategia afectiva se aplicará tanto en la terapia física como en la terapia cognitiva, ya que la introducción a las actividades debe realizarse con la finalidad de generar una asociación positiva, de esta manera las personas estarán motivadas a la realización de esta. En el caso de la estrategia de cooperación, esta será aplicada a la etapa de terapia física puesto que el trabajo se realizará con un grupo de personas en edades similares, si bien las capacidades físicas son diferentes se considera en este caso la necesidad de las personas de la tercera edad en potenciar su habilidad física, además que este ambiente de trabajo motiva y fortalece el espíritu de trabajo. Para la terapia cognitiva se utilizará la persuasión lógica ya que al ser una actividad individual el sustento lógico también

debe ser comprendido en función de las necesidades individuales, es necesario la explicación del beneficio a obtener en cada uno de los ejercicios ya que en conjuntos actividades buscan ayudar al bienestar de las personas de la tercera edad.

Implementación de las expresiones corporales

Considerando esta necesidad de combinar tanto expresiones verbales como no verbales se ha empleado en el Choregraphe el bloque de programación “Animated Say”; este bloque permite que el usuario tome de una lista de animaciones disponibles por defecto en el robot aquellas que se relacionan a las estrategias de persuasión seleccionadas. En la Figura 36 se puede observar que el bloque se compone de una caja de texto, esta contiene la ejecución de la animación y el mensaje que se a transmitir, concatenada esta información se envía a un bloque de diálogo, que ejecuta ambas acciones de forma simultánea.

Figura 36

Bloque para animación de texto



Nota. La figura muestra los componentes del bloque Animated Say.

Desarrollo de terapia física

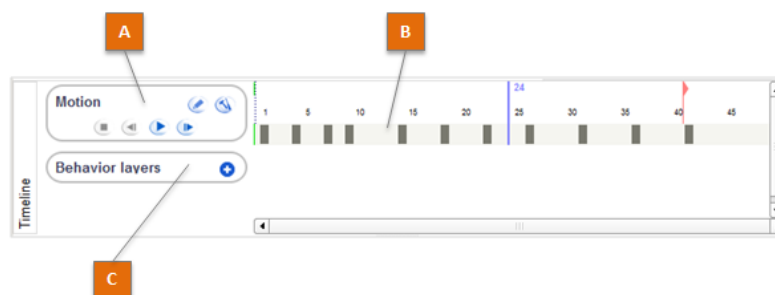
La terapia física que se ha estructurado a continuación está basada en ejercicios de calentamiento realizados antes de una clase de baile terapia para personas de la tercera edad. Estos ejercicios se han acondicionado a las capacidades físicas del grupo de trabajo. Como se presentó en la fundamentación teórica, las limitaciones físicas causadas por el envejecimiento impiden realizar ejercicios que requieran una alta demanda energética y una de las tácticas que se puede aplicar, reside en un ejercicio de menor impacto, pero con un mayor número de repeticiones.

Bloque de programación Timeline

También llamado como panel de línea de tiempo permite generar movimientos gracias a la unión de fotogramas que corresponden a las posiciones del robot. En la Figura 37 se muestra el panel principal del bloque de Timeline; en este podemos encontrar los elementos descritos a continuación

Figura 37

Elementos del bloque de Timeline



Nota. La figura muestra los elementos del bloque Timeline. Recuperado de : (Aldebaran, s.f.)

A. Barra de movimiento

Esta barra contiene el acceso a herramientas que permiten manejar las propiedades de la línea de tiempo, además de la identificación de fotogramas descompuestos en cada articulación. También se encuentran los botones para reproducir el movimiento, avanzar y retroceder entre los fotogramas.

B. Regla de tiempo

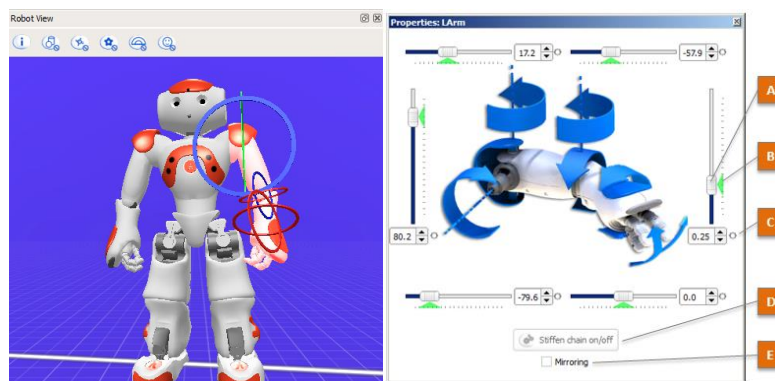
Se encuentra graduada según el número de fotogramas, al colocar una clave del movimiento este cambia de color a gris. Las franjas verde y rojo muestran el inicio y final del conjunto de posiciones.

C. Capas de comportamiento

Cuando se combinan movimientos con ejecución de otras acciones, como por ejemplo el habla, las capas permiten que estas se ejecuten de forma sincronizada actividades paralelas

Figura 38

Selección de articulación para trabajar en los movimientos del humanoide



Nota. La figura muestra los elementos de la pantalla de captura de fotogramas.

Recuperado de : (Aldebaran, s.f.)

Para definir un fotograma clave, es necesario determinar la posición final de movimiento y considerar que el mismo sea capaz de ser ejecutado gracias a los grados de libertad del robot; para esto se emplea el panel de vista del robot. En esta simulación del humanoide, es posible seleccionar las articulaciones desplegando un panel de propiedades de estas

A. Barra deslizante

Permite el ajuste de un valor nominal conjunto de la articulación para generar el movimiento. Estos valores son almacenados formando curvas que permiten la interpolación de los puntos clave logrando la concatenación de los movimientos.

B. Valor conjunto actual

Luego de ingresar un valor nominal con la barra deslizante, este indicador muestra el color azul mientras la articulación alcanza el valor solicitado y verde cuando se alcanzado como valor actual al último valor que se requiere.

C. Grabación

Permite almacenar el fotograma seleccionado actualmente, se puede considerar que mantiene bloqueada una posición ya que es importante que el movimiento del robot llegue a los valores que esta indica.

D. Opción de rigidez

Permite activar o desactivar la cadena de articulaciones, es decir que es capaz de ser manipulada manualmente en el caso de estar desactivada o bloqueada en el caso de estar activada, existe también un estado intermedio en esta función.

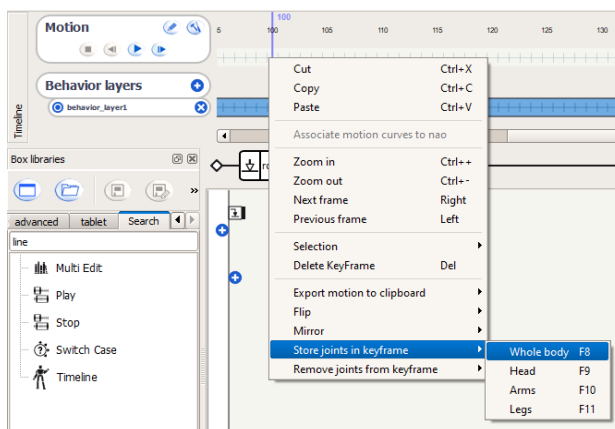
E. Opción espejo

Ejecuta el movimiento de forma simétrica, es decir que al seleccionar esta opción por ejemplo en un brazo, al modificar el valor del comando, el brazo opuesto también se moverá de la misma forma.

Seleccionada y descrita la posición en la vista 3D del robot, se procede a la captura del fotograma clave, se coloca sobre la línea de tiempo y con clic derecho se debe seleccionar el almacenamiento de las articulaciones en dicho fotograma.

Figura 39

Captura de fotograma clave para la generación de movimientos



Nota. La figura la forma para seleccionar el fotograma clave. Recuperado de : (Aldebaran, s.f.)

Ejercicios implementados

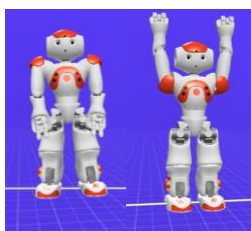
El robot humanoide NAO carece de una articulación que permita una completa rotación de la cintura, dada esta restricción del robot, se definió que los ejercicios aplicados durante esta rutina estén enfocados al estiramiento del tren superior y cuello. La implementación de estos ejercicios se realizó con el bloque de Timeline en reproducciones de 15 FPS (a excepción del baile y saludo que se reproducen a 25 FPS), a continuación, se muestran los fotogramas empleados en cada ejercicio.

Levantar manos

El ejercicio consiste en colocar los brazos rectos afrente al cuerpo, para posteriormente irlos subiendo sobre la cabeza conservando la posición recta, formando una semicircunferencia frente al cuerpo.

Figura 40

Fotogramas clave del ejercicio 1



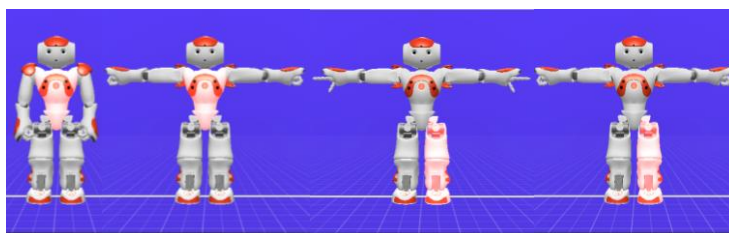
Nota. La figura muestra que el primer ejercicio requirió de dos fotogramas.

Apertura lateral de brazos

El ejercicio comienza en una posición inicial, de la cual se realiza la apertura lateral de los brazos, con los brazos paralelos al suelo se realiza la apertura y cierre de manos.

Figura 41

Fotogramas clave del ejercicio 2



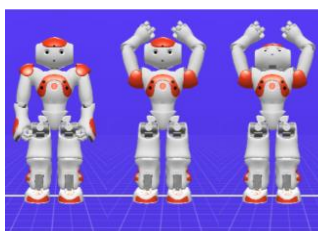
Nota. La figura muestra que el segundo ejercicio requirió de cuatro fotogramas.

Levantar manos y estirar cuello hacia atrás

Partiendo de la posición inicial se levantan ambos brazos sobre la cabeza cuando se encuentran en la parte superior se mueve la cabeza hacia atrás.

Figura 42

Fotogramas clave del ejercicio 3



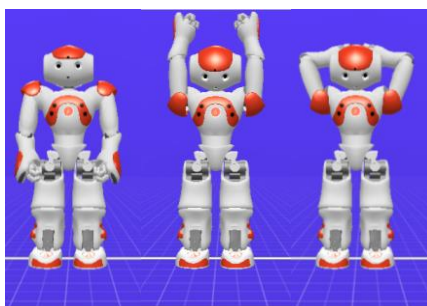
Nota. La figura muestra que el tercer ejercicio requirió de tres fotogramas.

Llevar manos tras la nuca y estirar cuello hacia abajo

Complementario al ejercicio anterior, se parte desde una posición inicial, se mueve la cabeza hacia adelante dirigiendo la mirada al piso, los brazos deben subir hasta colocarse en la parte posterior del cuello

Figura 43

Fotogramas clave del ejercicio 4



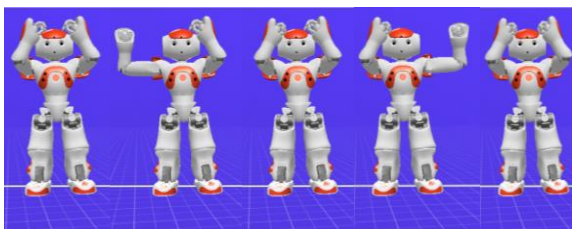
Nota. La figura muestra que el cuarto ejercicio requirió de tres fotogramas.

Mover brazo flexionados a los lados

La posición inicial para este ejercicio empieza colocando los brazos doblados en ángulo recto frente al cuerpo, se realiza la apertura lateral del brazo derecho para luego volver a la posición inicial, se repite el ejercicio con el brazo izquierdo y vuelve a la posición inicial

Figura 44

Fotogramas clave del ejercicio 5



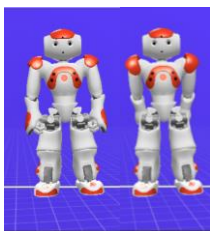
Nota. La figura muestra que el quinto ejercicio requirió de cinco fotogramas.

Estirar brazos hacia atrás

Desde la posición inicial se llevan los brazos hacia atrás sin hacer fuerza en los hombros

Figura 45

Fotogramas clave del ejercicio 6



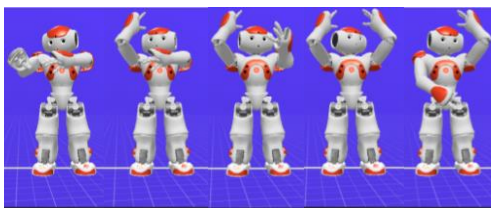
Nota. La figura muestra que el sexto ejercicio requirió de dos fotogramas.

Segmento de baile

La comunidad de desarrolladores del robot NAO, ha crecido en los últimos años, tanto que se han creado espacios para el desarrollo de rutinas en Timeline, por esta razón se empleó como recurso para esta sección la rutina de baile de la Macarena (University of Notre Dame, 2014)

Figura 46

Fotogramas clave del ejercicio 7



Nota. La figura muestra algunos de los fotogramas del baile propuesto.

