|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | **FACULTAD DE INGENIERÍA**  **MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN** | |
| **TRABAJO DE GRADO – PROPUESTA DE PROYECTO – PZ-2019-1-XX** | | | |
| **TÍTULO DEL PROYECTO** | **Dauruxü: Detección de estados de ánimo de personas y sus actividades para el apoyo en el diagnóstico de trastornos psicológicos en FRPO** | | |
| **DATOS DEL ESTUDIANTE** | **Ronald Fernando Rodríguez Barbosa** | **CORREO**  **ELECTRÓNICO** | [rfernandorodriguez@javeriana.edu.co](mailto:rfernandorodriguez@javeriana.edu.co) |
| CC 80.927.833 | [ronaldraxon@gmail.com](mailto:ronaldraxon@gmail.com) |
| **DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**  **ASESOR (opcional)** | Ing. Enrique González PhD | **MODALIDAD** | Investigación |
| [egonzal@javeriana.edu.co](mailto:egonzal@javeriana.edu.co) | **ÁREA DE ÉNFASIS** | Sistemas Inteligentes |
|  | **GRUPO Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** | SIRP |
|  | Sub-línea - Sistemas Inteligentes |

|  |  |
| --- | --- |
| **OBJETIVOS** | **Objetivo General**  Diseñar una arquitectura para la detección de estados de ánimo de personas y sus actividades, mediante la captura de video convencional no intrusivo y técnicas de inteligencia artificial, con el fin de brindar indicadores que apoyen el diagnóstico de trastornos psicológicos y la materialización factores de riesgo psicosocial ocupacional (FRPO) en ambientes de oficina.  **Objetivos Específicos**   1. Analizar las técnicas, modelos y herramientas orientadas al reconocimiento de personas, expresiones faciales, posturas y acciones para la identificación de comportamiento, estados de ánimo y trastornos psicológicos. 2. Diseñar una arquitectura para el seguimiento continuo de estados de ánimo de personas y actividades dentro de un contexto laboral, para la obtención de indicadores relacionados con trastornos psicológicos y materialización de factores de riesgo psicosocial ocupacional (FRPO) en ambientes de oficina. 3. Evaluar la precisión y utilidad potencial de la arquitectura propuesta, mediante su implementación parcial y puesta en operación controlada. |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA**  **DE**  **INVESTIGACIÓN**  **O**  **APLICACIÓN** | Existen situaciones en el entorno laboral, que pueden influir sobre la salud de las personas. A estas situaciones, se les conoce como factores de riesgo ocupacional y son definidas como las posibles causas que pueden ser responsables de una enfermedad, lesión o daño, como consecuencia de la actividad que se realiza o el medio en el cual se permanece durante el desempeño de la actividad [1][2]. Dentro del contexto mencionado, se pueden encontrar factores de riesgo de tipo químico[3]; factores de riesgo de tipo biológico [4]; factores de riesgo ambiental [5] y factores de riesgo de tipo psicosocial ocupacional (FRPO). Los FRPO involucran aspectos físicos del entorno laboral como el ruido, la iluminación o la temperatura del entorno [6][7] y aspectos psicológicos en las personas como la monotonía, el estrés y la fatiga laboral causada por la carga de trabajo o el exceso de horas trabajadas [8]. Los aspectos psicológicos de los FRPO serán la motivación principal del presente proyecto.  Dentro del contexto de los FRPO, existen investigaciones en las que se demuestra que algunas condiciones laborales, generan efectos relacionados con la salud física como los desórdenes musculo esqueléticos [9] o la conducta de las personas como el sedentarismo [10]. Por otra parte, existen otros estudios que evidencian efectos relacionados con la salud mental como el estrés [11] y trastornos psicológicos como la ansiedad [12] o la depresión [13]. En Colombia, el Ministerio de Salud reportó un total de 9.653 casos de enfermedades de naturaleza laboral durante el 2017, manifestados en diferentes actividades económicas como: comercio, hoteles, restaurantes, servicios domésticos, entre otros [14]. Adicionalmente, se registró un total de 1.078 casos críticos de salud mental por exposición a factores de riesgo psicosocial ocupacional, de los cuales 165 casos ocurrieron en la ciudad de Bogotá. Esta problemática crece año a año, según las estadísticas del Observatorio Nacional de Salud Mental [15].  En la actualidad, existen métodos que facilitan la evaluación de FRPO y que se han desarrollado a partir de la integración de modelos, que explican los mecanismos de generación de estrés asociados al trabajo. Blach, Sahagun y Cervantes, exponen un trabajo en el que consolidan los principales cuestionarios para la evaluación de FRPO [16]. Sin embargo, estos procedimientos son susceptibles a la variabilidad e incluso subjetividad en las medidas [17], ya que la evaluación se realiza mediante cuestionarios relacionados a aspectos y/o procesos laborales, que no son observados directamente por los especialistas en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), sino que son referidos por los trabajadores [18].  Existen referentes que han abordado algunos aspectos relacionados con la salud mental de las personas en el entorno laboral [19][20]. Algunos de estos trabajos, han dado como resultado, soluciones tecnológicas para el monitoreo de algunos aspectos específicos de los FRPO que van desde la implementación de controles de carga en las extremidades y otras partes del cuerpo a partir de sensores [21], hasta la evaluación de estrés en personas, empleando imágenes de electroencefalograma [22]. Trabajos como los de Zack Zhu [23] o Raffaele Gravina [24], sugieren perspectivas alternativas, basadas en el reconocimiento de estado de ánimo, a partir de la captura de señales con dispositivos electrónicos portátiles. Si bien estos avances representan un gran potencial para la industria de manufactura, la construcción, entre otros [25], existen estudios como el de Shall Mark [26], en el que se manifiestan como limitaciones para su adopción, las implicaciones de costo; la interrupción de las actividades laborales, el carácter intrusivo representado en la incomodidad con los dispositivos y la privacidad de las personas.  