UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE
INFORMACIÓN**

**Modelo de telemedicina soportado por smart glasses
para centros de salud en el Perú**

TESIS

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

AUTORES

De la Cruz Corzo, Fabricio (0000-0001-6475-6083)

Condori Castillo, Andrés (0000-0002-5446-4295)

ASESOR DE TESIS

Herrera Trujillo, Emilio (0000-0001-8548-4849)

Lima, Febrero 2019

Esta tesis esta dedicada a nuestras familias, cuyo apoyo se mantuvo incondicional durante nuestra vida universitaria y crecimiento profesional.

Gracias por todo.

Resumen Ejecutivo

La telemedicina se define como la prestación de servicios asistenciales a distancia mediante el uso de tecnologías de información y comunicación para el diagnóstico y tratamiento de pacientes. Opera bajo un sistema básicamente de la siguiente manera, existe un centro hospitalario menor que presenta carencia de profesionales en alguna área específica, dicho centro tiene la posibilidad de ser asistido por uno de mayor envergadura, el cual dispondrá de los especialistas y el tiempo necesario para la atención de los pacientes de manera remota.

El presente proyecto de investigación está orientado a la búsqueda y análisis de las diferentes áreas o aplicaciones médicas de la telemedicina, las diferentes tecnologías que se emplean para la entrega del servicio de telemedicina, la situación actual y evolución de los centros de salud en el Perú en cuanto a telemedicina. Con el objetivo de implementar un modelo de telemedicina soportado por tecnologías emergentes, a fin de mejorar la calidad asistencial de los servicios en Telemedicina para centros de salud en el Perú.

Palabras claves: Telemedicina, teleconsulta, tecnología de wearables, comunicación wireless.

Abstract

Telemedicine is defined as the provision of remote assistance services through the use of information and communication technologies for the diagnosis and treatment of patients. It operates basically under the following system, there is a minor hospital center that has lack of professionals in a specific area, this center has the possibility of being assisted by a larger one, which will have the specialists and the necessary time to Patient care remotely.

This research project is aimed at the search and analysis of the different areas or medical applications of telemedicine, the different technologies used to deliver the telemedicine service, the current situation and evolution of health centers in Peru talking about telemedicine. With the objective of implementing a telemedicine model supported by emerging technologies, in order to improve the quality of care of telemedicine services for health centers in Peru.

Keywords: Telemedicine, teleconsulting, wearable technology, wireless communication.

Tabla de Contenidos

Resumen Ejecutivo	4
Abstract.....	5
Tabla de Contenidos.....	6
Lista de Tablas	8
Lista de Ilustraciones.....	9
Introducción.....	11
Capítulo 1 Descripción del Proyecto.....	13
1.1 Objeto de Estudio.....	14
1.2 Dominio del Problema	14
1.3 Planteamiento de la Solución	15
1.4 Objetivos del Proyecto	16
1.4.1 Objetivo General	16
1.4.2 Objetivos Específicos	16
1.5 Indicadores de Éxito	17
1.6 Planificación del Proyecto.....	18
1.6.1 Alcance	18
1.6.2 Plan de Gestión del Tiempo	19
1.6.3 Plan de Gestión de Recursos Humanos.....	20
1.6.4 Plan de Comunicaciones	23
1.6.5 Plan de Gestión de Riesgos.....	29
Capítulo 2 Logro de Student Outcomes	31
2.1 Student Outcome A	32
2.2 Student Outcome B.....	33
2.3 Student Outcome C.....	34
2.4 Student Outcome D	35
2.5 Student Outcome E.....	36
2.6 Student Outcome F.....	38
2.7 Student Outcome G	39
2.8 Student Outcome H	40
2.9 Student Outcome I.....	40
2.10 Student Outcome J	41
2.11 Student Outcome K	42
2.12 Student Outcome J - CAC.....	42
Capítulo 3 Marco Teórico.....	44
3.1 Telemedicina.....	45
3.2 Tipos de telemedicina	48
3.2.1 Teleconsulta	48
3.2.2 Teleeducación.....	50
3.2.3 Telemonitoreo	51
3.2.4 Telecirugía	52
3.3 Norma Técnica de Salud en Telesalud	53
Capítulo 4 Estado del Arte	54
4.1 Revisión de la literatura	55
4.2 Beneficios de los Smart Glasses en Telemedicina	57
4.3 Aplicaciones Clínicas con Smart Glasses	59
4.3.1 Procedimientos Quirúrgicos	59
4.3.2 Entrenamiento Quirúrgico	60
4.3.3 Anestesiología.....	62

4.3.4	Toxicología	64
4.3.5	Medicina Forense	65
4.3.6	Evaluación de órganos donantes	67
4.3.7	Emergencias	68
Capítulo 5	Desarrollo del Proyecto.....	71
5.1	Metodología aplicada	72
5.2	Análisis	72
5.2.1	Situación actual de la Telemedicina en el Perú	72
5.2.2	Soluciones en Telemedicina por tecnología	76
5.2.3	Priorización de Aplicación Médica de Telemedicina	76
5.2.4	Priorización de Tecnología	81
5.2.5	Diseño del Modelo de Telemedicina	84
Capítulo 6	Resultados del Proyecto	93
6.1	Implementación	94
6.2	Resultados	97
6.3	Plan de continuidad	98
Capítulo 7	Gestión del Proyecto.....	101
7.1	Producto Final	102
7.2	Gestión del Tiempo	102
7.3	Gestión de los Recursos Humanos	103
7.4	Gestión de las Comunicaciones	104
7.5	Gestión de los Riesgos	104
7.6	Lecciones aprendidas	105
Conclusiones.....		106
Glosario.....		107
Síglario		108
Bibliografía.....		109