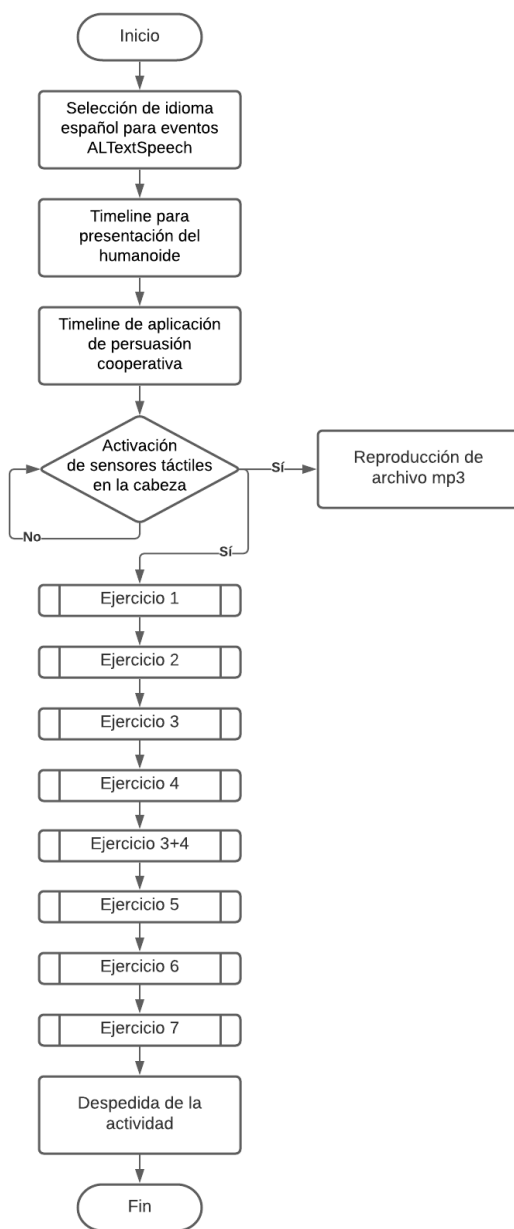
Descripción del funcionamiento del programa

En la Figura 47 se puede observar la representación de diagrama de flujo del programa a ejecutarse, en la sección de Anexos se puede encontrar El programa implementado en Choregraphe. Este inicia con la selección del idioma con el cual se va a transmitir los mensajes programados en el humanoide, esta selección inicial interviene en todos los bloques que involucren el método ALTextSpeech. A continuación, el humanoide ejecuta un bloque de Timeline que le permite describirse a sí mismo como un humanoide, y así continuar con la aplicación de la estrategia de persuasión cooperativa mediante las expresiones verbal y no verbales. Antes de iniciar con la rutina se reproduce un archivo MP3 gracias al bloque Play Sound. El humanoide espera la

activación de los sensores táctiles ubicados en la cabeza para continuar con la rutina de ejercicios.

Figura 47

Diagrama de flujo para la ejecución de la rutina física

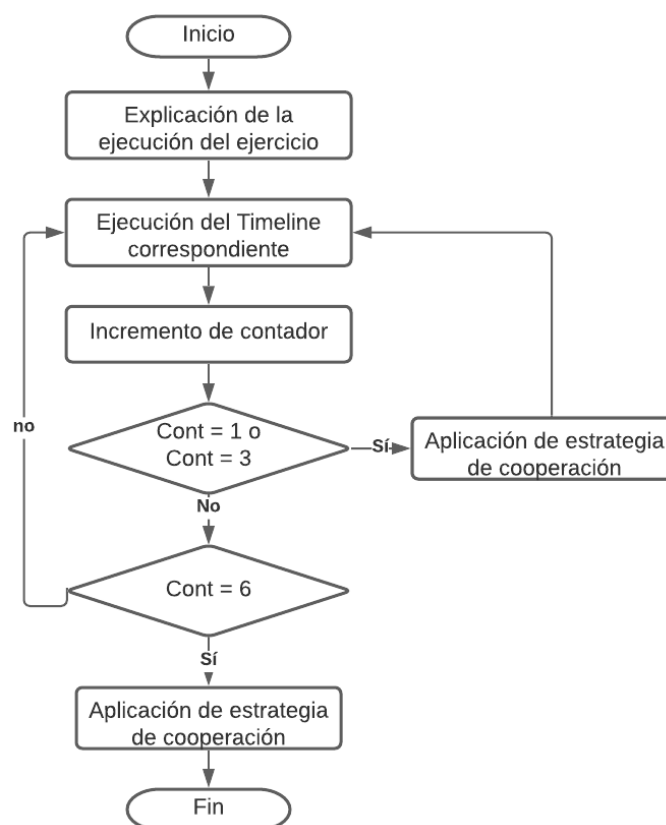


Nota. El diagrama de flujo corresponde a una ejecución, no a la programación.

En la Figura 48 se muestra el diagrama de flujo correspondiente a la base de todos los ejercicios exceptuando el 3, 4 y 7. Cada uno de los ejercicios inicia con una explicación verbal sobre la forma de realizarlos; a continuación, se ejecuta el bloque de Timeline correspondiente y cada ejecución permite el incremento de un contador, este sirve para activar los bloques correspondientes a la aplicación de la estrategia de cooperación. La última repetición del ejercicio cierra la actividad aplicando nuevamente una frase de persuasión cooperativa.

Figura 48

Diagrama de flujo base correspondiente a los ejercicios 1,2,5 y 6

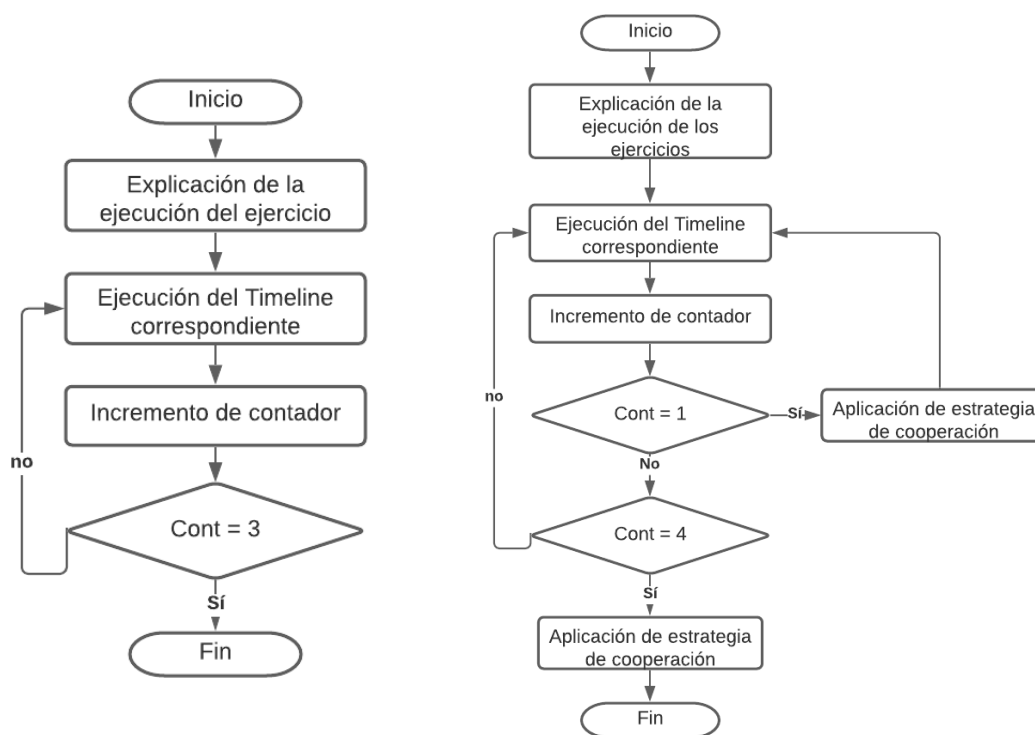


Nota. El diagrama de flujo corresponde a una ejecución, no a la programación.

Para la ejecución del ejercicio 3 y 4, no hay una aplicación de la estrategia de persuasión ya que luego de describirlos y ejecutar una serie de tres repeticiones de cada uno, se procede a combinarlos, y es en esta combinación de ejercicios donde se retoma la aplicación de la estrategia de persuasión, las expresiones verbales se realizarán en la primera y cuarta repetición

Figura 49

Diagrama de flujo base y combinado para los ejercicios 3 y 4

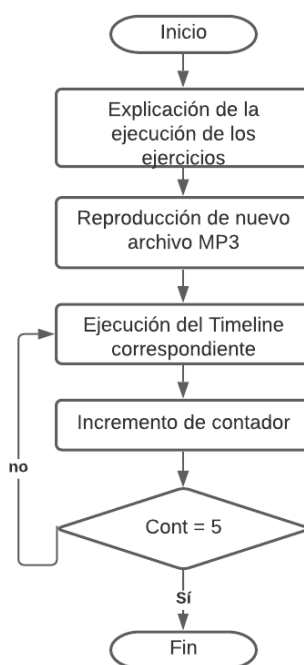


Nota. El diagrama de flujo de la izquierda corresponde a la ejecución de demostración y el de la derecha corresponde a la combinación de los ejercicios.

El último ejercicio en ejecutarse corresponde al Timeline del baile de la Macarena, a diferencia de los otros ejercicios, luego de explicar la actividad, en esta etapa se reproduce un archivo musical para acompañar el baile.

Figura 50

Diagrama de flujo correspondiente a la ejecución de baile



Nota. El diagrama de flujo corresponde a una ejecución, no a la programación.

La terapia física culmina con una combinación de expresiones verbales y no verbales del robot, mostrando cansancio, esto para conservar el concepto de empatía dentro del grupo.

Desarrollo de terapia cognitiva

En la fundamentación teórica se mencionó que a la par del deterioro físico, el envejecimiento genera deterioro cognitivo. La experiencia humana ha demostrado que al igual que un músculo, el cerebro requiere entrenamiento para mejorar sus habilidades, por tal razón se ha dado importancia a que las personas de la tercera edad realicen actividades que fortalezcan su capacidad cerebral; para Rita Levi-Montalcini, reconocida neuróloga italiana que vivió hasta los 103 años, este tipo de ejercicios son una herramienta indispensable para mantener las capacidades cognitivas durante el envejecimiento. (Shatil, 2013) menciona que las habilidades cognitivas que se deben potenciar son: memoria, percepción, atención, coordinación y razonamiento. Las actividades que se desarrollaron para ejercitar las habilidades mencionadas se basan en ejercicios clásicos de entrenamiento cognitivo; en grupos de personas de la tercera edad se les provee de hojas de trabajo con la finalidad de que puedan contestar preguntas relacionadas a un área cognitiva específica; esta forma de trabajo ha limitado el uso de recursos tecnológicos para este grupo vulnerable. Emplear herramientas tecnológicas ayuda no solo a entrenar sus capacidades cognitivas, sino también a manejar dispositivos electrónicos como un teléfono celular. A continuación, se describen las habilidades cognitivas que se ejercitarán con esta terapia.

Áreas cognitivas

Memoria

Es en esta área donde se manifiestan los efectos del envejecimiento de forma más evidente, si bien no todas las personas experimentan estos cambios del mismo

modo, aquellos que sienten que su memoria falla con mayor frecuencia, tienen la necesidad de encontrar una solución para revertir o disminuir estos efectos.

(PangmanJeff, Sloan, & Guse, 2000) describen el Mini Mental State Examination de Folstein (MMSE) como una prueba breve generalmente empleada en hospitales para determinar el estado mental y conciencia de una persona; también se ha empleado en diferentes entornos con la finalidad de identificar cambios cognitivos en una persona, hay que recalcar que estos resultados también pueden variar según factores sociales como es el acceso a educación. Esta evaluación cuenta con áreas como: orientación (temporal y espacial), memoria (de fijación y diferida), concentración, cálculo, nominación, repetición, comprensión, lectura, y dibujo. Adaptando esta evaluación a las actividades que se realizaran durante la terapia se tomaron las siguientes secciones:

1. Memoria de fijación

Se presenta a la persona un grupo de tres palabras que deben ser memorizadas, las tres palabras no guardan una relación entre sí. (Rivera Ramírez, 2016) expone que la adaptación al español del MMSE emplea las palabras “peseta-caballo-manzana”, pero dentro de nuestro contexto social se puede adaptar la palabra “peseta” por la moneda local “dólar”.

2. Orientación espacial

En esta sección se realizan preguntas para determinar si la persona conoce su ubicación espacial. Deberá responder en que ciudad y en qué país se encuentra.

3. Orientación temporal

Como en la sección anterior debe responder preguntas de ubicación con respecto al tiempo, por ejemplo: mes, día y jornada del día.

4. Memoria diferida

La persona debe repetir las palabras que memorizaron en la sección de memoria de fijación.

Atención

La atención es la capacidad de enfocar y orientarnos a estímulos para procesar información relevante e ignorar aquella que no aporta un valor significativo a la actividad. Uno de los componentes de esta habilidad cognitiva es el control, este corresponde a la capacidad individual de prestar atención de forma voluntaria (es decir que se realiza un esfuerzo mental) y de forma involuntaria que es una respuesta estímulos que no necesita un esfuerzo mental. En la Figura 51 se mencionan los tipos de atención que existen.

Figura 51

Esquema de atención



Nota. La figura muestra los tipos de atención que se pueden entrenar.