Otras aproximaciones, abordan la captura e integración con otras fuentes de datos, dando como resultado arquitecturas multimodales [27][28], en los que se aprovecha el procesamiento de imágenes de video, texto, señales, entre otros, para soportar el diagnóstico de emociones [29]. Trabajos como el de Le Yang [30] y Poria Soujana [31] sugieren la fusión de análisis de la paralingüística, la captura de respuesta de entrevistas, características del rostro que ha sido abordada ampliamente [32]-[35], y el movimiento de los ojos [36]. En estas aproximaciones, se evidencia un aporte significativo en el análisis de patrones de voz, y se abordan algunos aspectos de interés dentro de la evaluación de FRPO. Sin embargo, el modo de video utilizado en las publicaciones mencionadas, se enfocan sólo en el reconocimiento facial, requiriendo la captura de primer plano del rostro de las personas y el uso de sensores, cuya implementación tiene algunas limitaciones como se mencionó anteriormente. Adicionalmente, no se incluyen mecanismos en el que se realice un monitoreo constante.  Dado al abordaje que se la hado dado a los aspecto psicológicos ocupacionales con la falta de observación directa, la carencia de un seguimiento automático e inteligente y las limitaciones de índole intrusivo, surge la pregunta: **¿Cómo calcular indicadores relacionados con trastornos psicológicos para el monitoreo y evaluación factores de riesgos psicosociales ocupacionales, mediante un seguimiento automático no intrusivo, utilizando técnicas de inteligencia artificial y visión por computadora?**  Para calcular los indicadores, el presente proyecto se enfocará en el diseño de mecanismos para la observación de forma continua de un conjunto de estados de ánimo y las actividades de una persona. Dichos mecanismos, extraerán información de características diversas como las emociones y escenarios que se desarrollen durante la jornada laboral, relacionados con FRPO. Adicionalmente se diseñarán mecanismos que integrarán la información extraída y con ello, se conformará una serie de indicadores relacionados con trastornos psicológicos, para asistir al monitoreo y evaluación de FRPO. El reto tecnológico, está representado en tres aspectos principales: El primero, corresponde al procesamiento de imágenes provenientes de cámaras convencionales, que son susceptibles a limitaciones como la posición y los datos que pueden proporcionar. El segundo, implica el seguimiento continuo e inteligente para la extracción de características y el cálculo de indicadores relacionados con estado de ánimo y las actividades. El tercer aspecto, corresponde a la integración de la información mencionada anteriormente, para la conformación de indicadores de hábitos relacionados con trastornos psicológicos y la materialización de riesgos ocupacionales.  Los aspectos mencionados, se abordarán mediante la investigación y complementación de mecanismos para el reconocimiento de personas, sus posturas, expresiones faciales y corporales [41][42]. Con estos mecanismos, se extraerán indicadores a partir de métricas como la cantidad de veces en las que se ha manifestado tristeza o enojo. Por otra parte, estará el cálculo de indicadores relacionados con actividades desarrolladas durante la jornada laboral. En este caso, se identificará si una persona ha permanecido por más tiempo del normal en las instalaciones, si ha adoptado una conducta sedentaria, o si ha manifestado episodios constantes de insomnio. Para la concepción de los indicadores, se tomará como referencia cuestionarios o instrumentos manuales como el inventario de Beck [43], la escala PHQ-8 [43], entre otros [44], [45]. Para el aspecto de la captura y el procesamiento de bajo nivel de las imágenes, se emplearán herramientas existentes. Sin embargo, existen escenarios en el que para la captura y seguimiento continuo de una persona, se requerirá el procesamiento de múltiples características de la misma fuente. Adicionalmente, la persona puede ser identificada a través de una cámara en un momento determinado y posteriormente cambiar su posición y ser identificada por otra cámara. Este tipo de problemáticas, han sido abordadas mediante arquitecturas basadas en agentes [46]-[49] en las que se definen tareas para su solución especializada, concurrente mediante la definición de estrategias de cooperación. Estas arquitecturas, brindan otros atributos como la concepción modular y la escalabilidad para desarrollo de sistemas distribuidos [50][51], que son relevantes para el diseño de los mecanismos, dentro de este proyecto.  El caso de referencia seleccionado para este proyecto, es la oficina del área de consultoría y transformación digital de la empresa Vector ITC Colombia. Este escenario tiene afinidad con la problemática propuesta y se cuenta con la colaboración de la empresa mediante la asesoría del área de Personas y Cultura que se encarga del bienestar físico y psicológico de los trabajadores; el acceso a las imágenes de video y la colaboración de las personas para la experimentación. |
| **METODOLOGÍA** | |
| **DESCRIPCIÓN GENERAL** | El presente proyecto se basará en el ciclo básico de ingeniería y se llevará a cabo en 3 fases principales consecutivas:   1. Investigación y análisis. 2. Diseño. 3. Evaluación.   En la primera fase, se realizará una investigación exploratoria, con el fin de caracterizar los aportes y limitaciones de los trabajos y publicaciones en los que se aborda la detección e identificación de personas, emociones y trastornos psicológicos. Posteriormente, se profundizará la investigación en los aspectos psicosociales relevantes en la evaluación de FRPO, los procedimientos y los instrumentos utilizados para su medición. De este procedimiento, se obtendrán las características o escenarios de mayor relevancia para el diseño de los mecanismos e indicadores, para el apoyo en la evaluación de FRPO. A partir de la investigación y definiciones anteriores, se llevará a cabo una evaluación sistemática de las herramientas y marcos de trabajo disponibles que puedan ser utilizados para el diseño y posterior validación de la arquitectura.  