Lista de Tablas

Tabla 1: Indicadores de Éxito	17
Tabla 2: Plan de Gestión del Tiempo	20
Tabla 3: Plan de Gestión de Recursos Humanos	22
Tabla 4: Matriz de comunicaciones del proyecto	28
Tabla 5: Plan de Gestión de Riesgos	30
Tabla 6 : Comparativo de 2015 – 2017	74
Tabla 7 : Tabla de priorización de aplicaciones medicas.....	79
Tabla 9 : Tres de los Hardware analizados.....	86
Tabla 10 : Estimado ancho de banda subida.....	87
Tabla 11 : Estimado ancho de bajada	88
Tabla 12 : Dos de los Software analizados.....	89
Tabla 13 : Aplicaciones técnicas de los Smart Glasses durante procedimientos médicos	96
Tabla 14: Hitos del proyecto MTSSG	103
Tabla 15 : Riesgos presentados en el desarrollo del proyecto	104

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 : Organigrama del proyecto MTSSG	23
Ilustración 2 : Modelo de Telemedicina	35
Ilustración 3 : Arquitectura Física de Modelo de Telemedicina	37
Ilustración 4 : Componentes centrales del modelo de telemedicina.	38
Ilustración 5 : Aplicación de la Teleconsulta	49
Ilustración 6 : Aplicación de la Teleeducación.....	51
Ilustración 7: Sistema de Telemonitoreo	52
Ilustración 8 :Sistema de Telecirugía	53
Ilustración 9 : Cirujano usando los Google Glass (A) Vista en primera persona haciendo uso de los Smart Glasses de realidad aumentada (B).....	58
Ilustración 10 : Aplicaciones potenciales para Google Glass en una configuración quirúrgica .	60
Ilustración 11: Resultados obtenidos con y sin los Smart Glasses.....	61
Ilustración 12 : Transmisión de data desde la estación de anestesia, laptop, router Wireless y anestesiólogo con Google Glass	62
Ilustración 13 : Niveles de aceptación de anestesistas después de usar los Google Glass.....	63
Ilustración 14: Trama de Bland-Atman que compara la confiabilidad entre investigadores	65
Ilustración 15 : Comparación de la captura de imágenes mediante Google Glass y de la manera convencional.....	66
Ilustración 16 : Procedimiento haciendo uso de Google Glass (A) Visualización del órgano del donador en primera persona (B) y Confirmación de integridad anatómica (C).....	67
Ilustración 17 : Plataforma usada para el envío de informacion	69

Ilustración 18 : CENATE haciendo uso de servicios de Telemedicina	73
Ilustración 19 : Proceso de solicitud de Teleconsulta	73
Ilustración 20 : Incremento en el Tiempo de Teleconsultas 2015-2017	75
Ilustración 21 : Flujo de atención Medico Virtual	76
Ilustración 22 : Representación de la Teleconsulta	80
Ilustración 23 : Representación de la Teleducación	80
Ilustración 24 : Representación del Telemonitoreo	80
Ilustración 25 : Representación de la Telecirugía	81
Ilustración 26 : Representación del Telediagnostico	81
Ilustración 27 : Digital Health Hype Cycle	82
Ilustración 28 : Mapa de cuerpo de Boston Technology	83
Ilustración 29 Modelo de Telemedicina soportado por Smart Glasses.....	84
Ilustración 30 : (A) Vuzix M100, (B) Epson Moverio BT-200, (C) Recon Jet Pro.....	86
Ilustración 31 : Arquitectura Física de Modelo de Telemedicina	87
Ilustración 32 : Arquitectura Física de la prueba de concepto.....	94
Ilustración 33 : Interna de Terapia Física usando los Smart Glasses	95
Ilustración 34 : Terapeuta asistiendo el procedimiento	95
Ilustración 35 : Encuesta para la evaluación de beneficio de aplicaciones técnicas de los Smart Glasses durante procedimientos médicos.....	97
Ilustración 36 : Evaluación de aplicaciones técnicas de Smart Glasses durante procedimientos médicos usando escala de Likert.....	98

Introducción

La Telemedicina se está desarrollando y difiere enormemente de lo que era años atrás. Este crecimiento tan notorio se debe al avance de las tecnologías de intercambio de información. La Internet, herramienta de comunicación más importante en estos días, es la principal responsable del aumento de las posibilidades del intercambio en cualquier formato. En nuestros días, ya es posible hacer consultas médicas en tiempo real por medio de sistemas de cámaras y micrófonos, así como realizar operaciones por medio de robots computarizados, dirigidos por un cirujano especialista a kilómetros de distancia¹. Es de vital importancia el conocimiento por parte de los profesionales de la salud de esta nueva disciplina, pues solo así se podrá trabajar con el fin de desarrollarla y descubrir nuevas técnicas y aplicaciones.

En el Perú existe un déficit de médicos especialistas en hospitales del Ministerio de Salud (Minsa) y del Seguro Social de Salud (EsSalud). Según el estándar de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el nivel de atención debe de ser de un médico por mil habitantes, pero nos encontramos con una realidad de un médico por diez mil pobladores. Por lo que, los lugares más afectados por la carencia de especialistas son las zonas rurales del país. Debido a esto, se corre el riesgo de no proporcionar un diagnóstico, tratamiento o intervención precisa para el paciente. La necesidad de mejorar las técnicas de asistencia y enseñanza remota en procedimientos médicos e intervenciones quirúrgicas y el difícil acceso a población asegurada en regiones distantes son impedimentos que no permiten asegurar beneficios. La telemedicina busca para los profesionales, una mejor comunicación entre profesionales del mismo o diferentes especialidades asistenciales. Para los pacientes, una mayor accesibilidad a los recursos sanitarios, así como a la información relevante. Para el sistema, el beneficio principal es un aumento de la eficiencia a través de la disminución de la repetición de actos médicos, la disminución de los desplazamientos y la mejor gestión de la demanda². Es por ello que el objetivo principal del presente estudio es proponer un modelo para optimizar servicios de Telemedicina y así mejorar técnicas de asistencia o enseñanza remota en procedimientos médicos e intervenciones quirúrgicas en centros de salud en el Perú.