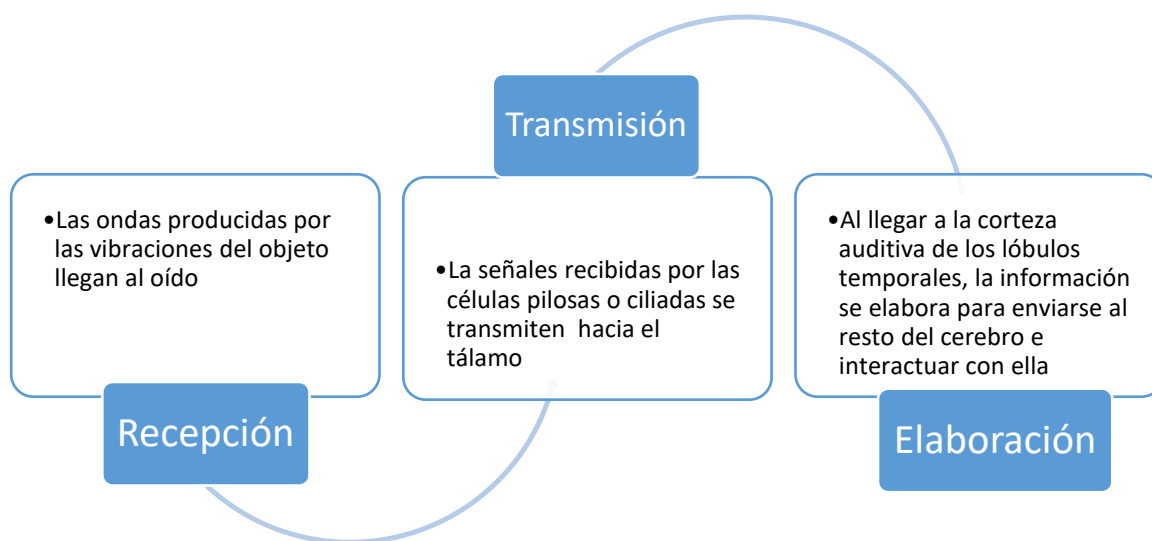
Para el desarrollo del ejercicio de esta capacidad cognitiva se comunica de forma verbal una secuencia de números, la persona deberá ingresar en el mismo orden la secuencia mediante la aplicación móvil, en el caso de hacerlo correctamente la longitud de la secuencia aumentará en un número.

Percepción

La percepción auditiva permite la comprensión del entorno de forma automática, permite reconocer voces, sonidos representativos de objetos, etc. Este proceso activo de identificación depende de forma directa de nuestra capacidad cognitiva ya que esto involucra un proceso cerebral como se encuentra descrito en la Figura 52

Figura 52

Esquema de proceso de percepción auditiva



Nota. La figura muestra el proceso de recepción de señales auditivas para convertirlas en información en el cerebro.

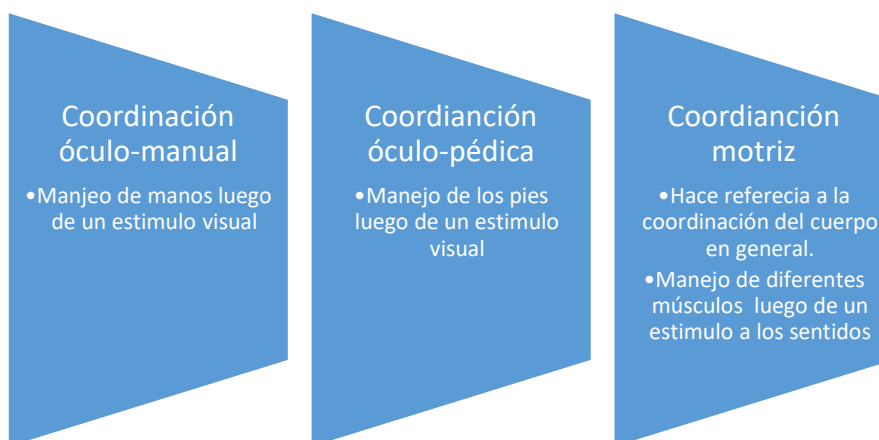
Cognifit es una empresa del sector salud-investigación que desarrolla aplicaciones interactivas para la estimulación cognitiva empleando adaptaciones de pruebas de base científicas para entrenar el cerebro de las personas. Con respecto a la percepción se ha desarrollado la prueba de Indagación REST-COM, esta prueba además de evaluar aspectos como memoria contextual, permite ejercitar la percepción visual, auditiva y la rapidez de procesamiento. (CogniFit, s.f.)

Para este trabajo se adaptó la prueba para la identificación de sonidos con relaciones iconográficas, el humanoide reproduce sonidos cotidianos para que la persona sea capaz de identificarlos en la pantalla con la imagen respectiva.

Coordinación

Figura 53

Tipos de coordinación



Nota. La figura describe los tipos de coordinación que se pueden entrenar.

La coordinación es la capacidad de realizar un movimiento preciso en función de un estímulo externo y se encuentra relacionada estrechamente a la sincronía de los músculos. Esta capacidad cognitiva relaciona un órgano que recibe el estímulo y otro

que genera una respuesta, por lo que en su clasificación se pueden encontrar la coordinación ojo-mano o la coordinación óculo- pédica y la coordinación motriz, en la Figura 53 se describen los tipos de coordinación

Para este ejercicio se ha considera el uso de la prueba de Celeridad REST-HECOO, este permite evaluar en la coordinación viso-motora, el tiempo de reacción ante un estímulo, la percepción espacial, la rapidez de procesamiento y el escaño visual. Para el desarrollo de este ejercicio, el humanoide cambia el color de sus ojos para que el usuario pueda identificar de la forma más breve el color en una pantalla de la aplicación.

Razonamiento

Figura 54

Esquema de habilidades del razonamiento



Nota. La figura describe las habilidades que componen la función ejecutiva.

También conocido como funciones ejecutivas, comprende a las habilidades cognitivas que nos permiten controlar la conducta humana, es decir que nos permite seguir un plan de acción para alcanzar un objetivo o la solución a un planteamiento. En la Figura 54 se describe las principales habilidades que conforman el razonamiento

Para el desarrollo de este trabajo se ha considera la habilidad de solución de problemas haciendo referencia a la capacidad de cálculo; cuando esta capacidad no es ejercitada, la persona puede evidenciar que su capacidad cognitiva se deterioró ya que la solución de operaciones simples requiere de más tiempo. Considerando esto, se optó por desarrollar un ejercicio en el que el humanoide proporciona números aleatorios y una operación matemática, sea suma o resta, para operar los dos números, la persona debe ingresar los resultados mediante la aplicación.

Bloques de programación implementados

Learn Face

Figura 55

Bloque para aprendizaje de reconocimiento facial



Nota. La figura muestra el bloque de programación Learn Face

Lear Face es un recurso de visión de NAO que permite aprender rostros para interacciones posteriores.

Para poner en marcha este bloque es necesario que la persona o imagen de la persona se coloque frente al robot, se procede a activar el programa y el bloque mediante la entrada onStart_Input, al realizar esta selección se apertura una ventana emergente para ingresar el nombre de la persona con la que se ha realizado el registro (se tienen 5 segundos para realizar esta acción), el color de los ojos del humanoide cambiará de azul a verde mostrando que el rostro esta almacenado en la memoria del robot, si el color es rojo, significa que no fue posible almacenar el rostro debido a condiciones externas como mala iluminación o el rostro está muy alejado para detectar facciones.

Figura 56

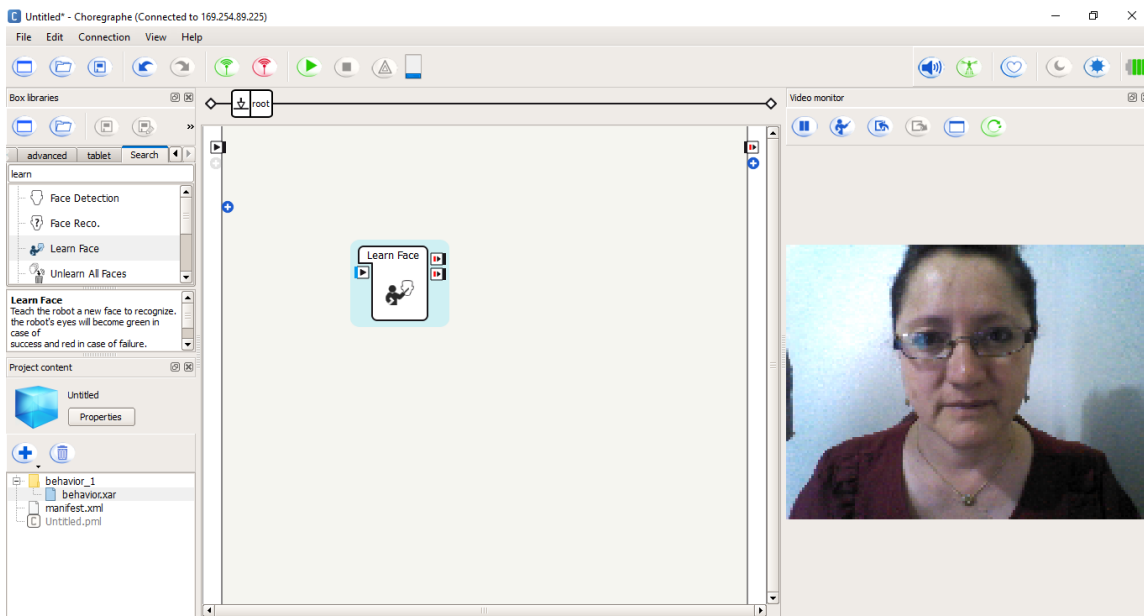
Ejemplo de posición del usuario para aplicar el bloque Learn Face



Nota. La figura muestra cómo debe colocarse una persona en el proceso de aprendizaje del rostro

Figura 57

Ejemplo de visualización de la persona en el entorno de Choregraphe



Nota. La figura muestra la detección del rostro mediante el panel de visión.

Face Reco.

Figura 58

Bloque de identificación de rostros



Nota. La figura muestra el ícono del bloque de reconocimiento facial

Este bloque constituye el complemento del descrito anteriormente, permite encontrar un rostro detectado dentro de la memoria del robot. La salida del bloque corresponde al nombre con el cual se lo identifico en el proceso de aprendizaje

Speech Reco

Figura 59

Bloque de reconocimiento de voz

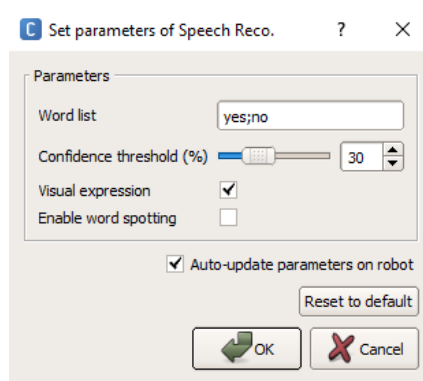


Nota. La figura muestra el ícono del bloque de reconocimiento de voz

Reconoce una palabra de una lista de palabras que se ubican como parámetro del bloque. En la Figura 60 se puede observar los parámetros que se emplean en este bloque.

Figura 60

Configuración bloque speech



Nota. La figura muestra la ventana de configuración del reconocimiento de voz

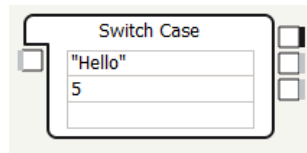
- Lista de palabras, separadas por punto y coma (;)
- Umbral de confianza, si el robot detecta una palabra con un porcentaje menor al establecido, puede considerar que la palabra no fue reconocida

- Retroalimentación visual, el color en los ojos del humanoide permite identificar en que parte del proceso se encuentra: azul (Espera por alguna señal auditiva), amarillo (el humanoide escucho a alguien hablar) y verde (el robot fue capaz de identificar la palabra)
- Detección de palabras, al estar habilitado permite que el robot escuche la expresión exacta, de lo contrario puede predecir la palabra con una parte de ella.

Swich case

Figura 61

Bloque de selección



Nota. La figura muestra el ícono del bloque de selección

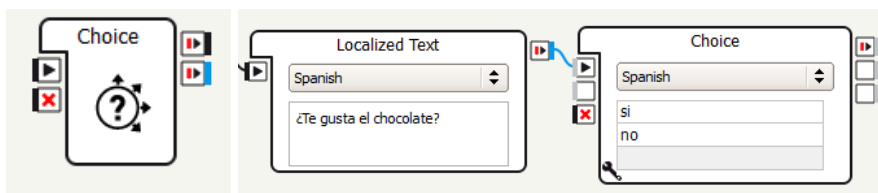
Este bloque permite realizar una selección entre varias opciones, es decir que se selecciona en la entrada mediante una variable que almacena opción deseada y se activa únicamente la salida que le corresponde.

Choice

Este cuadro permite realizar una selección mediante un comando de voz. En la Figura 62 se puede identificar los elementos o bloques que lo componen. Una caja de texto donde se plantea la pregunta que define la selección, después encontramos el bloque de opciones denominado Choice, es similar al bloque de selección Swich Case con la diferencia de que la selección se la realiza verbalmente.

Figura 62

Descomposición del bloque de selección por voz



Nota. La figura muestra el ícono del bloque de selección por reconocimiento de voz y los bloques que lo componen.

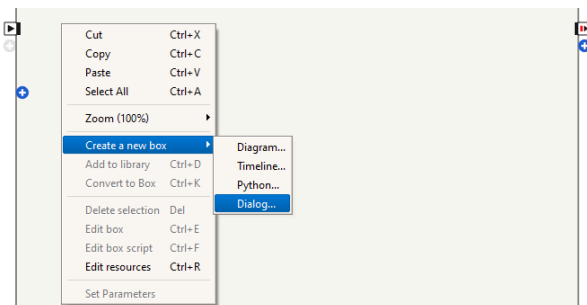
Dialog

Un bloque de dialogo permite gestionar una conversación entre el robot y una persona, con una estructura similar a la de un guion se pueden definir preguntas clave para la interacción con el robot. a continuación de describen los pasos para crear un bloque de dialogo.

1. Dentro del panel de diagramas de flujo, haciendo clic derecho seleccionamos la opción para crear una nueva caja, y seleccionamos la opción de Dialogo

Figura 63

Selección para crear un bloque de dialogo



Nota. La figura muestra la forma de creación de un bloque de dialogo

2. Se desplegará una nueva ventana. En esta venta se deberá realizar la siguiente configuración:

a. Propiedades.