En la segunda fase se contemplan dos partes. En la primera parte, se llevará a cabo la captura en video para la extracción de características antropométricas que se usarán el reconocimiento individual y la captura escenarios simulados, que conformarán el conjunto de datos para el entrenamiento, validación y pruebas de los mecanismos de clasificación y extracción de indicadores. La definición de los escenarios, se realizará con el apoyo y acompañamiento de los especialistas en psicología y SST. En la segunda parte, se efectúa diseño iterativo de la arquitectura definiendo los componentes para la extracción de características a partir de imágenes de video. Para cada iteración, se evalúan de forma sistemática los mecanismos de reconocimiento, los indicadores relacionados con trastornos psicológicos y materialización de FRPO. Es importante aclarar, que dentro de esta etapa no se contemplará el diseño o desarrollo de mecanismos de procesamiento de imágenes de nivel bajo para su limpieza o segmentación. El enfoque del diseño de la arquitectura, será la captura de video no intrusiva; el reconocimiento de estados de ánimo y actividades en un alto nivel y la interacción inteligente de entre componentes, para la extracción de características e indicadores orientados a dar soporte en la evaluación de factores de riesgo psicosocial y trastornos psicológicos.  En la tercera fase, se realizará una evaluación de la arquitectura en un entorno real, mediante la implementación parcial de los mecanismos y su puesta en operación controlada. Para dicha evaluación se diseñará un protocolo experimental diseñado y se efectuará una evaluación de utilidad efectuando una prueba de concepto, en la que el personal del área de Personas y Cultura de la empresa Vector ITC Colombia, evalúa los indicadores propuestos, dentro de un proceso de evaluación de FRPO. |
| **FASE 1**  **INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS** | Durante esta fase, se realiza una investigación exploratoria, profundizando y analizando los trabajos y publicaciones sobre las técnicas y modelos para la detección de personas, emociones y trastornos psicológicos como el estrés severo, la ansiedad y la depresión a partir del procesamiento de imágenes de los gestos, posturas, expresiones faciales, acciones y comportamiento. Dentro de la revisión se tendrán en cuenta las publicaciones relacionados con instrumentos y cuestionarios de medición de aspectos psicológicos relevantes para el diagnóstico de emociones y trastornos psicológicos con el fin de identificar características que no se hayan utilizado que puedan ser potenciales descriptores para los modelos que se contemplarán en el diseño.  A partir de la base de artículos obtenida, se enlistarán los requisitos del contexto para el diseño de mecanismo para el seguimiento continuo mediante captura de video convencional existentes en las instalaciones y se establecerá una lista de características en conjunto con el área de Personas y Cultura, haciendo énfasis en los aspectos que pueden proporcionar mayor valor en un proceso de evaluación de riesgos psicosociales. Posteriormente, se realizará un cuadro comparativo que identifique y relacione claramente los aportes de cada uno de los trabajos. Se establecerá un proceso de evaluación a partir de criterios, en donde se identifique el objetivo; los canales de datos que utiliza; los mecanismos de inteligencia artificial; las bases conceptuales e instrumentos de medición de aspectos psicológicos; las bases de datos utilizadas y al menos 2 aportes, por cada uno. Por cada una de las publicaciones o trabajos, se profundizará y se establecerá su aplicabilidad dentro del proyecto de investigación, valorando en una escala de 1 a 3 su nivel de relevancia, para el diseño de la arquitectura.  Posteriormente, se realizará una revisión de las herramientas y marcos de trabajo disponibles para el diseño y posible implementación de la arquitectura. Al igual que la evaluación de los aportes, se realizará una preselección siguiendo una calificación criterios, entre los cuales se considerará: licenciamiento libre, lenguajes soportados, cantidad de funcionalidades, posibilidad de extensibilidad de sus funciones, tipos de procesamiento de nivel bajo, medio y alto de imágenes, posibilidad integración con sistemas adicionales y documentación existente. Para la ejecución de la evaluación, se realizara la instalación e implementación de un código básico de prueba en las alternativas seleccionadas, tomando como base de datos una de los bancos de videos públicos utilizados en los retos y talleres de reconocimiento audio-visual de emociones (Audio/Visual Emotion Challenge and Workshop - AVEC) con las características más similares a las del caso de referencia. La calificación de las herramientas se efectuará de manera sistemática, y se utilizará aquella o aquellas que obtengan la mejor calificación en los criterios. Finalmente, el resultado de la investigación se plasmará en la redacción de un artículo de revisión, el cual será presentado en un llamado de trabajos de un congreso académico nacional.  Debido a la extensibilidad de la investigación exploratoria, el proceso de socialización con los especialistas y el alcance de las pruebas de las herramientas y marcos de trabajo, la presente etapa tendrá una duración de un semestre con las siguientes actividades:   |  |  | | --- | --- | | Actividad | Entregable o resultado | | A1-1. Investigación exploratoria de mecanismos de detección y medición de emociones y trastornos psicológicos. | 1A.Documento del estado del arte con análisis de las técnicas, modelos para la detección emociones, trastornos psicológicos e instrumentos de medición psicológica. | | A1-2. Elaboración de lista de aspectos y características relacionadas con FRPO. | 1B.Documento con especificación de aspectos y características relacionadas con FRPO. | | A1-3. Revisión y análisis de herramientas y marcos de trabajo. | 1C.Documento de comparación de herramientas | | A1-4. Elaboración de artículo científico de revisión y comparación | 1D.Documento de artículo científico | |