¹ Cfr. Tsirbas A et al, 2006

² Cfr. Ávila de Tomás, 2001

El primer capítulo se detalla la descripción del proyecto, en donde se enuncia la problemática, el alcance, la problemática el objetivo general y los objetivos específicos, así como cuál es la solución propuesta junto a los indicadores de éxito, con los que se medirá el cumplimiento del proyecto. Así mismo, se detallan los planes elaborados en relación a la gestión del proyecto.

En el segundo capítulo se justifica el logro de los Student Outcomes de la comisión de Ingeniería y la comisión de Computación en relación al desarrollo del proyecto de investigación a lo largo del proyecto.

En el tercer capítulo se desarrolla el marco teórico del proyecto con el cual se sustenta el desarrollo del mismo.

El cuarto capítulo describe el Estado de Arte del proyecto, se detallan los temas y casos de estudio en relación al mismo apoyándonos de los papers que van en relación a nuestro tema.

El quinto capítulo detalla el modelo de telemedicina propuesto y todos aquellos entregables desarrollados a lo largo del proyecto, que colaboraron a cumplir los objetivos trazados.

En el sexto capítulo se desarrollan las pruebas de concepto del modelo propuesto, así como también definen las métricas de medición para su validación, los resultados obtenidos con datos estadísticos y el plan de continuidad que propone la implementación del modelo de Telemedicina en distintas áreas de la medicina.

El séptimo capítulo desarrolla la gestión del proyecto, se describe la gestión del tiempo que abarca el proyecto, así como la gestión de los recursos humanos utilizados, la gestión de comunicaciones, la gestión de riesgos del proyecto y las lecciones aprendidas.

CAPÍTULO 1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente capítulo describe al proyecto mediante la declaración del objeto de estudio a realizar, el problema que se busca atender y el planteamiento de la solución. También se determina el objetivo general que busca responder la problemática, los objetivos específicos a lograr para alcanzarlo, y los indicadores de éxito que permiten medir su cumplimiento. Finalmente, presenta la planificación para el desarrollo del proyecto.

1.1 OBJETO DE ESTUDIO

El presente proyecto de investigación está orientado a la búsqueda y análisis de las diferentes áreas o aplicaciones médicas de la telemedicina, las diferentes tecnologías que se emplean para la realización del servicio de telemedicina, la priorización de las ya mencionadas y la situación actual de los centros de salud en cuanto a la telemedicina. Esto con el fin de proponer un modelo de telemedicina soportado por la tecnología seleccionada para centros de salud en el Perú para así mejorar la calidad asistencial de sus servicios en Telemedicina.

1.2 DOMINIO DEL PROBLEMA

En el Perú presenta problemas como la insuficiencia de médicos especialistas, la escasez de recursos, el aumento en la demanda de servicios y la centralización de éstos. Además, se agregan la gran extensión del país, las características geográficas accidentadas del territorio y las dificultades de comunicación.

De estos problemas, la centralización juega un rol importante, ya que la mayor parte de los recursos se encuentran en las grandes ciudades y llevar estos mismos al resto del país puede resultar muy difícil y, la mayor parte de las veces, incosteable. En este contexto, los servicios tecnológicos en salud como la Telemedicina tienen una importante contribución que hacer. Aunque su función no es resolver directamente las graves diferencias, si puede y debe acercar a toda la población a los servicios de salud. Su valor agregado es hacer posible el contacto de médicos especialistas con médicos generales de las zonas rurales, teniendo así una doble ventaja, por un lado, aumenta el desempeño y la experiencia de los médicos generales y por otro, hace posible que cualquier persona tenga la oportunidad de escuchar la opinión de un especialista, sin desembolsar grandes cantidades de dinero o realizar desplazamientos de horas para recibir una consulta.

Existe una gran demanda de atención médica especializada dentro de las comunidades de cada provincia de nuestro país, esto es debido a la escasez de Médicos Especialistas en las diferentes localidades. Lo que motiva que los pacientes deban trasladarse desde sus lugares de origen hacia la capital, con los elevados costos que ello conlleva. Además, la situación se agrava cuando se trata de enfermedades crónicas, como las cardiovasculares, que deben de mantener un control periódico, pocos pacientes pueden salir de sus comunidades y se quedan en sus regiones sin tener atención médica de especialidad por lo que se agravan muchos de los problemas de salud como la Diabetes Mellitus, la hipertensión arterial, muertes materno fetales.

En este sentido, la Telemedicina puede ayudar a derribar barreras geográficas, modificando los escenarios establecidos, motivando a las autoridades sanitarias y a los proveedores de servicios, tanto en los sectores públicos como privados, a tomar decisiones estratégicas. Estas decisiones pueden afectar sustancialmente la manera en que se proveen los servicios sanitarios, así como la distribución de los recursos humanos y materiales. Aunque podría parecer que se trata de un problema tecnológico, el verdadero reto reside en que todos los participantes involucrados trabajen en conjunto. La incorporación de la atención médica a distancia es fundamental para la optimización de recursos en salud.

La incorporación de la atención médica a distancia se convierte así en una estrategia y herramienta de solución que además no solo acercará a los médicos especialistas, también puede apoyar en mejorar en gran medida los procesos de atención, beneficiando así no solo a los sectores alejados, sino a todo el sistema en su conjunto.

Causas:

- Migración de médicos especialistas.
- De la población de médicos titulados no todos hacen una especialidad.
- Médicos especialistas centralizados en la capital del país.

1.3 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

Mediante una búsqueda, selección y análisis de tecnologías emergentes con beneficios potenciales en telemedicina, se propone un modelo para desarrollar servicios de telemedicina para centros de salud en el Perú, a fin de realizar pruebas de concepto de la implementación del modelo para determinar su alcance y beneficios. Por otro lado, para asegurar que los entregables cubran las necesidades, estos serán evaluados y validados por un especialista de Telemedicina.