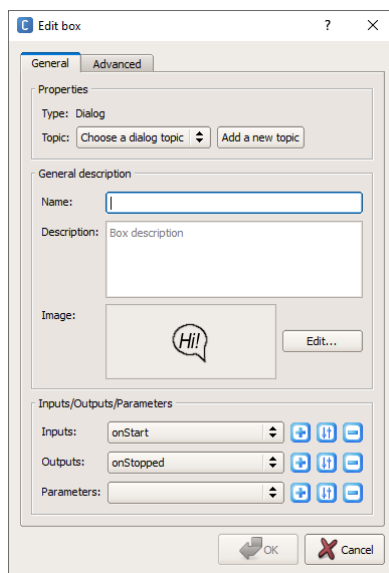
En esta sección se debe crear un nuevo tema para el dialogo, se realiza la selección del idioma y el nombre que se le asignara a esa temática

b. Descripción general

En esta ventana en la sección de descripción general, se debe agregar, el nombre del bloque, una breve descripción de lo que realiza el bloque y se puede cambiar la iconografía si se lo requiere. Con respecto a la configuración de variables, el bloque de dialogo permite solo manipular variables de salida.

Figura 64

Ventana de configuración del bloque de dialogo



Nota. La figura muestra la ventana de configuración del bloque de dialogo

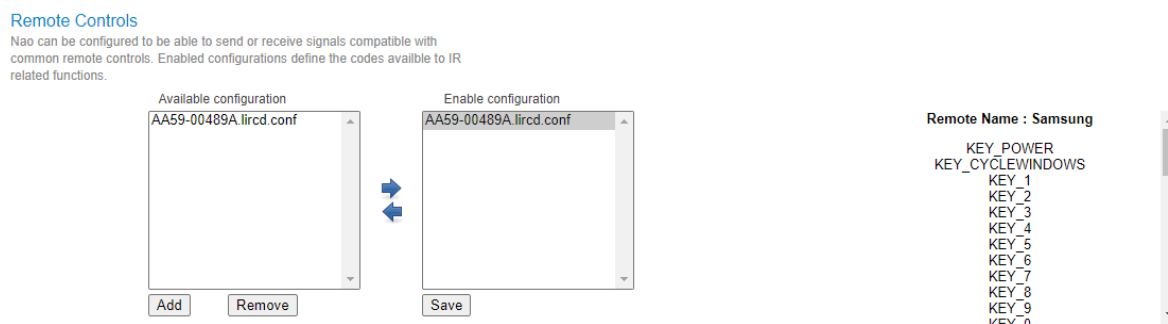
3. A continuación, se mostrará una ventana donde se gestionará un dialogo. En (Aldebaran , s.f.), se pueden encontrar la descripción de la sintaxis a emplear en el desarrollo de diálogos.

Receptor Infrarrojo

El humanoide NAO cuenta con el módulo ALInfrared que permite la comunicación de dispositivos IR con el robot. Esta comunicación ha sido contemplada para dos propósitos diferentes: utilizar al humanoide en aplicaciones domóticas como mando a distancia y recibir pedidos desde un control remoto. ALInfrared trabaja con Linux Infrared Remote Control (LIRC), que es un paquete que posibilita decodificar y enviar señales infrarrojas empleando controles remotos comunes dentro de una base de datos de configuraciones disponibles.

Figura 65

Ventana para añadir el archivo de configuración del control remoto



Nota. La figura muestra la sección de drives de control remoto cargados en el robot

Para el desarrollo de este proyecto se emplearon la configuración correspondiente al control Samsung AA59-00489A, porque fue necesario descargar el archivo de configuración con extensión correspondiente (.lircd.conf). Este archivo debe

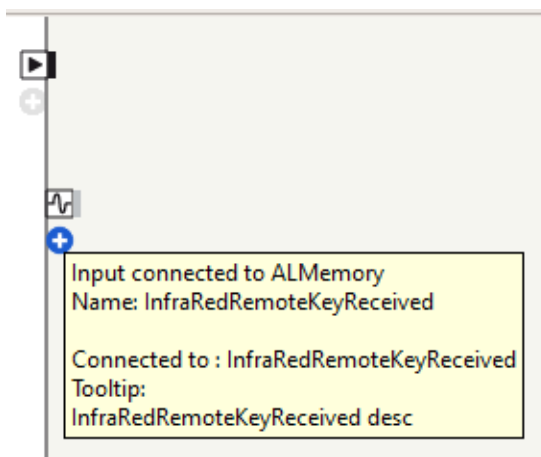
cargarse en la configuración web del robot, a la cual se accede mediante la IP de este. En la Figura 65 se puede observar el espacio para añadir y habilitar el archivo, además de una visualización de los botones disponibles para ese control.

Hay que recalcar que los bloques de recepción IR, solo funcionan con el robot real, o con el simulador.

Para trabajar dentro de Choregraphe, es necesario definir una entrada de la memoria del robot, en la Figura 66 se puede observar la variable conectada a `InfraRedRemoteKeyReceived`

Figura 66

Activación de la señal de entrada `InfraRedRemoteKeyReceived`



Nota. La figura muestra que la señal de `InfraRedRemoteKeyReceived` proviene de la memoria del robot.

Para interpretar la información que recibe el control y volverla simple dentro de la programación se creó el bloque llamado receptor, el cual segmenta la información recibida hasta obtener el nombre de la tecla.

Figura 67

Conexión del bloque receptor con la señal IR



Nota. La figura muestra el bloque de receptor que permite dividir la información recibida

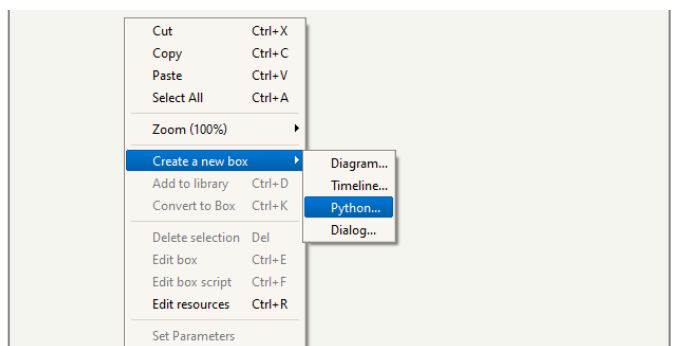
Bloques de programación Python

Una caja o bloque es un elemento básico que puede contener desde acciones simples hasta aplicaciones muy complejas. Los bloques descritos anteriormente son un ejemplo de ello; un bloque de programación Python permite crear bloques con códigos propios, funciona de forma similar a un script. El proceso para crear estos bloques es el siguiente:

1. Dentro del panel de diagramas de flujo, haciendo clic derecho seleccionamos la opción para crear una nueva caja, y seleccionamos la opción de Python

Figura 68

Selección para la creación de bloque Python

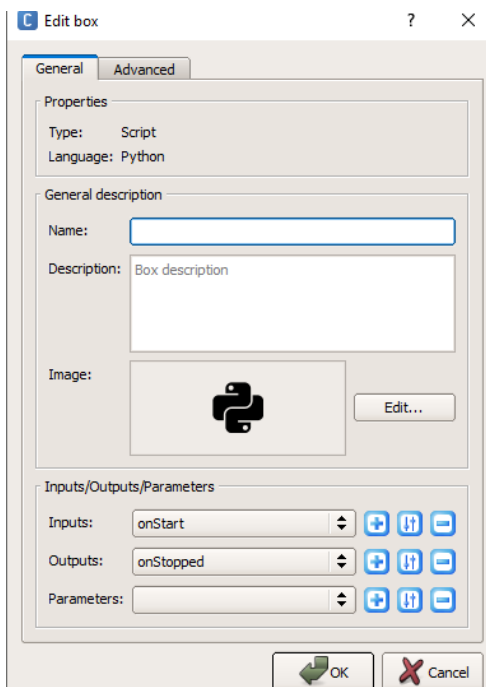


Nota. La figura muestra la forma de creación de un bloque Python

2. Se desplegará una ventana que nos va a permitir configurar inicialmente el bloque que se va a crear. En esta ventana en la sección de descripción general, se debe agregar, el nombre del bloque, una breve descripción de lo que realiza el bloque y se puede cambiar la iconografía si se lo requiere. En la sección de entradas, salidas y parámetros se configuran las variables que se requieran para el propio programa o para la interacción con otros bloques. Con los iconos de color azul se puede, agregar, modificar o eliminar alguna de estas variables.

Figura 69

Ventana de configuración para el bloque de Python

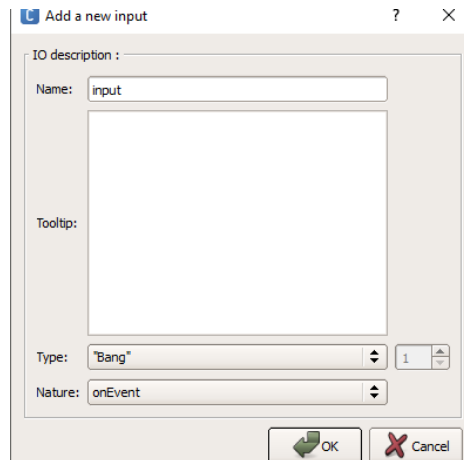


Nota. La figura muestra la ventana de configuración del bloque Python.

3. Al agregar una variable se da clic en el botón más y se desplegara una nueva ventana. Ingresamos el nombre de la variable, una descripción y configuramos las mismas.

Figura 70

Configuraciones para la entrada del bloque Python



Nota. La figura muestra la ventana de configuración de entradas del bloque Python.

4. Para seleccionar el tipo de variable hay que considerar que pueden ser de los tipos que se muestran en la siguiente figura

Figura 71

Tipo de variables de entrada para el bloque Python

Bang

- Representa un evento simple, no envía un dato, solamente se activa al ser estimulado.

Numero

- Lleva datos de tipo numérico, puede ser flotante o entero

String

- Lleva datos del tipo cadena

Dinámica

- Representa un evento como un Bang, pero puede enviar cualquier tipo de datos a otro bloque

Nota. La figura muestra los tipos de variables que se pueden emplear en Python

- Para determinar el tipo de entrada hay que considerar las opciones que se muestran en la siguiente figura.

Figura 72

Tipo de entrada para el bloque Python

onStart

- Al recibir un estímulo inicia el programa de la caja

onStop

- Al ser estimulado, el programa dentro del bloque se detiene

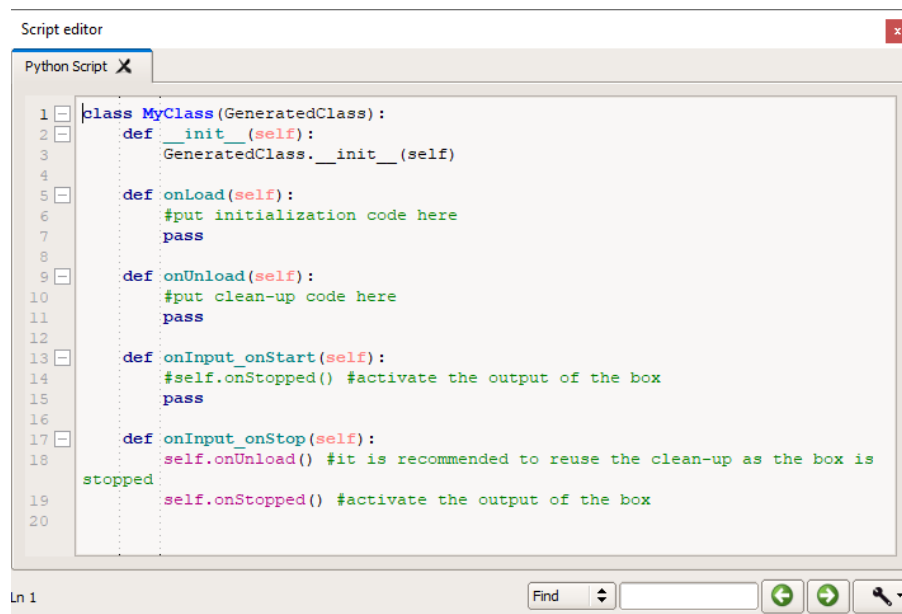
onEvent

- No tiene algún efecto específico sobre el bloque sino más bien se emplea para recibir información o datos necesarios para la ejecución del programa

Nota. La figura muestra los tipos de entrada que se pueden emplear en Python

Figura 73

Script para programación del bloque Python



```

Script editor
Python Script X
1 class MyClass(GeneratedClass):
2     def __init__(self):
3         GeneratedClass.__init__(self)
4
5     def onLoad(self):
6         #put initialization code here
7         pass
8
9     def onUnload(self):
10        #put clean-up code here
11        pass
12
13    def onInput_onStart(self):
14        #self.onStopped() #activate the output of the box
15        pass
16
17    def onInput_onStop(self):
18        self.onUnload() #it is recommended to reuse the clean-up as the box is
19        stopped
20        self.onStopped() #activate the output of the box
  
```

Nota. La figura muestra el script de programación de Python

6. Luego de crearse el bloque, haciendo doble clic sobre el mismo, es posible acceder al script de programación. Como cualquier script de Python, es posible importar modulo o usar funciones. En (Aldebaran, s.f.) es posible encontrar una descripción más detallada de la creación de programas empleando Python.

Aplicación móvil

Figura 74

Icono de la aplicación móvil NaoControl



Nota. La figura muestra el ícono de la aplicación al instalarse en un dispositivo móvil

La aplicación móvil llamada NaoControl se desarrolló en el programa Android Studio, el cual es el IDE oficial para el desarrollo en los sistemas Android. La aplicación cuenta con una pantalla principal desplazarse entre las opciones de ejercicios y las pantallas correspondientes a las actividades de: percepción, razonamiento, atención y coordinación. La programación de esta aplicación se encuentra en la sección de Anexos.