| **FASE 2**  **DISEÑO** | En esta fase, se diseñará una arquitectura con la que realizará la captura no intrusiva de imágenes de video, haciendo el uso las cámaras existentes en las instalaciones de oficina (cámaras web instaladas en los computadores y cámaras de seguridad). Las imágenes serán utilizadas para la identificación de estado de ánimo y actividades de una persona durante el trascurso del día. La arquitectura tendrá en cuenta aspectos como condiciones del entorno, ubicación de las cámaras existentes, su resolución captura, y las condiciones en que las imágenes son almacenadas y pueden ser extraídas, cuidando la privacidad de las personas que no autoricen el tratamiento de datos personales. La fase 2 se desarrollará en dos partes que se describen a continuación:  En la primera parte, se conformará un documento con la definición de la captura de las características antropométricas de personas que interpretarán algunos escenarios simulados. Con la colaboración y capacitación de personal del área de Personas y Cultura, se capturarán en video, escenarios en el que los trabajadores simulan o dramatizan emociones positivas, negativas y situaciones de estrés, ansiedad o depresión. Con ello, se realizará un etiquetado de los videos, demarcando la presencia de los aspectos mencionados para soportar la definición de los mecanismos de reconocimiento. Posteriormente, se desarrollará una parte de la metodología CRISP-DM [37], en la que se definirán los indicadores relacionados con trastornos psicológicos y la materialización de FRPO, con el apoyo Personas y Cultura. Utilizando algunas de las herramientas que se determinaron como potenciales en la fase 1. Con ello, se determinarán los procesos pertinentes para la limpieza, preparación y conformación de las bases de entrenamiento, validación y pruebas. En la etapa modelamiento bajo la misma metodología, se compararán los modelos y algoritmos sugeridos por la literatura, para la clasificación de aspectos relevantes y los mecanismos con mejores resultados para un aprendizaje orientado al contexto de FRPO. Los modelos seleccionados, serán validados con las muestras extraídas inicialmente y se establecerá un registro detallado de los resultados y las características de los modelos utilizados.  En la segunda parte, se efectuará el proceso de diseño, en el que definen los aspectos a tener en cuenta en la captura de imágenes en tiempo real, su procesamiento; el reconocimiento de entidades y escenarios a través de los modelos definidos; la persistencia de características y la inferencia de condiciones a partir de las mismas. El diseño de la arquitectura estará basada en agentes, los cuales serán especializados en el reconocimiento de imágenes donde se encuentre una persona, sus estados de ánimo, actividades y el cálculo de indicadores relevantes. Un ejemplo de cooperación entre los agentes, será la sincronización del reconocimiento de las personas en el momento de que dejen de ser capturadas por una cámara y comiencen a ser capturadas por otras. De la misma forma, la sincronización y cooperación se efectuará entre la captura de cámaras de seguridad y la captura desde una cámara web con el fin de complementar datos de alta relevancia. Adicionalmente, se incorporarán agentes encargados de los aspectos de temporalidad para determinar acciones y posturas en periodos de tiempo prolongado y que se presente con frecuencia para el cálculo los indicadores. La metodología que se utilizará para la especificación de los objetivos mencionados; las habilidades específicas de los agentes; los recursos y la cooperación entre los agentes mencionados, será AOPOA [38]. Finalmente se diseñarán los mecanismos de inferencia para determinar los cambios de estados de ánimo, pre-diagnosticar trastornos psicológicos y conjuntos de acciones que hagan parte de un comportamiento o hábito y que puedan ser relevantes para la identificación de condiciones laborales dentro del contexto de FRPO.  El proceso de diseño tendrá un desarrollo iterativo e incremental, en el que se realizará una validación constante de los mecanismos, indicadores, obteniendo una retroalimentación del personal del área de Personas y Cultura, respecto a los resultados obtenidos. Por lo tanto, teniendo en cuenta el nivel de profundización con el que se efectuarán las tareas, la fase 2 tendrá una duración de un semestre con las siguientes actividades y entregables:   |  |  | | --- | --- | | Actividad | Entregable o resultado | | A2-1. Diseño de arquitectura. | 2A. Documento con la descripción de la arquitectura para el monitoreo extracción de indicadores relacionadas con FRPO | | A2-2. Diseño detallado de agentes e interacciones. | 2B. Documento del diseño detallado del sistema multi-agente. | | A2-3. Definición de escenarios para conformar las bases de entrenamiento, validación y prueba. | 2C. Documento de descripción de escenarios para el levantamiento de bases de datos de imágenes. | | A2-4. Captura de imágenes de video con dramatización de escenarios para la conformación de modelos. | 2D. Copia de base de datos para el diseño y validación de modelos de reconocimiento | | A2-5. Entendimiento de datos | 2E. Documento con el desarrollo de entendimiento de los datos. | | A2-6. Limpieza y preparación de los datos | 2F. Documento con la descripción del proceso de limpieza y preparación de los datos. | | A2-7. Caracterización de modelos, definición y evaluación | 2G. Documento de caracterización del modelo de reconocimiento de personas, estados de ánimo y pre-diagnóstico de trastornos psicológicos y los mecanismos de inteligencia artificial para clasificación a partir de imágenes de video. | | A2-8. Definición de modelos mecanismos de inteligencia artificial para la inferencia de estados de ánimo, trastornos psicológicos | | A2-9. Evaluación y prueba de modelos | 2H. Documento con los resultados de precisión y estructura de los modelos con mejores resultados. | |