Esta solución contribuirá a mejorar la calidad asistencial de centros de salud y permitirá la transferencia de habilidades, conocimientos y asistencia remota entre profesionales de la salud.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 Objetivo General

Implementar un modelo de Telemedicina basado en tecnologías emergentes para centros de salud en el Perú.

1.4.2 Objetivos Específicos

OE1: Analizar aplicaciones médicas en diferentes áreas de la salud relacionadas a la Telemedicina como también casos de éxito internacionales de soluciones tecnológicas aplicadas en el sector de la salud

OE2: Diseñar un modelo de telemedicina basado en una aplicación médica de la telemedicina y en las soluciones tecnológicas identificadas.

OE3: Validar el modelo de telemedicina propuesto con el especialista del sector Salud.

OE4: Proponer un plan de continuidad del proyecto que asegure la operatividad y escalabilidad de las soluciones

1.5 INDICADORES DE ÉXITO

Para la sustentación del logro de cada Objetivo Específico, se presentan los siguientes Indicadores de Éxito.

Indicador de éxito	Indicador de éxito	Objetivo específico
IE1	Acta de aprobación de documento de situación actual de la Telemedicina en el Perú aprobada por el cliente del proyecto	OE1
IE2	Acta de aprobación de documento y diagrama de Aplicaciones Médicas de Telemedicina aprobada por el cliente del proyecto	
IE3	Acta de aprobación de documento de soluciones tecnológicas por tecnología en Telemedicina aprobada por el cliente del proyecto	
IE4	Acta de aprobación del documento de priorización de Aplicación Médica aprobada por el cliente del proyecto	
IE5	Acta de aprobación del documento de priorización de Tecnologías aprobada por el cliente del proyecto	
IE6	Actas de aprobación de los documentos de investigación de softwares de Smart Glass y Benchmarking de Smart glasses como soporte del modelo aprobados por el cliente del proyecto	
IE7	Acta de aprobación del documento de propuesta de Modelo de Telemedicina aprobada por el cliente del proyecto y el especialista del sector salud.	OE2
IE8	Acta de aprobación del documento de pruebas de concepto del modelo propuesto aprobada por el cliente del proyecto y el especialista del sector salud.	OE3
IE9	Acta de aprobación del plan de continuidad aprobada por el cliente del proyecto.	OE4

Tabla 1: Indicadores de Éxito

Fuente: Elaboración propia

1.6 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.6.1 Alcance

Para el desarrollo del proyecto se considerarán lo siguiente:

- Diagnóstico de situación actual de la Telemedicina en el Perú.
- Investigación y análisis de aplicaciones médicas de la Telemedicina.
- Investigación de casos de éxito internacionales de soluciones tecnológicas por tecnologías identificadas.
- Priorización de tecnología a partir de la investigación y análisis a realizarse.
- Priorización de aplicaciones médicas de Telemedicina mediante criterios de selección a investigarse.
- Comparativa de softwares de SmartGlass para desarrollar telemedicina como soporte del modelo.
- Comparativa de Smart Glasses para desarrollar telemedicina como soporte del modelo.
- Proponer un modelo tecnológico de Telemedicina para Centros de salud en el Perú.
- Pruebas de concepto haciendo uso de la aplicación medica seleccionada, así como también la tecnología.
- Se desarrollará un paper de investigación sobre el modelo de telemedicina a proponerse.

1.6.2 Plan de Gestión del Tiempo

En la gestión del tiempo se muestran los hitos principales del proyecto, los cuales señalan los puntos clave del desarrollo del proyecto.

Fases del Proyecto	Hito del proyecto	Fecha Estimada	Entregables incluidos	Prioridad
Iniciación	Elaboración del Project Charter	2016-2 Semana 1	Project Charter	Muy Alta
Planificación	Aprobación de la planificación del proyecto por parte del Comité de Proyecto	2016-2 Semana 5	Documentos de Gestión del Proyecto	Muy Alta
Análisis	Aprobación de los documentos de Investigación y Análisis	2016-2 Semana 15	<ul style="list-style-type: none"> - Documento de situación la Telemedicina en el Perú - Documento Clasificación de aplicaciones de la Telemedicina - Documento de Soluciones en Telemedicina por tecnología - Documento de priorización de Tecnologías - Documento de priorización de Aplicación Médica - Benchmarking softwares de 	Muy Alta

			smartglass como soporte del modelo - Benchmarking de Smart glasses	
Diseño	Aprobación de los documentos de diseño de la Solución	2017-1 Semana 6	- Documento de propuesta de Modelo de Telemedicina	Muy Alta
Validación	Aprobación de la cartera de proyectos	2017-1 Semana 9	- Prueba de concepto	Muy Alta
Cierre	Aprobación de los entregables finales	2017-1 Semana 15	- Memoria Final del proyecto - Paper de Investigación - Póster - Documento de Plan de Continuidad - Acta de cierre y aceptación	Muy Alta

Tabla 2: Plan de Gestión del Tiempo

Fuente: Elaboración propia

1.6.3 Plan de Gestión de Recursos Humanos

En este aspecto se detallan las personas y los roles que se involucrados con el proyecto

Rol	Miembro	Responsabilidades
Jefe de Proyecto	Fabricio de la Cruz Corzo Andrés Condori Castillo	- Gestionar el proyecto de forma que se cumpla con los objetivos y el cronograma establecidos. - Investigación y documentación del proyecto. - Capturar requerimientos

		<ul style="list-style-type: none"> - Definición del alcance del proyecto
Gerente Profesor	Emilio Herrera	<ul style="list-style-type: none"> - Asesoramiento a los proyectos de la empresa IT Consulting. - Aprobación de Charter del proyecto.
Gerente Alumno	Eduardo Ulloa	<ul style="list-style-type: none"> - Monitorización del cronograma de proyectos. - Nexo de comunicación con las empresas virtuales involucradas, profesor gerente y alumnos
Asesor	Jimmy Armas	<ul style="list-style-type: none"> - Asesoramiento y monitoreo de la investigación realizada para la ejecución del proyecto.
Cliente	Jimmy Armas	<ul style="list-style-type: none"> - Brindar los requerimientos con respecto al proyecto. - Aprobación de entregables y Charter del proyecto.
Comité de Proyectos	Rosario Villalta Jimmy Armas Oscar Gómez Pedro Shiguihara	<ul style="list-style-type: none"> - Aprobar proyectos profesionales - Monitorear el cumplimiento de entregables del proyecto. - Decidir continuidad de proyectos.
Coautor	Jimmy Armas	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobar y revisar el paper de investigación.