Figura 75

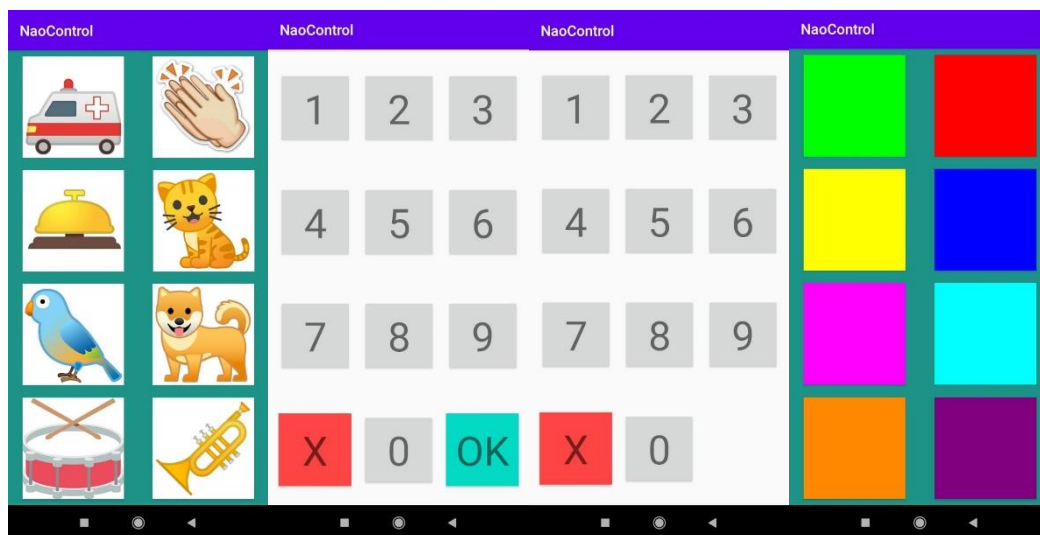
Ventana de menú principal de la aplicación NaoControl



Nota. La figura muestra la ventana principal de la app y el acceso a las actividades

Figura 76

Ventanas para ejercicios de percepción, razonamiento, atención y coordinación



Nota. La figura muestra las ventanas para los ejercicios cognitivos

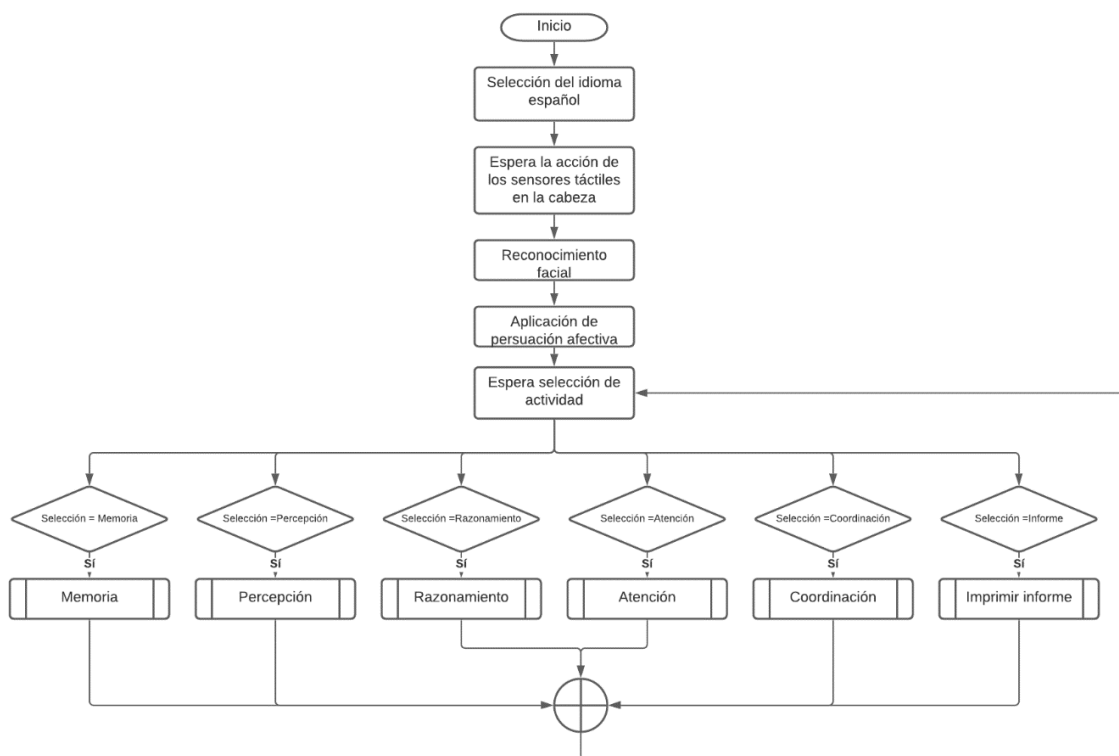
Desarrollo de los ejercicios

Para el desarrollo de terapia cognitiva se han trabajado con subprogramas considerando las diferentes habilidades cognitivas a reforzar, adicionalmente se ha aplicado en ellas las estrategias de persuasión seleccionadas, ya que se trata de una evaluación individual, las estrategias son: persuasión afectiva y persuasión lógica. En la figura # se presenta el diagrama de flujo con el que se trabaja la rutina. Se realizó la aplicación de la persuasión afectiva luego del reconocimiento facial, ya que de esta forma el mensaje que se transmite es de forma personal, generando así una relación entre la emoción positiva y la actividad a realizar.

Durante el proceso de interacción con el humanoide, podemos observar que se requiere de la presencia de un facilitador, ya que el robot se implementa como una herramienta más no como un reemplazo del personal humano. En el diagrama de flujo se han descrito las rutinas que se van a implementar, a continuación, se ha construido un diagrama de flujo por cada actividad a realizar, en ellos se representa la interacción que tendrá el usuario al momento de desarrollar las actividades. Hay que considerar que en los ejercicios de atención, percepción, razonamiento y coordinación el ingreso de datos se realiza mediante la aplicación móvil; por otro lado, en el bloque de memoria la recepción de información se realiza a través del reconocimiento de voz.

Figura 77

Diagrama de flujo correspondiente a la ejecución de la rutina cognitiva



Nota. El diagrama de flujo corresponde a una ejecución, no a la programación.

Memoria

En este bloque se aplica la adaptación de la prueba MMSE. El ejercicio inicia con la aplicación de la estrategia de persuasión lógica ya que se explica brevemente en que consiste el ejercicio y el beneficio de aplicarlos. Continúa con la etapa de memorización de palabras donde el robot repite hasta dos veces el juego de palabras y brinda el tiempo necesario para que el usuario pueda aprenderlas, el facilitador debe informar a la persona que se le preguntará sobre estas palabras más adelante.

Una vez memorizadas se continúa con la etapa de preguntas, en esta se procede a evaluar la ubicación temporal y espacial de la persona mediante interrogaciones simples.

- Para la ubicación espacial
 - ¿En qué país nos encontramos?
 - ¿En qué ciudad estamos?
- Para la ubicación temporal, deben ejemplificarse para así limitar a una respuesta simple
 - ¿En qué mes estamos?, podrías responder por ejemplo enero
 - ¿En qué día estamos?, podrías responder por ejemplo lunes
 - ¿En qué jornada del día estamos, mañana o tarde?

Luego de responder estas preguntas se procede a cuestionar a la persona sobre las palabras memorizadas anteriormente.

- ¿Recuerdas cuáles eran las 3 palabras que memorizamos al inicio?
- Por favor repítelas

Las respuestas generadas se almacenan en un bloque de Python para ser enviadas al informe final, esta sección no genera ningún puntaje de evaluación ya que son preguntas que variaran en el tiempo.

Percepción

Para este ejercicio se debe emplear aplicación en la pantalla de percepción, ya que al reproducir uno de los sonidos el usuario debe relacionarlos con los íconos de la pantalla del teléfono

Figura 78

Diagrama de flujo correspondiente a la aplicación de percepción



Nota. El diagrama de flujo corresponde a una ejecución, no a la programación.

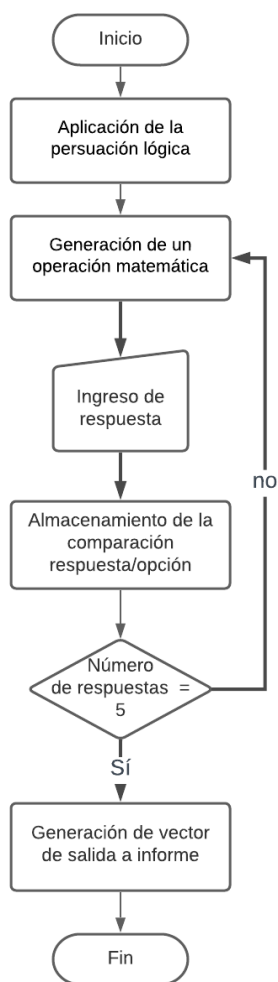
Razonamiento

Para este ejercicio se debe emplear aplicación en la pantalla de razonamiento para ingresar sus repuestas a las operaciones básicas aleatorias. Cuenta con un botón

de confirmación de respuesta y uno para cancelarla en el caso de no lograr resolver el ejercicio.

Figura 79

Diagrama de flujo correspondiente a la aplicación de razonamiento



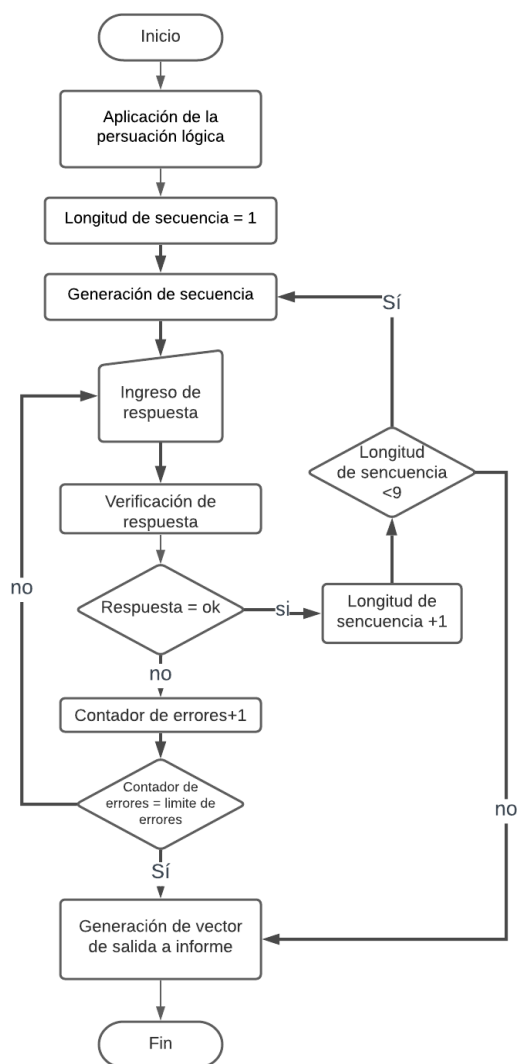
Nota. El diagrama de flujo corresponde a una ejecución, no a la programación.

Atención

Para este ejercicio se debe emplear aplicación en la pantalla de atención para el ingreso de los números y cancelación en el caso de no completar el ejercicio

Figura 80

Diagrama de flujo correspondiente a la aplicación de atención



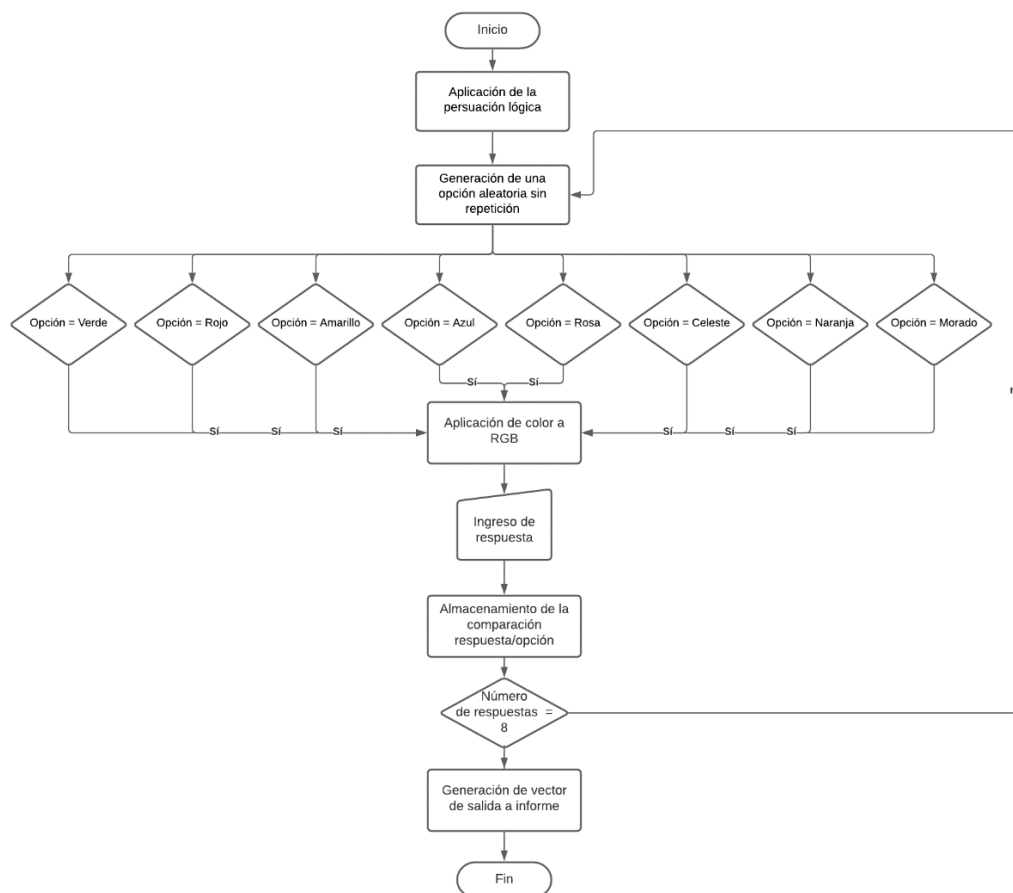
Nota. El diagrama de flujo corresponde a una ejecución, no a la programación.