| **FASE 3**  **EVALUACIÓN** | Una vez definido el documento de diseño de arquitectura, sistema multi-agente y mecanismos de inteligencia artificial, se desarrollará la fase 3 y que estará compuesta de dos partes. En la primera parte, se ejecutará el proceso de implementación de la solución. El desarrollo se llevará a cabo, tomando como referencia la metodología ágil SCRUM [39], definiendo un back-log con las características o historias y evaluando la cantidad de puntos para cada actividad. Posteriormente, se conformarán los sprints, con el conjunto de historias correspondientes para la fase del proyecto. Posteriormente, se evaluará la capacidad de clasificación de la arquitectura, a partir de su porcentaje de precisión y tiempos de respuesta en cada uno de los siguientes aspectos: detección y clasificación de estados de ánimo; detección y clasificación de actividades y pertinencia de los indicadores relacionados con trastornos psicológicos y materialización de FRPO. Por su parte, la utilidad de la arquitectura será evaluada basándose factor de utilidad percibida del modelo de aceptación de tecnología TAM[40], durante la realización de trabajo de campo para la identificación y evaluación de consecuencias o daños de origen psicosocial. Se generará un cuestionario para efectuar la evaluación y se solicitará al personal de personas y Cultura que realice una calificación de la relevancia y pertinencia de los valores de los indicadores obtenidos por los mecanismos. Adicionalmente, darán un punto de vista cualitativo del nivel de impacto para la organización y en el proceso de evaluación de FRPO.  Para la selección de personas que serán monitoreadas de manera simulada (capturas de video con actuación de escenarios y definidas en el protocolo experimental) y no simulada (capturas de video sin actuación), se redactará un documento de autorización de tratamiento de datos, siguiendo las disposiciones generales de la ley 1581 de protección de datos personales, en el que especificará de manera explícita la forma de captura y tratamiento de los datos obtenidos a través de las imágenes de video. Las personas que estén de acuerdo en participar del proyecto, se les informará y firmarán una copia de dicho documento en que autorizan el tratamiento de sus datos para fines académicos. Las personas que no estén de acuerdo y no otorguen la autorización, serán excluidas de los experimentos y sus datos no serán tratados.  La implementación parcial, involucra la intervención del sistema centralizado de recepción de imágenes capturadas por las cámaras de video así como los dispositivos de almacenamiento (para el caso de las cámaras de vigilancia). Adicionalmente se determinará la forma en que las cámaras están conectadas, el formato y la calidad de los videos. Se realizarán dos sesiones de toma: la primera con aspectos controlados en los que captura varios entornos con la presencia de una persona reconocida previamente por los mecanismos. En la segunda sesión, se realizará el ejercicio en un escenario libre, en el que intervendrán nuevas personas previamente reconocidas, en diferentes entornos. Este ejercicio tendrá como fin, determinar el comportamiento de la arquitectura y determinar las limitaciones. El proceso de captura de ambas sesiones, tendrá una duración de 1 mes y se contará con la compañía del personal del área de Personas y Cultura. Finalmente, la arquitectura y los resultados del proyecto, se plasmarán en la redacción de un artículo científico, el cual será presentado en un llamado de trabajos de un congreso académico nacional o internacional.  Teniendo en cuenta la envergadura de la implementación y la profundización con el que se efectuarán las tareas, la fase 3 tendrá una duración de un semestre con las siguientes actividades y entregables:   |  |  | | --- | --- | | Actividad | Entregable o resultado | | A3-1. Diseño del protocolo experimental y definición de encuesta de utilidad percibida. | 3A. Documento del protocolo experimental y encuesta de utilidad percibida. | | A3-2. Montaje del escenario real y levantamiento de imágenes mediante cámaras de video. | 3B. Base de datos con imágenes de video para pruebas y cartas de consentimiento informado. | | A3-3. Desarrollo del prototipo funcional. | 3C. Código fuente, documentación técnica y manuales de uso del software | | A3-4. Evaluación de la arquitectura. | 3D. Resultados del protocolo experimental y la evaluación de utilidad percibida. | | A3-5. Elaboración de artículo sobre la arquitectura propuesta y sus resultados. | 3E. Documento de artículo con la arquitectura propuesta y sus resultados. | |
| **RESULTADOS ESPERADOS** | |
| **ASIGNATURA MISyC PROYECTO 1** | 1A Documento de estado del arte, con las ecuaciones de búsqueda y estadísticas bibliográficas, el análisis, la evaluación y el cuadro comparativo de los trabajos relacionados con las técnicas, modelos y herramientas, para la detección de emociones y estados de ánimo y una lista de descriptores potenciales en la interpretación del lenguaje corporal o aspectos psicológicos relevantes. |
| 1B Documento con especificación de aspectos y características relacionadas con FRPO. |
| 1C Documento con la extracción, caracterización, evaluación y cuadro comparativo de herramientas y/o marcos de trabajo que puedan soportar el diseño de la arquitectura |
| 1D Documento de artículo científico en el que se realizará una revisión y comparación de técnicas, modelos y herramientas potenciales para el reconocimiento de emociones y estados de ánimo. La publicación del artículo será en un congreso académico. |
| **ASIGNATURA MISyC PROYECTO 2** | 2A Documento con la descripción de la arquitectura para el monitoreo extracción de los indicadores relacionadas con FRPO |
| 2B Documento del diseño detallado del sistema multi-agente e interacciones. |
| 2C Documento de descripción detallada de escenarios, condiciones de captura de cámaras, personas involucradas, estados de ánimo a capturar para la posterior interpretación y levantamiento de bases de datos de imágenes. |
| 2D Copia de base de datos para el diseño y validación de modelos de reconocimiento. |
| 2E Documento con el desarrollo de entendimiento de los datos. |
| 2F Documento con la descripción del proceso de limpieza y preparación de los datos. |
| 2G Documento decaracterización de los modelo de reconocimiento de estados de ánimo, actividades; los mecanismos de inteligencia artificial para clasificación a partir de imágenes de video, y los mecanismos para la obtención de indicadores. |
| 2H Documento con los resultados de precisión y estructura de los modelos y mecanismos con los mejores resultados. |
| **ASIGNATURA MISyC PROYECTO 3** | 3A Documento de definición de la validación experimental y evaluación de utilidad percibida. |
| 3B Base de datos con imágenes de video para pruebas y cartas de consentimiento informado. |
| 3C Código fuente, documentación técnica y manuales de uso del software con la implementación de la arquitectura propuesta. |