Revisor	Jimmy Armas	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión y aprobar de la memoria del proyecto.
Especialista de Salud	Juan Carlos Bartolo	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobar y revisar los diferentes documentos de investigación, análisis y diseño.
Recurso de QS	Recursos asignados al proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Encargado de detectar oportunidades de mejora en todos los entregables del proyecto

Tabla 3: Plan de Gestión de Recursos Humanos

Fuente: Elaboración propia

La estructura organizacional según los roles del proyecto se define de la siguiente manera:

Ilustración 1 : Organigrama del proyecto MTSSG

Fuente: Elaboración propia

1.6.4 Plan de Comunicaciones

Todas las reuniones deben seguir las siguientes pautas:

- En caso de tener un nuevo miembro en cada reunión, se hará la respectiva presentación de este ante los asistentes.

- Se manejará una agenda para cada reunión de acuerdo a los temas de interés a tratarse, así como también las tareas pendientes de reuniones anteriores. Para este caso, se debe tener en cuenta el entregable a realizar según el diccionario EDT.
- Cada punto de la agenda contará con un nivel de prioridad a ser tratado.
- Se cuenta con un horario específico para cada reunión, sin embargo, será necesario confirmar/recordar la reunión vía correo electrónico un día antes como máximo.
- En caso se deba postergar una reunión, se deberá justificar y además acordar el nuevo día de esta.
- Al finalizar cada reunión se deberá recopilar lo tratado, resaltando los acuerdos para posteriormente elaborar el acta de reunión.
- Todas las actas de reunión deberán ser firmadas por el jefe de proyecto, asistente de proyecto y gerente general o cliente, respectivamente.

Toda la remisión de correos electrónicos debe seguir las siguientes pautas:

- Cada correo electrónico debe ser redactado de una manera formal.
- Todo correo electrónico al cliente debe ser copiado a todo el equipo de proyecto; en especial a gerente, jefe, asistente de proyecto
- Los correos electrónicos entre el gerente de la empresa y el cliente, deberá ser enviado por el jefe de proyecto para establecer un estándar en la conexión.
- En caso de envíos de solicitud de servicios a empresas externas, se debe copiar al correo de la empresa.

Para la codificación de documentos se deben seguir las siguientes pautas:

- La codificación de los documentos del proyecto será la siguiente:
[Código de Proyecto] - [Nombre de documento] - [Versión]
- Ejemplo:
 - MTSSG – Plan de Gestión de Comunicaciones – 1.0

Para el almacenamiento de los documentos del proyecto se seguirán las siguientes pautas:

- Se solicitará al asistente el acceso al repositorio en Google drive de la empresa.
- Se subirán los archivos según la estructura definida por la empresa.
- Cada nueva versión de un documento debe ser subida en la misma carpeta del documento origen.

Para el control de las versiones de los entregables se seguirán las siguientes pautas

- Todos los entregables previos a una entrega pactada (entrega parcial, entrega final) serán codificados de la forma: 0. #, siendo “#” el número de veces que ha sido realizado.
- Cuando ocurra una entrega pactada, el entregable será codificado de la siguiente manera: 1.0, 2.0, 3.0 y así sucesivamente hasta que el proyecto finalice.

Información requerida	Contenido	Respons. de elaborarlo	Para su entrega a los Stakeholders	Método de comunicación a utilizar	Frecuencia	Código de EDT asociado
Inicio	Project Charter	Jefes de Proyecto	- Cliente - Profesor Gerente - Miembro del Comité	- Documento Físico - Documento Digital	- Única vez	1.1.1.1.3
Planificación	Documentos de Gestión del Proyecto basados en la metodología PMBOK	Jefes de Proyecto	- Cliente - Profesor Gerente	- Documento Digital	- Única vez	1.1.2.2.2
Ejecución	Documento de situación la Telemedicina en el Perú	Jefes de Proyecto	- Cliente	- Documento Digital	- Semanal	1.1.3.7.5
Ejecución	Documento Clasificación de aplicaciones de la Telemedicina	Jefes de Proyecto	- Cliente	- Documento Digital	- Semanal	1.1.3.8.1
Ejecución	Documento de Soluciones en Telemedicina por tecnología	Jefes de Proyecto	- Cliente	- Documento Digital	- Semanal	1.1.3.10.1

Ejecución	Documento de priorización de Tecnologías	Jefes de Proyecto	- Cliente	- Documento Digital	- Semanal	1.2.1.2.2
Ejecución	Documento de priorización de Aplicación Médica	Jefes de Proyecto	- Cliente	- Documento Digital	- Semanal	1.2.1.3.2
Ejecución	Benchmarking softwares de smartglass como soporte del modelo	Jefes de Proyecto	- Cliente	- Documento Digital	- Semanal	1.2.1.5.2
Ejecución	Benchmarking de Smart glasses	Jefes de Proyecto	- Cliente	- Documento Digital	- Semanal	1.2.1.5.4
Ejecución	Documento de propuesta de Modelo de Telemedicina	Jefes de Proyecto	- Cliente - Especialista del sector salud	- Documento Digital - Documento Físico	- Semanal	1.2.2.2.2
Ejecución	Documento de pruebas de concepto del modelo propuesto	Jefes de Proyecto	- Cliente - Especialista del sector salud	- Documento Digital - Documento Físico	- Semanal	1.2.3.2.1