Coordinación

Para este ejercicio se debe emplear aplicación en la pantalla de coordinación, ya que cambiar de color los ojos del humanoide el usuario debe relacionarlos con los colores de la pantalla del teléfono

Figura 81

Diagrama de flujo correspondiente a la aplicación de coordinación



Nota. El diagrama de flujo corresponde a una ejecución, no a la programación.

Consideraciones

Hay que considerar que los diagramas de flujo que se han presentado en este capítulo muestran de forma simplificada el proceso para interactuar con el robot, mas no la programación detallada de cada uno de los bloques de las actividades que se van a realizar ya que la construcción de un diagrama de flujo considerando todas las acciones programadas causaría complejidad en la comprensión. La programación y de las rutinas y bloques especiales se han colocado en la sección de Anexos

Informe

Para la elaboración del informe de resultados de las actividades cognitivas se empleó un fichero de texto en lenguaje Python. A continuación, se describe la información que contiene y la estructura del informe. Se inicia importando el módulo `os` de Python, este módulo permite trabajar sobre el sistema operativo del robot para crear, leer y eliminar documentos, conociendo la ubicación de estos.

```
import os
class MyClass(GeneratedClass):
    def __init__(self):
        GeneratedClass.__init__(self)
```

Se definen los valores iniciales de las variables que se requieren imprimir en el informe

```
def onLoad(self):
    #put initialization code here
    self.RN = []
    self.RM1 = ["-", "-", "-"]
    self.RM2 = ["-", "-"]
    self.RM3 = ["**", "**", "**"]
    self.RA = []
    self.RP = ["-", "-", ["0", "0", "0"]]
    self.RP1 = 0
    self.RC = ["-", "-", ["0", "0", "0"]]
    self.RC1 = 0
    self.RR = ["-", "-", "-", "0"]
    self.RC1 = "-"
    self.TR = "-"
    pass
```

A continuación, se realiza las conversiones respectivas para aquellos datos que requieren algún tipo de cálculo, por ejemplo, en las actividades de coordinación y percepción se requiere estimar el tiempo promedio de reacción, por lo que se debe convertir los datos en flotantes para realizar los cálculos respectivos

```
def onUnload(self):
    #put clean-up code here
    pass
def onInput_M1(self, p):
    self.RM1 = list(p)
    self.prueba(1)
    pass
def onInput_M2(self, p):
    self.RM2 = list(p)
    self.prueba(1)
    pass
def onInput_M3(self, p):
    self.RM3 = list(p)
    self.prueba(1)
    pass
def onInput_Name(self, p):
    self.RN = str(p)
    pass
def onInput_A(self, p):
    self.RA = list(p)
    pass
def onInput_P(self, p):
    self.RP = list(p)
    RP_1 = self.RP[2]
    RP_2= [int(x) for x in RP_1]
    self.RP1 = str(sum(RP_2)/float(len(RP_2)))
    self.prueba(1)
    pass
```



```

def onInput_C(self, p):
    self.RC = list(p)
    RC_1 = self.RC[2]
    RC_2= [int(x) for x in RC_1]
    self.RC1 = str(sum(RC_2) / float(len(RC_2)))
    self.prueba(1)
    pass
def onInput_R(self, p):
    self.RR = list(p)
    self.prueba(1)
    pass
def onInput_Rt(self, p):
    self.TR = str(p)
    pass

```

A continuación, se debe realizar la estructura del informe mediante los comandos propios del módulo os. A continuación, se describen las instrucciones implementadas para la elaboración de este informe y sus funciones.

- open(). Abre un nuevo fichero, debe incluir la dirección en la que se va a almacenar el mismo
- write(). Permite escribir sobre el fichero abierto
- close(). Cierra el fichero en el cual se trabajo

Hay que recalcar que las instrucciones de escritura y cierre se trabajan sobre un objeto creado con la instrucción open.

```

def onInput_onStart(self):
    f = open("/home/nao/Informe.txt", "w") #Objeto del tipo file
    f.write ("NOMBRE: %s" %self.RN+"\n\n")
    f.write ("-----\n")
    f.write ("MEMORIA\n")
    f.write ("-----\n")

```

```

f.write(">UBICACION TEMPORAL\n")
f.write(" DIA: %s"%self.RM1[1]+\n")
f.write(" JORNADA: %s"%self.RM1[2]+\n")
f.write(" MES: %s"%self.RM1[0]+\n")
f.write(">UBICACION ESPACIAL\n")
f.write(" PAIS: %s"%self.RM2[0]+\n")
f.write(" CIUDAD: %s"%self.RM2[1]+\n")
f.write(">PALABRAS MEMORIZADAS\n")
f.write(">%s"%self.RM3[0]+ " - %s"%self.RM3[1]+ " - %s"%self.RM3[2]+\n\n")
f.write("-----\n")
f.write("ATENCION\n")
f.write("-----\n")
f.write(" LONGITUD | INTENTOS \n")
f.write(" -----\n")
for i in range(0,len(self.RA)):
    f.write(" %s | %s\n" %(self.RA[i][0],self.RA[i][1]))
f.write("\n\n")
f.write("-----\n")
f.write("PERCEPCION\n")
f.write("-----\n")
f.write(" SONIDOS RECONOCIDOS: %s"%self.RP[0]+\n")
f.write(" SONIDOS NO RECONOCIDOS: %s"%self.RP[1]+\n")
f.write(" TIEMPO PROMEDIO DE REACCION: %s"%self.RP1+[s]\n\n")
f.write("-----\n")
f.write("COORDINACION\n")
f.write("-----\n")
f.write(" COLORES DISTINGUIDOS: %s"%self.RC[0]+\n")
f.write(" COLORES NO DISTINGUIDOS: %s"%self.RC[1]+\n")
f.write(" TIEMPO PROMEDIO DE REACCION: %s"%self.RC1+[s]\n\n")
f.write("-----\n")
f.write("RAZONAMIENTO\n")
f.write("-----\n")
f.write(" OPERACIONES CORRECTAS: %s"%self.RR[0]+\n")
f.write(" OPERACIONES INCORRECTAS: %s"%self.RR[1]+\n")
f.write(" OPERACIONES CANCELADAS: %s"%self.RR[2]+\n")

```

```
f.write (" DURACION DE LA ACTIVIDAD: %s"%self.TR+"[s]")
f.close()
```

A continuación, se muestra el ejemplo de un informe impreso luego de realizar todas las actividades cognitivas.

Figura 82

Ejemplo de informe para actividades cognitivas

```

NOMBRE: MARTHA FAREDES
-----
MEMORIA
-----
>UBICACION TEMPORAL
DIA: SABADO
JORNADA: TARDE
MES: AGOSTO
>UBICACION ESPACIAL
PAIS: ECUADOR
CIUDAD: QUITO
>PALABRAS MEMORIZADAS
>DOLAR - CABALLO - MANZANA
-----
ATENCION
-----
LONGITUD | INTENTOS
-----
1 | 1
2 | 1
3 | 1
4 | 1
5 | 2
6 | 1
7 | 2
-----
PERCEPCION
-----
SONIDOS RECONOCIDOS: 3
SONIDOS NO RECONOCIDOS: 5
TIEMPO PROMEDIO DE REACCION: 4.875[=]
-----
COORDINACION
-----
COLORES DISTINGUIDOS: 6
COLORES NO DISTINGUIDOS: 2
TIEMPO PROMEDIO DE REACCION: 5.520[=]
-----
RAZONAMIENTO
-----
OPERACIONES CORRECTAS: 5
OPERACIONES INCORRECTAS: 0
OPERACIONES CANCELADAS: 0
DURACION DE LA ACTIVIDAD: 58.7540359497[=]
```

Nota. La figura muestra un informe generado luego de realizar todos los ejercicios cognitivos

El propósito de la creación de este informe es que el facilitador tenga un registro de evolución de una persona al realizar los ejercicios, resultando así una herramienta útil para generar estadísticas sobre las capacidades del usuario.

Capítulo IV

Pruebas y Resultados

Introducción

El propósito de este proyecto fue desarrollar un conjunto de actividades física y cognitivas dirigidas a personas de la tercera edad, para el trabajo sobre pruebas y resultados se ha desglosado en dos macro actividades: desarrollo de la terapia física y desarrollo de la terapia cognitiva

Terapia Física

El grupo de prueba seleccionado para esta actividad corresponde a una población de 11 mujeres en una edad promedio de 69 años. Este grupo se reúne una vez a la semana para practicar una hora de bailo terapia, la cual es impartida por un instructor con rotación de turno.

Figura 83

Primer acercamiento con el grupo de prueba



Nota. La figura muestra al grupo de prueba realizando una rutina de ejercicios físicos

Los primeros acercamientos a este grupo se realizaron con la finalidad de conocer las rutinas de ejercicios que practicaban. Su hora de trabajo se encuentra

segmentada por dos rutinas de estiramiento, con alternación de ejercicios para el tren superior y el tren inferior. Cabe recalcar que estos estiramientos no superaban una duración de diez minutos.

Si bien se trata de un grupo homogéneo con respecto al género y edad, existen casos particulares en donde las limitaciones físicas se debieron considerar para el desarrollo de la rutina de ejercicios. Las personas que conforman estos casos especiales supieron expresar que realizaban los mismos ejercicios que sus compañeras, mas no con la misma intensidad.

Figura 84

Imágenes base para el trabajo de reconocimiento facial



Nota. La figura corresponde a las fotografías de los 11 miembros del grupo de pruebas

Con el mismo grupo fue posible realizar el proceso de identificación facial, para ello, durante una de las reuniones se procedió a tomar fotografías tipo retrato de las participantes como material base para el aprendizaje de rostros del robot

Considerando que la metodología de inserción de un robot a un ambiente con humanos describe que los pasos a seguir son: adopción, automatización y adaptación;

la etapa de pruebas se condujo bajo estas especificaciones. El grupo inicialmente tuvo un acercamiento para conocer las cualidades del robot y de qué forma intervendría en sus actividades física, posteriormente, conociendo las características del grupo se procedió a personalizar las funciones del robot tomando en cuenta también las observaciones realizadas por los propios sujetos de prueba, por último, se realizó la actividad propuesta para evaluar la eficiencia de la herramienta desarrollada.

Cognitiva

Debido a la emergencia sanitaria a nivel mundial, el desarrollo la experimentación de la terapia cognitiva se vio restringida, el grupo de trabajo tuvo que reducirse ya que en la normativa para el control de la pandemia se establecieron prohibiciones para las reuniones sociales, sobre todo de personas de la tercera edad ya que son vulnerables al virus. Con esta consideración el grupo que participo en el desarrollo de la terapia cognitiva se redujo a dos mujeres con una edad promedio de 71 años. Estas personas pertenecen al círculo familiar de la autora y el contacto con las mismas se realizó considerando protocolos de bioseguridad.

Evaluación

Las pruebas para evaluar el desempeño del sistema desarrollado consisten en realizar una explicación sobre el funcionamiento y propósito del sistema desde el aspecto de actividades de terapia física y cognitiva, y el desarrollo de dichas actividades; posteriormente se realiza una evaluación sobre la eficiencia en la implementación de estrategias de persuasión. Los criterios por evaluar en ambas terapias son:

Figura 85

Socialización del funcionamiento del humanoide NAO



Nota. La figura muestra la presentación del humanoide al grupo de trabajo como parte de la etapa de adopción.

Ejecución de la actividad

Considerando el proceso de adopción que se realizó para incluir al robot en las rutinas físicas y cognitivas de las personas evaluadas, es necesario determinar si el proceso de automatización se realizó correctamente considerando las necesidades individuales y en el caso de la terapia física las necesidades grupales.

Nivel de Persuasión

La aplicación de las estrategias de persuasión a actividades tanto físicas como cognitivas se reflejan en la percepción de las personas a dichas actividades, el rechazo a la realización de algún ejercicio sin una justificación dentro del contexto significa que la estrategia estuvo enfocada de forma incorrecta; mientras que la aceptación a realizar una actividad representa que la estrategia cumple su objetivo.

Motivación y experiencia

Uno de los enfoques de este trabajo es permitir que las personas de la tercera edad accedan e interactúen con herramientas tecnológicas; el uso de un humanoide en actividades que generalmente no implementan recursos tecnológicos puede significar una experiencia positiva o negativa para las personas, por lo que el conjunto de las actividades y el nivel de persuasión deben intentar satisfacer las expectativas de los usuarios sobre el desarrollo de la actividad y la interacción con el humanoide. Se empleó como recurso de evaluación un cuestionario de base estructurada con la finalidad de conocer las perspectivas de las personas que fueron parte de las pruebas, este cuestionario fue estructurado en base al trabajo de (Vilatuña Salguero, 2018). Para las pruebas de la terapia física se determinaron las siguientes preguntas:

- Ejecución de la actividad
 1. ¿Considera usted que los ejercicios propuestos eran adecuados?
 2. ¿Cuál fue el ejercicio que le causó mayor dificultad?
 3. ¿Cuál fue el ejercicio más sencillo?
 4. ¿Cuál fue el ejercicio que más le gustó realizar?
- Nivel de persuasión.
 5. ¿Sintió que el robot se dirigía específicamente a usted o a todo el grupo?
 6. ¿Le agradó que el robot explicara los ejercicios que se realizarían?
(puntaje del 1-5)
 7. ¿Sintió que el ambiente de trabajo con el robot era agradable? (puntaje del 1-5)
- Motivación y experiencia

8. ¿Repetiría la actividad de estiramiento con la guía del robot?
9. ¿Se sintió motivado durante la realización de la actividad?
10. ¿Tuvo alguna dificultad durante el desarrollo de la actividad?