| 3D Documento de la validación experimental con los resultados de precisión y evaluación de utilidad percibida. |
| 3E Artículo de la arquitectura y evaluación de la solución. En el artículo se presentará la problemática, el caso de referencia, la arquitectura propuesta los resultados de la evaluación y su utilidad en una evaluación de factores de riesgo psicosocial. Este artículo será presentado para publicación en una revista indexada nacional o internacional. |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROSPECTIVA DE INNOVACIÓN** | |
| **POTENCIAL DE INNOVACIÓN** | La novedad de este trabajo radica en la integración de la captura y reconocimiento de expresiones faciales, corporales y seguimiento al comportamiento de las personas de forma personalizada. Adicionalmente, tendrá en cuenta aspectos de temporalidad, para apoyar a la identificación de condiciones con un alto potencial de materialización de riesgo psicosocial. Esta arquitectura, proporcionará indicadores relacionados de trastornos psicológicos o escenarios que puedan llevar a una persona a adquirir alguna condición física y/o mental desfavorable, de una forma no intrusiva y reduciendo la necesidad del uso de sensores. Si bien dichos dispositivos no están descartados para posibles mejoras a futuro, dichos sensores deberán tener la particularidad de que no representen algún tipo de incomodidad para las personas y que no vulneren su privacidad. Adicionalmente, la arquitectura será flexible para su instalación en el sitio, o bien para su implementación con apoyo de infraestructura de la nube. No implicará costos de instalación de dispositivos de captura de video en algunos casos, pues se podrán utilizar las cámaras existentes. Por otra parte, la arquitectura representará una forma viable de adquirir datos para futuras investigaciones y colaborar con algunos requisitos dispuestos en la resolución 2646 de 2008, específicamente en los artículos 4 y 9 en los que los empleadores, deben brindar información actualizada sobre efectos de factores psicosociales. La oportunidad comercial de esta iniciativa, podría ofrecer servicios de monitoreo por demanda, con el fin de entregar informes o valoraciones de los factores de riesgo psicosociales latentes en lugares de trabajo. |
| **PROPIEDAD INTELECTUAL** | Esta investigación se desarrolla en forma independiente en colaboración y auspicio de la empresa Vector ITC Colombia. Los resultados del proyecto de investigación podrán ser utilizados por las instituciones aliadas únicamente para fines de investigación, y no habrá posibilidad de aprovechamiento económico, sin autorización de la empresa Vector ITC Colombia. |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **CRONOGRAMA** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **ASIGNATURA MISyC PROYECTO 1** | **Semanas** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** |
| **A1-1** | X | X | X | X | X | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **A1-2** |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **A1-3** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X | X | X | X | X |  |  |
| **A1-4** |  |  |  |  | X | X | X |  |  |  |  |  |  | X | X | X | X | X |
| **Entregas** |  |  |  |  |  |  | 1A |  | 1B |  |  |  |  |  |  | 1C |  | 1D |
| **ASIGNATURA MISyC PROYECTO 2** | **Semanas** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** |
| **A2-1** | X | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **A2-2** |  | X | X | X | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **A2-3** |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **A2-4** |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **A2-5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  |  |  |  |
| **A2-6** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X |  |  |  |  |  |
| **A2-7** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X | X | X |  |
| **A2-8** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X |
| **A2-9** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Entregas** |  |  | 2A |  |  | 2B | 2C |  | 2D |  | 2E |  | 2F |  |  |  | 2G | 2H |
| **ASIGNATURA MISyC PROYECTO 3** | **Semanas** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** |
| **A3-1** | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **A3-2** | X | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **A3-3** |  |  |  | X | X | X | X | X | X | X | X |  |  |  |  |  |  |  |
| **A3-4** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X | X | X |  |  |
| **A3-5** |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X | X | X | X | X |
| **Entregas** |  | 3A | 3B |  |  |  |  |  |  |  | 3C |  |  |  |  | 3D |  | 3E |

|  |  |
| --- | --- |
| **IMPACTOS POTENCIALES** | |
| **DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO** | El modelo desarrollado en el proyecto representa una alternativa de apoyo a la evaluación de factores de riesgo psicosocial ocupacional para ser aplicado en el contexto colombiano y es lo suficientemente genérico par ser aplicado a otros problemas como análisis de satisfacción en locales comerciales o medición de déficit de atención en aulas de clase. |
| Los modelos de clasificación, así como los métodos de extracción de características y su uso para la complementación de indicadores, representan una herramienta con un alto potencial de aporte en futuras investigaciones relacionadas con trastornos psicológicos. |
| **IMPACTO Y PROYECCIÓN EN LA SOCIEDAD** | Este seguimiento, a un conjunto de eventos capturados de forma no intrusiva, como la cantidad de veces en las que se ha detectado tristeza, ansiedad o enojo, permitiría realizar acciones rápidas y oportunas en la prevención de trastornos, asociadas a FRPO. |
| La comunidad orientada a psicología o la seguridad y salud del trabajo contará con una herramienta que facilitará el trabajo de valoración de condiciones de salud mental, de una forma individualizada en compañías o lugares con un número elevado de personas. |
| **ASPECTOS**  **ÉTICOS Y**  **AMBIENTALES** | Antes de realizar las pruebas, se les informará a las personas sobre el manejo de la información que se va a recolectar. Nunca se publicará información en forma individual, siempre serán datos consolidados. Las personas muestreadas firmaran primero el formato de consentimiento informado el cual se anexará a los documentos de entrega. |