Control	Elaboración de Plan de Trabajo	Jefes de Proyecto	- Cliente - Profesor Gerente	- Documento Digital	- Semanal	1.1.2.1.4
Cierre	Memoria del proyecto	Jefes de Proyecto	- Cliente - Profesor Gerente - Comité del Proyecto	- Documento Físico - Documento Digital	- Semanal	1.2.4.1.2

Tabla 4: Matriz de comunicaciones del proyecto

Fuente: Elaboración propia

1.6.5 Plan de Gestión de Riesgos

En esta sección se detallan los riesgos relevantes para el proyecto, se les asigna un nivel de Probabilidad e Impacto y las estrategias de mitigación que buscan minimizar su probabilidad de ocurrencia

#	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Estrategia de mitigación
1	Un miembro del equipo abandona el proyecto	Muy Baja	Muy Alto	Comunicación adecuada entre miembros del equipo de proyecto.
2	No contar con la facilidad de contacto con un centro de salud del Perú para la validación del proyecto	Media	Muy Alto	Pactar una reunión con un centro de salud con anticipación de modo que sea posible la validación u el correcto desarrollo del proyecto
3	Reenfoque del proyecto debido al cambio de gobierno	Baja	Alto	Durante las reuniones con el especialista consultar posibles cambios en el área debido al cambio de gobierno
4	Cambio del alcance del proyecto	Media	Alto	Reajuste en el cronograma ya planteado
5	El ciclo de revisión/decisión del cliente y/o comité es más lento de lo esperado	Media	Alto	Acordar reuniones constantes con el comité y el cliente para presentar avances del proyecto
6	Perdida de información del proyecto	Media	Alto	Almacenamiento de documentación en la nube de Office 365, One Drive.

7	Demora en la elaboración y presentación de los entregables del proyecto.	Alto	Muy Alto	Definición aterrizada de un cronograma y con facilidad de cambio.
8	Incumplimiento de las actividades asignadas a los recursos de las empresas virtuales de la EISC.	Media	Medio	Asignar tareas que estén dentro de las posibilidades de tiempo que dispone el recurso.

Tabla 5: Plan de Gestión de Riesgos

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 2 LOGRO DE STUDENT OUTCOMES

En el presente capítulo se describe como el proyecto cumple de manera exitosa los Students Outcomes, los cuales son criterios basados en las buenas prácticas basados en los estándares de calidad en programas de educación como ciencias, ingeniería, computación y tecnología.

2.1 STUDENT OUTCOME A

“Aplica conocimientos de matemática, ciencias, computación e ingeniería.”

El Student Outcome A describe como el profesional cuenta con la capacidad para aplicar todos los conocimientos adquiridos durante los primeros años universitarios; es decir, aplicar conocimientos de ciencias exactas como matemáticas, cursos de carrera o ingeniería.

Considerando la descripción anterior, el presente proyecto ha logrado cumplir con el Student Outcome A mediante de las diversas etapas e hitos del mismo de la siguiente manera:

- Durante la fase de Planificación, los Jefes de Proyecto elaboran un cronograma o plan de trabajo, el cual deberá ser ejecutado y seguido de manera rigurosa. Para la realización del cronograma, se ha usado los conceptos de PMBOK (Project Management Body of Knowledge) para determinar o calcular los esfuerzos en realizar las actividades del proyecto teniendo en cuenta la triple restricción según la disciplina: recurso, tiempo y dinero. Asimismo, usando las ciencias exactas, se pudo determinar la cantidad de recursos como los tiempos de las actividades con la finalidad de poder cumplir los tiempos de compromiso pactados con el comité de la carrera.
A continuación, se evidenciará mediante los siguientes documentos:
 - Cronograma del proyecto
 - Diccionario EDT del proyecto
 - Plan de Gestión de Cronograma
- Durante la fase de análisis, se ha realizado estudios de benchmarking tanto de proveedores de software de Smartglass y de Smartglasses como soporte del modelo, así como también de las distintas aplicaciones médicas. Como resultado se ha obtenido un proveedor de software, un smartglass y una aplicación médica ganadores bajo diferentes criterios. Para la elaboración de estos entregables, se ha usado como base los conocimientos de ciencias y computación, porque se definieron atributos o criterios que por medio de validaciones se otorgaría un puntaje que posteriormente nos apoyaría en la elección tanto del mejor proveedor de software como smartglass. Esto se evidenciará en los siguientes entregables:
 - Priorización de Aplicación Médica de Telemedicina
 - Benchmarking de softwares de Smartglass como soporte del modelo
 - Benchmarking de Smartglasses como soporte del modelo

En conclusión, mediante la suma de evidencias presentadas anteriormente se logró cumplir con el Student Outcome A mediante los resultados del proyecto y es así donde se evidencia que se utilizó los conocimientos adquiridos de los distintos cursos para la ejecución del proyecto.

2.2 STUDENT OUTCOME B

“Diseña y conduce experimentos en base al análisis e interpretación de datos.”

El Student Outcome B hace mención en como el profesional puede realizar pruebas para la validación y posteriormente a ello, tomar decisiones en base al análisis de los resultados obtenidos.

Considerando la descripción anterior, el presente proyecto ha logrado cumplir con el Student Outcome B de la siguiente manera:

Durante el análisis del proyecto, se identificaron la aplicación medica de telemedicina, tecnología usada en telemedicina, el proveedor de software y el smartglass más apropiados para la propuesta de modelo de telemedicina que es la Teleconsulta, Wearables, Pristine + Upskill con Eyesight y Vuzix M300 respectivamente; por lo que, al realizar el benchmarking correspondiente se describieron criterios para la mejor selección que fueron tomando en cuenta en los cuadros elaborados.