En el caso de la terapia cognitiva se empleó el mismo cuestionario, a excepción de la pregunta 5, que fue modificada por el siguiente planteamiento:

5. ¿Le gustó que el robot se dirija a usted de forma personal?

Análisis de resultados

Figura 86

Ejecución de los ejercicios 1 y 2



Nota. La figura muestra dos escenas de la ejecución de los ejercicios físicos

Figura 87

Ejecución de los ejercicios 3 y 4



Nota. La figura muestra dos escenas de la ejecución de los ejercicios físicos

Figura 88

Ejecución de los ejercicios 5 y 6



Nota. La figura muestra dos escenas de la ejecución de los ejercicios físicos

Figura 89

Ejecución del ejercicio 7



Nota. La figura muestra dos escenas de la ejecución de los ejercicios físicos

Figura 90

Desarrollo de la prueba cognitiva 1



Nota. La figura muestra una escena de la ejecución de los ejercicios cognitivos

Figura 91

Desarrollo de la prueba cognitiva 2



Nota. La figura muestra dos escenas de la ejecución de los ejercicios físicos

Actividad física

A continuación, se muestra los resultados obtenidos durante la prueba de la actividad física clasificada según los criterios a evaluar.

Ejecución de la actividad

Luego de realizarse las actividades se pudo determinar que las personas del grupo de prueba consideran que los ejercicios presentados eran adecuados para sus capacidades físicas. Si bien el grupo se encuentra dividido entre que ejercicio le más y cual le causo dificultad la mayoría concuerda con que el ejercicio inicial del levantamiento de brazos es el más sencillo. Al preguntar cuál fue el ejercicio que más les gustó casi la totalidad del grupo menciona que el ejercicio 7, correspondiente al baile, pese a que también se lo identificó como el ejercicio más complejo.

Tabla 4*Datos de evaluación de la ejecución de la actividad física*

Nombre	Pregunta 1	Pregunta 2							Pregunta 3							Pregunta 4							
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
Manuela	Si				X				X														x
Zoila	Si							X	X														X
Lucrecia	Si							X	X														X
Gladys	Si				X				X														x
Lola	Si							X	X											x			
Ana	Si				X				X														x
Dolores	Si				X					X													x
Lucía	Si							X	X														X
Fabiola	Si				X				X														x
Susana	Si							X	X														X
Teresa	Si				X				X														x

Nota. En la tabla descrita los números del 1 al 7 corresponden a los ejercicios realizados.

Nivel de persuasión

Con respecto a este criterio se pudo determinar que la totalidad del grupo pudo evidenciar el efecto de la persuasión cooperativa al sentir como el robot dirigía un trabajo grupal mediante las instrucciones. En el caso de la pregunta 6, el uso de la estrategia de persuasión lógica obtuvo una calificación promedio de 4.7 y sobre el uso de la estrategia de persuasión afectiva, la totalidad del grupo supo expresar que el ambiente de trabajo generado por el robot fue muy agradable

Tabla 5

Datos de evaluación del nivel de persuasión – actividad física

Nombre	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7
Manuela	G	5	5
Zoila	G	5	5
Lucrecia	G	5	5
Gladys	G	5	5
Lola	G	4	5
Ana	G	5	5
Dolores	G	4	5
Lucía	G	5	5

Nombre	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7
Fabiola	G	5	5
Susana	G	5	5
Teresa	G	4	5

Nota. En la pregunta 5 la letra G significa que el robot se dirigía de forma grupal.

Motivación y Experiencia

En esta sección todas las preguntas son de tipo dicotómicas para determinar la experiencia con el robot. El cien por ciento de la población respondió que repetiría la rutina de ejercicios con ayuda del robot, el 82% de la población afirmó que trabajar con el robot le motivo a realizar los ejercicios propuestos. Con respecto a la última pregunta el 73% respondió que no hubo ninguna dificultad, hay que recalcar que las personas que respondieron afirmativamente a esta pregunta son los casos especiales del grupo.

Tabla 6

Datos de evaluación de la motivación y experiencia – actividad física

Nombre	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
Manuela	Si	Si	No
Zoila	Si	Si	No

Nombre	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
Lucrecia	Si	Si	No
Gladys	Si	Si	No
Lola	Si	No	Si
Ana	Si	Si	No
Dolores	Si	Si	Si
Lucía	Si	Si	No
Fabiola	Si	Si	No
Susana	Si	Si	No
Teresa	Si	Si	No

Nota. La tabla muestra las preguntas del 8 al 10 del cuestionario para la rutina física.

Con respecto a este grupo se pudo notar que la evaluación de la implementación de las estrategias de persuasión, además de la motivación y experiencia luego de realizar la actividad, mostraba resultados homogéneos ya que la estrategia planteada como importante en esta actividad, que corresponde a la persuasión cooperativa, cumplió el objetivo de motivar el trabajo conjunto, aunque la aplicación del ejercicio era individual. Con respecto a la evaluación de la ejecución de la actividad, se pudo notar opiniones diversas ya que las capacidades físicas del grupo también eran diferentes,

aquí se pudo notar el efecto ambivalente del trabajo cooperativo, algunas de las personas no estaban conformes con la realización del ejercicio porque sentían que sus capacidades físicas les permitían ser más exigentes en la actividad, mientras que otro grupo de personas afirmó estar cómoda con la velocidad y ejercicios propuestos ya que al realizar estiramientos con un facilitador, este realizaba las rutinas según su habilidad más no pensando en el grupo general.

Actividad cognitiva

Hay que recalcar que, debido a la emergencia sanitaria, el grupo de prueba debió reducirse a dos personas, ya que el trabajo con personas de la tercera edad se vio limitado al ser este un grupo vulnerable.

Durante la ejecución de las actividades cognitivas fue necesario aplicar el proceso de adopción y automatización para cumplir los requerimientos necesarios según el espacio de trabajo y características de la persona evaluada. Los resultados que se muestran a continuación corresponden a la última prueba realizada en el proceso de adopción con todos los cambios y modificaciones necesarias. A continuación, se muestra los resultados obtenidos durante la prueba de la actividad cognitiva clasificada según los criterios a evaluar.

Ejecución de la actividad

Durante la evaluación de este criterio se pudo notar que los ejercicios eran posibles de realizar por ambas personas, pero los resultados eran diferentes debido a las capacidades individuales y a las condiciones del entorno en donde se realizó la evaluación. Las personas que realizaron esta prueba expresaron la importancia de

contar con un facilitador durante los ejercicios ya que de esta forma se sentían seguras del trabajo que realizaban

Tabla 7

Datos de evaluación de la ejecución de actividad cognitiva

Nombre	Pregunta 1	Pregunta 2					Pregunta 3					Pregunta 4				
		M	P	A	R	C	M	P	A	R	C	M	P	A	R	C
Martha	Si			X			X								X	
Bertha	Si	X					X								X	

Nota. En la tabla las iniciales corresponden a actividades de la terapia cognitiva.

(M=memoria, P=percepción, A=atención, R=razonamiento y C= coordinación)

Nivel de persuasión

Para determinar este criterio se consideraron dos ejecuciones, la primera fue la solución de los ejercicios con un concepto plano, es decir que el robot únicamente transmitía las preguntas para que fueran contestadas y no existía ninguna retroalimentación; mientras que la segunda correspondía a la ejecución de la actividad aplicando las estrategias de persuasión de forma verbal y no verbal. Con respecto a prueba se pudo determinar que ambas personas apreciaron que el robot se dirija a ellas de forma personal, además de la resolución de ejercicios fue más agradable al momento de trabajar con las instrucciones del robot y con las frases motivacionales, en una de las evaluaciones, el usuario expreso que sentía menos temor al admitir un error con el robot que al facilitador.

Tabla 8

Datos de evaluación del nivel de persuasión – actividad cognitiva

Nombre	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7
Martha	SI	5	5
Bertha	SI	5	5

Nota. La tabla muestra las preguntas del 5 al 7 del cuestionario para la rutina cognitiva.

Motivación y Experiencia

Tabla 9

Datos de evaluación de la motivación y experiencia – actividad cognitiva

Nombre	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
Martha	Si	Si	Si
Bertha	Si	Si	No

Nota. La tabla muestra las preguntas del 8 al 10 del cuestionario para la rutina cognitiva.

Para este criterio la evaluación de las preguntas fue positiva a excepción de la pregunta 10 en donde uno de los usuarios supo expresar que, si tuvo dificultad al realizar los ejercicios, esto debido a las condiciones en las que se llevó a cabo la prueba, el ejercicio de memoria que emplea bloques de reconocimiento de voz, requería de una repetición de la respuesta debido a ruido externo de la casa. Ambas personas

realizarían nuevamente los ejercicios con ayuda del robot considerando que su experiencia previa en este tipo de terapias se limitó a la resolución de hojas de trabajo.

Si bien la muestra de este grupo se redujo considerablemente, se pudo notar que la aplicación de las estrategias de persuasión contribuyó de manera positiva al desarrollo de las actividades ya que las personas participantes supieron describir que la explicación de la importancia de ejercitar alguna de las áreas cognitivas en verdad les motivó a hacerlo y a considerar más actividades para fortalecerlas; la solución de las actividades se convirtió en una competencia consigo mismas, ya que el robot las motivó a hacerlo mejor para tener un informe de resultados con datos positivos.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se aplicaron estrategias de persuasión afectiva, lógica y cooperativa para la ejecución de las actividades interactivas, considerando un análisis de los factores que la conforman: factor verbal, no verbal y factor humano, y buscando de esta forma los espacios adecuados dentro del desarrollo de la rutina en los que la estrategia cumpliría su propósito de influir en su accionar o pensamiento sobre un ejercicio en particular.

Se implementaron herramientas de interacción del humanoide NAO con la finalidad de generar una comunicación efectiva entre humano y el robot. Se trabajó con bloques preestablecidos en la plataforma Choregraphe para mejorar la interacción con las personas, algunos de estos bloques son: reconocimiento facial, para personalizar la aplicación de las estrategias de persuasión en la rutina de actividades cognitivas, reconocimiento de voz, para la recepción de respuestas en el apartado de memoria, discursos animados, para la implementación de la estrategia de persuasión de forma verbal y no verbal simultáneamente, bloques de recepción de señales IR, para la comunicación entre el humanoide y la aplicación móvil requerida para la solución de ejercicios de percepción, atención, razonamiento y coordinación.

Se determinaron rutinas de ejercicios para personas de la tercera edad, en el caso de las actividades físicas se basaron en rutinas previamente establecidas para el grupo de prueba por un instructor de actividades recreativas, y en los ejercicios cognitivos se emplearon modificaciones de pruebas científicas que permiten la evaluación de la capacidad cognitiva. En base a esta experiencia se pudo determinar

que las limitaciones de movimiento del robot dificultan desarrollar rutinas físicas con una mayor dificultad, por lo que se puede afirmar que el humanoide es apto para realizar solamente ejercicios cognitivos de forma eficiente.

La aplicación multiplataforma Choregraphe, a pesar de ser un software propietario del humanoide NAO, es bastante flexible para la implementación de bloques de programación Python.

Recomendaciones

Debido a la emergencia sanitaria, no fue posible trabajar con un grupo de prueba más números en la terapia cognitiva, por lo que se recomienda trabajar con ejercicios cognitivos y evaluarlos en un grupo de prueba más numeroso.

Se recomienda diseñar bloques de programación que permitan filtrar el ruido del entorno al implementar reconocimiento de voz, ya que el ruido impide que se desarrolle la evaluación de forma fluida.

Es recomendable, al momento de implementar los bloques de interacción, que esto se realice con el robot en lugar del simulador ya que los datos con los cuales se va a trabajar se deben almacenar en la memoria del robot mas no en el ordenador.

Al combinar los bloques funcionales se debe realizar progresivamente para identificar que las entradas y salidas de los mismo no tienen contradicciones con los demás bloques, en el caso de ser necesario se recomienda generar un bloque de paso, que permita bloquear o permitir alguna acción.

Para la creación de la aplicación móvil empleando el dispositivo IR, se recomienda identificar los datos transmitidos por los botones del mando, ya que las

decodificaciones disponibles en fuentes de consulta pueden tener errores y se debe determinar una metodología de decodificación

Se recomienda que el robot se encuentre cargado antes de realizar las actividades y conectarlo al cargador únicamente al ser necesario, de esta forma el humanoide puede realizar sus actividades de sin obstáculos que afectar alguna de las articulaciones

Trabajos futuros

Con el desarrollo de este proyecto se pudo evidenciar la necesidad que existe en los grupos vulnerables de realizar actividades que involucren tecnología, no solo el uso de aplicaciones móviles, sino la implementación de recursos novedosos como fue el caso del humanoide

Siguiendo la línea de aplicaciones para la tercera edad, este proyecto se puede emplear como base para el desarrollo de un sistema de aplicaciones interactivas más complejo, es decir, que pueda contener en el caso de las actividades físicas, ejercicios que incrementen de dificultad conforme a las sesiones que se han realizado y se empleen herramientas externas para verificar la correcta ejecución de estos y generar una retroalimentación para el facilitador.

En el caso de las terapias cognitivas, se puede escalar este sistema hasta cubrir áreas más específicas de desarrollo cognitivo como son: la capacidad de denominación, planificación, estimación, memoria de trabajo, etc. Además, se pueden implementar nuevos ejercicios o generar una base de ejercicios para que las personas dispongan de actividades variada con un mayor control sobre la complejidad de la ejecución y

aplicando la totalidad de la evaluación de las pruebas científicas en las cuales se basaron los ejercicios expuestos en este trabajo.