| En el momento que la arquitectura propuesta en el presente proyecto fuese puesto en producción con fines comerciales, se incorporarán mecanismos para censurar u ocultar la identidad de las personas que no hayan autorizado el manejo de sus datos personales, en conformidad con la ley 1581 de 2012. |

|  |
| --- |
| **BIBLIOGRAFÍA** |
| [1] Ministerio de la protección social, "Resolución 2646 de 2008," 2008.  [2] M. Rodríguez, "Factores Psicosociales de Riesgo Laboral: ¿Nuevos tiempos, nuevos riesgos?" *Observatorio Laboral Revista Venezolana,* vol. 2, *(3),* pp. 127-141, 2009. Available: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=2995368>.  [3] H. E. Landberg, H. Westberg and H. Tinnerberg, "Evaluation of risk assessment approaches of occupational chemical exposures based on models in comparison with measurements," *Safety Science,* vol. 109, pp. 412-420, 2018. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753517315631>. DOI: 10.1016/j.ssci.2018.06.006.  [4] C. R. N. CORRAO *et al*, "Biological Risk and Occupational Health," *Industrial Health,* vol. 50, *(4),* pp. 326-337, 2012. Available: <https://jlc.jst.go.jp/DN/JALC/10007643537?from=SUMMON>. DOI: 10.2486/indhealth.MS1324.  [5] E. G. Marshall *et al*, "Work-Related Unintentional Injuries Associated With Hurricane Sandy in New Jersey," *Disaster Medicine and Public Health Preparedness,* vol. 10, *(3),* pp. 394-404, 2016. Available: <https://www-cambridge-org.ezproxy.javeriana.edu.co/core/article/workrelated-unintentional-injuries-associated-with-hurricane-sandy-in-new-jersey/AB0220A1F1E274EA41B0C2A33D0F2DCB>. DOI: 10.1017/dmp.2016.47.  [6] P. Nataletti *et al*, "Occupational Exposure to Mechanical Vibration: The Italian Vibration Database for Risk Assessment," *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics,* vol. 14, *(4),* pp. 379-386, 2008. Available: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10803548.2008.11076775>. DOI: 10.1080/10803548.2008.11076775.  [7] Raúl Mirza *et al*, "Occupational Noise-Induced Hearing Loss," *Journal of Occupational and Environmental Medicine,* vol. 60, *(9),* pp. e501, 2018. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30095587>. DOI: 10.1097/JOM.0000000000001423.  [8] V. Forastieri, "Psychosocial risks and work-related stress," Jul, 2013.  [9] V. Putz-Anderson, B. P. Bernard and National Institute for Occupational Safety and Health, *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors : A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back.* 1997Available: <http://hdl.handle.net/2027/uc1.31210011098603>.  [10] Morales D. Diana, "Trabajo por turnos y presencia de obesidad en los trabajadores: Una revisión sistemática exploratoria," Jan 1, 2014.  [11] K. Azuma *et al*, "Prevalence and risk factors associated with nonspecific building‐related symptoms in office employees in Japan: relationships between work environment, Indoor Air Quality, and occupational stress," *Indoor Air,* vol. 25, *(5),* pp. 499-511, 2015. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ina.12158>. DOI: 10.1111/ina.12158.  [12] L. Wiegner *et al*, "Prevalence of perceived stress and associations to symptoms of exhaustion, depression and anxiety in a working age population seeking primary care - an observational study," *BMC Family Practice,* vol. 16, *(1),* pp. 38, 2015. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25880219>. DOI: 10.1186/s12875-015-0252-7.  [13] M. Luca *et al*, "Prevalence of depression and its relationship with work characteristics in a sample of public workers," *Neuropsychiatric Disease and Treatment,* vol. 10, pp. 519-525, 2014. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24707177>. DOI: 10.2147/NDT.S56989.  [14] Ministerio de salud, "Indicadores de riesgos laborales," *Https://Www.Minsalud.Gov.Co,* 2018.  [15] Ministerio de salud, "Observatorio Nacional de Salud Mental," *Http://Onsaludmental.Minsalud.Gov.Co,* 2019.  [16] Víctor H. Charria O, O. Felipe Arenas and Kewy V. Sarsosa P, "Factores de riesgo psicosocial laboral: métodos e instrumentos de evaluación," *Revista De La Facultad Nacional De Salud Pública,* 2011.  [17] M. Caicoya, "Dilemas en la evaluación de riesgos psicosociales," 2004.  [18] F. G. Benavides, J. Benach and C. Muntaner, "Psychosocial risk factors at the workplace: Is there enough evidence to establish reference values? Job control and its effect on public health. (Editorial)," *Journal of Epidemiology & Community Health,* vol. 56, *(4),* pp. 244, 2002.  [19] S. Choi *et al*, "Risk Factor, Job Stress and Quality of Life in Workers With Lower Extremity Pain Who Use Video Display Terminals," *Annals of Rehabilitation Medicine,* vol. 42, *(1),* pp. 101-112, 2018. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29560330>. DOI: 10.5535/arm.2018.42.1.101.  [20] K. Golonka *et al*, "Occupational burnout and its overlapping effect with depression and anxiety," *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health,* vol. 32, *(2),* pp. 229-244, 2019. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30855601>. DOI: 10.13075/ijomeh.1896.01323.  [21] Yong-Ren Huang and Xu-Feng Ouyang, "Sitting posture detection and recognition using force sensor," in Oct 2012, Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6513203>. DOI: 10.1109/BMEI.2012.6513203.  [22] H. Jebelli, S. Hwang and S. Lee, "EEG-based workers' stress recognition at construction sites," *Automation in Construction,* vol. 93, pp. 315-324, 2018. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051830013X>. DOI: 10.1016/j.autcon.2018.05.027.  [23] Z. Zhu *et al*, "Naturalistic Recognition of Activities and Mood Using Wearable Electronics," *T-Affc,* vol. 7, *(3),* pp. 272-285, 2016. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7299638>. DOI: 10.1109/TAFFC.2015.2491927.  [24] R. Gravina and Q. Li, "Emotion-relevant activity recognition based on smart cushion using multi-sensor fusion," *Information Fusion,* vol. 48, pp. 1-10, 2019. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1566253518301064>. DOI: 10.1016/j.inffus.2018.08.001.  [25] C. R. Reid *et al*, "Wearable Technologies: How Will We Overcome Barriers to Enhance Worker Performance, Health, And Safety?" *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting,* vol. 61, *(1),* pp. 1026-1030, 2017. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1541931213601740>. DOI: 10.1177/1541931213601740.  [26] M. C. Schall, R. F. Sesek and L. A. Cavuoto, "Barriers to the Adoption of Wearable Sensors in the Workplace: A Survey of Occupational Safety and Health Professionals," *Human Factors: The Journal of Human Factors and Ergonomics Society,* vol. 60, *(3),* pp. 351-362, 2018. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0018720817753907>. DOI: 10.1177/0018720817753907.  [27] M. Magdin, M. Turcani and L. & Hudec, "Evaluating the Emotional State of a User Using a Webcam," *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence,* 2016. . DOI: 10.9781/ijimai.2016.4112.  [28] M. Soleymani *et al*, "A survey of multimodal sentiment analysis," *Image and Vision Computing,* vol. 65, pp. 3-14, 2017. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0262885617301191>. DOI: 10.1016/j.imavis.2017.08.003.  [29] J. M. Harley *et al*, "A multi-componential analysis of emotions during complex learning with an intelligent multi-agent system," *Computers in Human Behavior,* vol. 48, pp. 615-625, 2015. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563215001119>. DOI: 10.1016/j.chb.2015.02.013.  [30] L. Yang *et al*, "Multimodal measurement of depression using deep learning models," in Oct 23, 2017, Available: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=3133948>. DOI: 10.1145/3133944.3133948.  [31] S. Poria *et al*, "Ensemble application of convolutional neural networks and multiple kernel learning for multimodal sentiment analysis," *Neurocomputing,* vol. 261, pp. 217-230, 2017. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231217302023>. DOI: 10.1016/j.neucom.2016.09.117.  [32] V. Campos, B. Jou and X. Giro-i-Nieto, "From Pixels to Sentiment: Fine-tuning CNNs for Visual Sentiment Prediction," 2016. Available: <https://arxiv.org/abs/1604.03489>.  [33] N. Jain *et al*, "Hybrid deep neural networks for face emotion recognition," *Pattern Recognition Letters,* vol. 115, pp. 101-106, 2018. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167865518301302>. DOI: 10.1016/j.patrec.2018.04.010.  [34] D. F. Dinges *et al*, "Optical computer recognition of facial expressions associated with stress induced by performance demands," *Aviation, Space, and Environmental Medicine,* vol. 76, *(6 Suppl),* pp. B172, 2005. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15943210>.  [35] Y. Zhu *et al*, "Automated Depression Diagnosis Based on Deep Networks to Encode Facial Appearance and Dynamics," *T-Affc,* vol. 9, *(4),* pp. 578-584, 2018. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7812588>. DOI: 10.1109/TAFFC.2017.2650899.  [36] S. Alghowinem *et al*, "Multimodal Depression Detection: Fusion Analysis of Paralinguistic, Head Pose and Eye Gaze Behaviors," *T-Affc,* vol. 9, *(4),* pp. 478-490, 2018. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7763752>. DOI: 10.1109/TAFFC.2016.2634527.  [37] S. Acharya and S. Chellappan, *IBM CRISP-DM : A Step-by-Step Guide.* (1st ed.) Berkeley, CA: Apress L. P, 2016.  [38] Enrique González, "Desarrollo de Aplicaciones basadas en Sistemas MultiAgentes," 2006.  [39] Ken Schwaber and Jeff Sutherland, "The scrum guide," in *Software in 30 Days*Anonymous Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2012, pp. 133-152.  [40] V. Venkatesh and H. Bala, "Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions," *Decision Sciences,* vol. 39, *(2),* pp. 273-315, 2008. Available: <https://search.proquest.com/docview/198119893>. DOI: 10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x.  [41] K. Schindler, L. Van Gool and B. de Gelder, "Recognizing emotions expressed by body pose: A biologically inspired neural model," *Neural Networks,* vol. 21, *(9),* pp. 1238-1246, 2008. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0893608008000944>. DOI: 10.1016/j.neunet.2008.05.003.  [42] B. R. Steunebrink, "The logical structure of emotions," 2010. Available: <https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=narcis______::72fa20eaf2f70373b9f4223ed8789f52>.  [43] SMRC, "Spanish Personal Health Questionnaire Depression Scale (PHQ-8)," 2012.  [44] Calvo de Mora Martínez, Javier, *Evaluación Educativa Y Social.* 1991Available: <http://catalog.hathitrust.org/Record/006161829>.  [45] R. Pekrun *et al*, "Measuring emotions in students’ learning and performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ)," *Contemporary Educational Psychology,* vol. 36, *(1),* pp. 36-48, 2011. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0361476X10000536>. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2010.10.002.  [46] C. M. JONKER, J. TREUR and W. C. A. WIJNGAARDS, "An agent-based architecture for multimodal interaction," *International Journal of Human-Computer Studies,* vol. 54, *(3),* pp. 351-405, 2001. Available: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.javeriana.edu.co:2048/science/article/pii/S1071581900904506>. DOI: //doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1006/ijhc.2000.0450.  [47] Eder Mauricio Abello Rodríguez, "Identificación De Actividades Inusuales a Partir Del Uso De CCTV." , Pontificia Universidad Javeriana, 2018.  [48] Daniel Steven Valencia Parada, "Simulador Basado En Agentes Inteligentes Para El Apoyo a La Toma De Decisiones En Los Planes Operacionales De Negocios En Centros Comerciales." , Pontificia Universidad Javeriana, 2015.  [49] Javier Alcalá Vásquez, "Reconocimiento Multimodal Del Estado Emocional De Un Niño En Un Contexto Educativo." , Pontificia Universidad Javeriana, 2017.  [50] S. Manfredi, "Robust scalable stabilisability conditions for large-scale heterogeneous multi-agent systems with uncertain nonlinear interactions: towards a distributed computing architecture," *International Journal of Control,* vol. 89, *(6),* pp. 1203-1213, 2016. Available: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207179.2015.1125023>. DOI: 10.1080/00207179.2015.1125023.  [51] D. Mitrovic, M. Ivanović and Z. Geler, "Agent-Based Distributed Computing for Dynamic Networks," *Information Technology and Control,* vol. 43, *(1),* 2014. . DOI: 10.5755/j01.itc.43.1.4588. |