- Para la aplicación medica de telemedicina más apropiada: el impacto en el proceso de diagnóstico, proceso terapéutico, de cirugía, de formación y el impacto económico para el paciente.
- Para la tecnología usada en telemedicina más apropiada: se tomó en cuenta el Hype Cycle de gartner, el Mapa de cuerpo de Boston technology y los diferentes casos de éxito en telemedicina por tecnología.
- Para el proveedor de software más apropiado: las diferentes funcionalidades con las que contaban como el compartir documentos, Anotaciones, puntero, Snapshots, Encripcion, etc.
- Para el smartglass más apropiado: los diferentes costos, funcionalidades y especificaciones técnicas.

Esto se puede evidenciar en los siguientes entregables:

- Documento de priorización de Aplicación Médica
- Documento de priorización de Tecnologías
- Benchmarking softwares de smartglass como soporte del modelo
- Benchmarking de Smartglasses

En la etapa de validación, se elaboró y ejecuto encuestas a médicos con experiencia en el campo de la telemedicina mediante metricas, las cuales fueron construidas luego del análisis de cada una de las aplicaciones técnicas de los Smart Glasses durante procedimientos médicos. Tomando en cuenta la escala de Likert se buscó el confirmar los beneficios de capacitación y asistencia remota a través de Smart Glasses. Esto se ha evidenciado en el documento:

- Pruebas de concepto

En conclusión, mediante la suma de evidencias presentadas anteriormente se logró cumplir con el Student Outcome B mediante los resultados del proyecto y es así donde se evidencia que el equipo de proyecto diseño y realizo las pruebas en los documentos presentados, y finalmente se llegaron a tomar decisiones realizando un análisis de los mismos.

2.3 STUDENT OUTCOME C

“Diseña sistemas, componentes o procesos para encontrar soluciones en la atención de necesidades teniendo en cuenta restricciones económicas, sociales, políticas, éticas de salud y seguridad y otras propias del entorno empresarial.”

El Student Outcome C hace referencia a la manera o forma en que el profesional diseña una propuesta de sistemas teniendo en cuenta la realidad actual de la empresa en sus diferentes aspectos coyunturales.

En base a la descripción anterior, el presente proyecto ha logrado cumplir con el Student Outcome C de la siguiente manera:

En la fase de análisis del proyecto, se realizó una investigación de la situación actual de la telemedicina en el Perú, donde a través de él, se pudo determinar la perspectiva de la telemedicina en el Perú, detallando proyectos, iniciativas o avances en telemedicina tanto en el sector privado como en el público. Estos datos fueron obtenidos de la clínica internacional, EsSalud y el Instituto Nacional de Salud del Niño. Con esto, se pudo determinar las aplicaciones médicas o áreas de telemedicina en las que se enfocan como lo son la Teleconsulta y teleradiología, su experiencia con ellas, el número de pacientes atendidos por medio de Teleconsultas y su incremento en el tiempo. Esto se ha evidenciado en el siguiente entregable:

- Documento de situación actual de la Telemedicina en el Perú.

Luego de contar con la información de la situación actual de la telemedicina en el Perú y sus diferentes centros de salud que la aplican fue posible el entender su situación y en que aplicación medica se enfocan, se definió un modelo Teleconsulta empleando Smart Glasses y su utilidad en procedimientos médicos como transmisión en vivo para la enseñanza y enteramiento, Teleconsulta con especialistas para el tratamiento en conjunto de un paciente, revisar registros e imágenes de pacientes y búsqueda de información por internet. Además, el modelo de telemedicina consta de inputs y outputs que apoyan al modelo.

Ilustración 2 : Modelo de Telemedicina

(Fuente: Elaboración propia)

Lo antes descrito, se ha evidenciado en el siguiente entregable:

- Documento de Propuesta de Modelo de Telemedicina

Lo antes descrito, ha presentado las evidencias para poder cubrir el Student Outcome C mediante los resultados del proyecto y es así que el equipo de proyecto diseño propuesta de un modelo de telemedicina a través de un análisis que le permite conocer la situación actual de telemedicina en el Perú con la finalidad de plantear una solución.

2.4 STUDENT OUTCOME D

“Participa en equipos multidisciplinarios desarrollando sus tareas con profesionales de diferentes especialidades o dominio de aplicación.”

El Student Outcome D hace mención a la capacidad de realizar trabajos y reuniones con profesionales de diferente campo de aplicación.

En base a la definición anterior, el proyecto ha cumplido con el Student Outcome D de la siguiente manera:

En el cronograma del proyecto, se han planeado reuniones con los interesados del proyecto; es decir, reuniones con el Profesor Gerente cuyas reuniones son todos los martes y viernes; con el Profesor Cliente, cuyas reuniones son todos martes o domingos y con el Revisor, cuyas reuniones son los días martes. De esta manera, el equipo de proyecto programó las reuniones con algunos especialistas en su rubro para darle seguimiento constante de los avances del desarrollo del proyecto. Asimismo, estas reuniones se especifican en los documentos de gestión según el PMBOK. Esto se ha evidenciado en los siguientes entregables:

- Cronograma del proyecto
- Plan de Comunicaciones

Asimismo, durante el desarrollo del proyecto, también se ha tenido interacción con no profesionales para la validación. Para esto, se ha contado con la Empresa Quality Services, la cual se tuvo coordinaciones con la Gerente Alumno: Renato Rojas y los recursos asignados al proyecto para la validación de los documentos o entregables que son desarrollados en los dos ciclos académicos. Para evidenciar esto, se brindará el siguiente documento:

- Certificado de QS

Adicionalmente, al final del último ciclo académico y como parte del desarrollo del proyecto se ha tenido contacto con recursos de Comunicación audiovisual y medios interactivos para el apoyo de la elaboración del poster en Illustrator y un video. Para esto, el equipo de proyecto realiza un esbozo del poster en formato ppt para que posteriormente, sea dibujado en Illustrator. De igual forma se realizó un guion y una secuencia para la correcta presentación del video. Para esto se ha contado con el apoyo de las siguientes personas:

- Fabiola Andrea Arana

2.5 STUDENT OUTCOME E

“Identifica, formula y resuelve problemas de ingeniería.”