Con respecto a la aplicación de estrategias de persuasión es posible ampliar las expresiones empleadas durante las actividades tanto verbales como no verbales, además de generar una retroalimentación implementando una herramienta de reconocimiento facial para determinar la eficiencia de las estrategias observando los cambios en las expresiones faciales. De ser posible la implementación de una base de datos en la que se almacene la información de la evolución del usuario y que la aplicación de dificultad de los ejercicios dependa del uso de esta información complementaria de manera positiva al sistema.

La investigación sobre la robótica persuasiva aplicada a las interacciones humano – robot, contribuirán de forma positiva a que la sociedad permita la incorporación de plataformas robóticas en entornos laborales, familiares, de entretenimiento, etc.

Bibliografía

- Achig Ortiz, Á. O., & Lasluisa Naranjo, J. C. (2017). *Desarrollo de algoritmos para modelado de rutinas de ejercicios para rehabilitación física en mejora de la calidad y esperanza de vida de adultos mayores implementados en robot humanoide Nao*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Aldebaran . (s.f.). *Choregraphe User Suite*. Obtenido de Aldebaran Communication:
<http://doc.aldebaran.com/2-1/software/choregraphe/index.html>
- Aldebaran . (s.f.). *QiChat - Syntax*. Obtenido de Aldebaran documentation:
http://doc.aldebaran.com/2-1/naoqi/audio/dialog/dialog-syntax_full.html#delimiter-rule
- Aldebaran. (2017). *NAO*. (Aldebaran) Recuperado el 24 de Julio de 2019, de
<http://doc.aldebaran.com/1-14/nao/index.html>
- Aldebaran. (s.f.). *NAO - Actuator & Sensor list*. Obtenido de Aldebaran Documentation:
http://doc.aldebaran.com/2-1/family/nao_dcm/actuator_sensor_names.html#lhand
- Aldebaran. (s.f.). *NAO - Technical overview*. Obtenido de Aldebaran Documentation:
http://doc.aldebaran.com/2-1/family/robots/index_robots.html#all-robots
- Aldebaran. (s.f.). *NAOqi Framework*. Obtenido de Aldebaran documentation:
<http://doc.aldebaran.com/1-14/dev/naoqi/index.html>
- Aldebaran. (s.f.). *Scripting Python boxes*. Obtenido de Aldebaran documentation:
http://doc.aldebaran.com/2-1/software/choregraphe/objects/python_script.html#python-script

- Amazings NCYT. (2019 de Enero de 21). *Evaluando el uso de robots para brindar asistencia a adultos mayores*. (Amazings NCYT) Recuperado el 22 de Junio de 2019, de <https://noticiasdelaciencia.com/art/31263/evaluando-el-uso-de-robots-para-brindar-asistencia-a-adultos-mayores>
- ANSES. (2012). Introducción a la robótica. *Robótica: entrá al mundo de la inteligencia artificial*, 6-10.
- Aracil, R., Balaguer, C., & Armada, M. (2008). Robots de servicio. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*.
- Baillieul, J., & Takase, K. (2008). The psychology of human-robot interaction. *2008 SICE Annual Conference*. Tokyo. Obtenido de <https://parentology.com/human-robot-interaction-bonding-in-the-digital-age/>
- Banco Mundial. (2018). *Población de 65 años de edad y más (% del total)*. (Banco Mundial) Recuperado el 22 de Julio de 2019, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.65UP.TO.ZS?end=2018&start=1960&view=chart>
- Besdine, R. (Septiembre de 2016). *Physical Changes With Aging*. Obtenido de MSD Manuals: <https://www.msmanuals.com/professional/geriatrics/approach-to-the-geriatric-patient/physical-changes-with-aging>
- Bitbrain. (4 de Julio de 2018). *La estimulación cognitiva en adultos, mayores y ancianos*. Recuperado el 16 de Agosto de 2019, de <https://www.bitbrain.com/es/blog/estimulacion-cognitiva-adultos-mayores-ancianos>

- Brookdale Senior Living. (22 de Marzo de 2018). *How Virtual Assistants and Voice Technology Are Revolutionizing Aging*. Obtenido de Brookdale Senior Living: <https://www.brookdale.com/en/brookdale-life/blogs/2018/03/how-virtual-assistants-and-voice-technology-are-revolutionizing-.html>
- Calvopiña Iglesias, F. R., & Valladares Romero, P. E. (2017). *Interpretación de expresiones faciales en adultos mayores utilizando la visión artificial del robot humanoide NAO*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- CogniFit. (s.f.). *Test de Indagación REST-COM*. Obtenido de CogniFit: <https://www.cognifit.com/es/evaluacion-cognitiva/bateria-de-pruebas-y-tareas/test-rest-com/test-de-indagacion>
- Consejo Nacional de Planificación (CNP). (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. Quito: Senplades.
- Díaz Hernández, M. (19 de Agosto de 2015). *¿En qué consiste la teoría del valle inquietante?* Obtenido de Hipertextual: <https://hipertextual.com/2015/08/teoria-del-valle-inquietante>
- Diez, J. (19 de Noviembre de 2015). *Heka, mucho más que un robot*. Obtenido de .edu: <https://puntoedu.pucp.edu.pe/noticias/heka-mucho-mas-que-un-robot/>
- Durán Badillo, T., Aguilar, R., Martínez, M., Rodríguez, T., Gutiérrez, G., & Vázquez, L. (2013). Depression and cognitive function of older adults in a marginal urban community. *Enfermería Universitaria*, 36-42.
- EFE. (28 de Enero de 2016). *El robot Pepper muestra sus nuevas habilidades como enfermero y profesor*. Obtenido de EFE:

<https://www.efe.com/efe/america/tecnologia/el-robot-pepper-muestra-sus-nuevas-habilidades-como-enfermero-y-profesor/20000036-2823265>

EFE. (2019 de Octubre de 2019). *Japón pone a prueba robots como cuidadores de ancianos*. Obtenido de EFE: <https://www.efe.com/efe/america/destacada/japon-pone-a-prueba-robots-como-cuidadores-de-ancianos/20000065-4093510>

El Universal. (12 de Agosto de 2019). *Adultos mayores creen que hacer ejercicio pone en riesgo su salud*. Recuperado el 15 de Agosto de 2019, de El Universal: <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/nacion/sociedad/2016/01/21/adultos-mayores-creen-que-hacer-ejercicio-pone-en-riesgo-su>

Evers, V. (2015). *Of robots and humans*. Obtenido de UNESCO: <https://en.unesco.org/courier/2018-3/robots-and-humans>

García, A. (4 de Julio de 2019). *Estiramientos en la tercera edad*. Obtenido de WebConsultas. Revista de salud y bienestar: <https://www.webconsultas.com/tercera-edad/envejecimiento-activo/que-son-los-estiramientos-y-por-que-son-buenos-para-los-mayores>

Gelin, R. (2017). NAO. En A. Goswami, & P. Vadakkepat, *Humanoid Robotics: A Reference* (págs. 1-22). Springer, Dordrecht.

Goodrich, M., & Kielse, S. (2018). The Science of Human-Robot Interaction. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*.

Goodrich, M., & Schultz, A. (2007). Human–Robot Interaction: A Survey. *NOW*, 203-275.

Guadalupe, A. (2018). Soporte Nutricional en Adultos Mayores con Demencia. *Aportes y debates desde la academia para el fomento a la calidad y calidez en el cuidado y atención a las personas adultas mayores*, 91-120.

Hanson Robotics. (2020). *Sophia*. Obtenido de Hanson Robotics:

<https://www.hansonrobotics.com/sophia/>

HiSoUR. (s.f.). *HUMAN-ROBOT INTERACTION*. Obtenido de HiSoUR:

<https://www.hisour.com/human-robot-interaction-42941/>

IEEE-RAS. (2019). *Technical Committee for Human-Robot Interaction & Coordination*.

(IEEE) Recuperado el 20 de Junio de 2019, de <https://www.ieee-ras.org/human-robot-interaction-coordination>

Joy for All. (2018). *Ageless Innovation | Our Story*. Obtenido de Joy for All:

<https://joyforall.com/pages/our-story>

Landinez Parra, N. S., Contreras Valencia, K., & Castro Villami, Á. (2012). Proceso de envejecimiento, ejercicio y fisioterapia. *Revista Cubana de Salud Pública*, 38(4), 562-580.

Ministerio de Inclusión Económica y Social. (2019). *Incremento de cobertura y calidad de los servicios de la "Misión Mis Mejores Años"*. Quito: MIES.

Ministerio de Inclusión Económica y Social. (s.f.). *Diccionario de Variables*. Obtenido de InfoMIES: <https://info.inclusion.gob.ec/index.php/diccionario-variables-pamusrex>

Moreno, S. (13 de Julio de 2019). *La robótica crece en el sector de la asistencia personal*. Obtenido de El País:

https://elpais.com/tecnologia/2019/07/11/actualidad/1562844022_156982.html

- Organización Mundial de la Salud. (2001). *CIF: Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud* Organización Mundial de la Salud. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Organización Mundial de la Salud. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Organización Mundial de la Salud. (12 de Diciembre de 2017). *La salud mental y los adultos mayores*. Recuperado el 15 de Agosto de 2019, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/la-salud-mental-y-los-adultos-mayores>
- Organización Mundial de la Salud. (23 de Febrero de 2018). *Actividad física*. (Organización Mundial de la Salud) Recuperado el 18 de Julio de 2019, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Organización Mundial de la Salud. (5 de Febrero de 2018). *Envejecimiento y salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/envejecimiento-y-salud>
- Pangman Jeff, V. C., Sloan, J., & Guse, L. (2000). An examination of psychometric properties of the Mini-Mental State Examination and the Standardized Mini-Mental State Examination: Implications for clinical practice. *Applied Nursing Research*, 209-213.
- Paterson, D., Jones, G., & Rice, C. (2007). Ageing and physical activity: Evidence to develop exercise recommendations for older adults. *Canadian journal of public health. Revue canadienne de santé publique*, 69-198.

- Pelegri, J. (10 de Enero de 2019). *LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: COBOTS Y AUTOMATIZACIÓN*. Obtenido de Universal Robots: <https://blog.universal-robots.com/es/revolucion-industrial-cobots>
- QMAYOR. (16 de Agosto de 2017). *Las personas mayores y el uso de la nueva tecnología*. Recuperado el 15 de Agosto de 2019, de <https://www.qmayor.com/opinion/personas-mayores-tics/>
- Rivera Ramírez, L. (2016). *Perfil cognitivo y funcional en una muestra de pacientes con demencia por Alzheimer previamente clasificados con presencia o ausencia del gen ApoE4 del Hospital Carlos Andrade Marín*. Quito: UIDE.
- Robalino, J. (9 de Julio de 2012). *Los trastornos cognitivos en adultos mayores*. Obtenido de Instituto de Neurociencias: <https://institutoneurociencias.med.ec/blog/item/848-los-trastornos-cognitivos-en-adultos-mayores>
- Robotrónica. (s.f.). *AliveRobots*. (Robotrónica) Recuperado el 23 de Junio de 2019, de <https://aliverobots.com/nao/>
- Salech, F., Jara, R., & Michea, L. (2012). Physiological changes associated with normal aging. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 19-29.
- Sandoval Benítez, E. (2012). *Interacción Humano Robot y sus aplicaciones educativas*. Ciudad de México.
- Santariano, A., Peltier, E., & Kostyukov, D. (30 de Noviembre de 2018). *Zora, el robot que cuida ancianos*. (The New York Times ES) Recuperado el 18 de Junio de 2019, de <https://www.nytimes.com/es/2018/11/30/zora-robot-ancianos-francia/>

- Satariano, A., Peltier, E., & Kostyuk, D. (23 de Noviembre de 2018). *Meet Zora, the Robot Caregiver*. Obtenido de The New York Times:
<https://www.nytimes.com/interactive/2018/11/23/technology/robot-nurse-zora.html?searchResultPosition=2>
- Saunderson, S., & Nejat, G. (2019). It Would Make Me Happy if You Used My Guess: Comparing Robot Persuasive Strategies in Social Human–Robot Interaction. *IEEE Robotic and Automation Letters*, 4(2), 1707- 1714.
- Saygin, A., Chaminade, T., Ishiguro, H., Driver, J., & Frith, C. (2012). The thing that should not be: predictive coding and the uncanny valley in perceiving human and humanoid robot actions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 413–422.
- Shatil, E. (2013). Does combined cognitive training and physical activity training enhance cognitive abilities more than either alone? A four-condition randomized controlled trial among healthy older adults. *Aging Neurosci*, 5(8), 1-12. Obtenido de <https://www.cognifit.com/es/estimulacion-cognitiva-envejecimiento-activo>
- Softbank Robotics. (2018). *NAO6*. Obtenido de Softbank Robotics:
<https://www.softbankrobotics.com/emea/en/nao>
- Torres Salamea, H., Sari Cedillo, P., Alvarado Cando, O., & Auquilla, A. R. (2019). Health Care in the Older Adult by Means of a Bioloid Robot as a Social Assitive to Motivate Physical Exercise. *2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC)*, 508-513.
- Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. (2018). *Plan Estratpegico de Desarrollo Institucional 2018-2021*. Sangolquí.

University of Notre Dame. (2014). *The Nao-Base. Special Movements*. Obtenido de University of Notre Dame: <https://funlab.nd.edu/the-nao-base/special-movements/>

Vilatuña Salguero, F. E. (2018). *Desarrollo de un sistema básico de robótica de entretenimiento persuasivo basado en el sistema humanoide NAO*. Sangolquí.

Anexos