El Student Outcome E hace mención a analizar las situaciones y proponer soluciones a problemas de ingeniería.

Tomando en cuenta lo antes descrito, el presente proyecto ha logrado cumplir el Student Outcome E de la siguiente manera:

Según el ciclo de vida de los sistemas de información se plantea el análisis del proyecto por medio de comparativas e investigación de tecnologías por las cuales se comparan aplicaciones médicas, funcionalidades de softwares, características de hardware y tecnologías usadas en telemedicina. De esta manera se identificó las mejores opciones para el desarrollo del proyecto. Esto se ha evidenciado en los documentos que fueron considerados como entregables:

- Documento de priorización de Aplicación Médica

- Documento de priorización de Tecnologías
- Benchmarking softwares de smartglass como soporte del modelo
- Benchmarking de Smartglasses

Luego del análisis, se plantea el diseño de la solución de modelo de telemedicina con la finalidad de resolver el problema la insuficiencia de médicos especialistas, la escasez de recursos, el aumento en la demanda de servicios y la centralización de éstos. De esta manera se diseña proceso, arquitectura y atributos que permitan que los centros de salud puedan brindar una mejor calidad asistencial en sus procedimientos médicos mediante transmisiones en vivo. Esto se puede evidenciar en el entregable:

- Modelo de Telemedicina
- Arquitectura Física del modelo de Telemedicina

Ilustración 3 : Arquitectura Física de Modelo de Telemedicina

(Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, para la validación del modelo de telemedicina se plantearon pruebas de concepto, así como también una encuesta a 10 médicos especializados en telemedicina que a juicio de experto pudieron confirmar la utilidad y beneficios de las aplicaciones del modelo de telemedicina. De esta manera, se resuelve el problema planteado mediante una solución que nace desde un concepto de ingeniería. Esto se puede evidenciar en el entregable:

- Pruebas de concepto

Ilustración 4 : Componentes centrales del modelo de telemedicina.

(Fuente: Elaboración propia)

2.6 STUDENT OUTCOME F

“Propone soluciones a problemas de ingeniería con responsabilidad profesional y ética.”

El Student Outcome F hace mención a poder realizar un proyecto teniendo en cuenta la confidencialidad y la responsabilidad de cumplir tiempos de compromisos pactados.

Bajo la descripción antes mencionada, el presente proyecto ha logrado cumplir con el Student Outcome F de la siguiente manera:

Como profesionales, el equipo de proyecto ha sido responsable en respetar los tiempos de compromiso pactados de forma que se cumpla con las actividades planificadas en el cronograma de trabajo desde el inicio del proyecto. De esta manera, se ha ejecutado las fases del proyecto de manera metódica y constante. A pesar de tener dificultades durante el desarrollo del cronograma, se pudieron manejar encontrando una alternativa que no retrase los tiempos pactados.

Para la validación del Student Outcome F, se realizaron los siguientes entregables:

- Cronograma del proyecto
- Plan de Gestión del Cronograma del proyecto
- Diccionario EDT
- Actas de Reunión con el Profesor Gerente y Profesor Cliente

En estas actas de reunión se da el compromiso de cumplir con las fechas establecidas y entregar los documentos los días que se han mencionado sin faltar al cumplimiento de los acuerdos.

2.7 STUDENT OUTCOME G

“Comunica ideas o resultados de manera oral o escrita con claridad y efectividad.”

En el presente proyecto se ha logrado cubrir el Student Outcome G de la siguiente manera:

Durante el desarrollo del proyecto, el equipo de proyecto ha plasmado sus ideas y conceptos en una serie de entregables. Los entregables, que pueden ser entregables de ingeniería o documentos de gestión y estos fueron revisados por el equipo de proyecto y personas interesadas en el proyecto como un juicio de experto, una especialista o un centro de salud con el cual se realizara la validación del proyecto.

Para poder ser entendidos por distintas personas de diferentes roles dentro del proyecto, fue necesario contar con una comunicación oral y escrita efectiva para poder comunicar las ideas del equipo de proyecto de una manera simple y no compleja. Y este punto es sumamente importante debido que al tener un modelo telemedicina como entregable final entonces se busca que este sea usado por diversos centros de salud y bajo este enfoque, la claridad y la simplicidad son necesarios al momento de explicar el modelo planteado es básico para que pueda ser fácilmente comprendido, tanto al momento de exponer las ideas como cuando lean los documentos del proyecto.

Por todo lo antes mencionado, para el equipo de proyecto es de suma importancia contar con constancias o certificados de revisión de todos sus entregables, por personal experto en la materia correspondiente, con el cual se asegurará la calidad de estos. Por ello, dentro del proyecto se cuenta con constancias de revisión del trabajo que se evidencia en:

- Constancia de revisión de toda la documentación por QS
- Constancia de las actas de reuniones con las partes interesadas
- Constancia de revisión y aprobación de Paper
Con esta constancia se asegurará que el Paper del proyecto fue elaborado, finalizado y revisado de una manera exhaustiva con el objetivo de proponer el Paper a diferentes congresos internacionales, donde la comunicación escrita es de suma importancia porque será revisado por entes internacionales.
- Acta de validación por el juicio de experto- especialista de salud
Esta constancia asegura que la información brindada en los documentos que se brindara a las personas del centro de salud y pueda ser entendido de la mejor manera por ellos.
- Para poder sostener una comunicación clara, se sostuvieron 4 exposiciones frente a un comité dentro del campo de la ingeniería, software y computación, el cual evalúan y realizan las consultas necesarias al equipo de proyecto y finalmente, dar los resultados de las exposiciones orales.

2.8 STUDENT OUTCOME H

“Identifica el impacto de las soluciones de ingeniería en el contexto global, económico y del entorno de la sociedad.”

El presente proyecto ha logrado cubrir el Student Outcome H de las siguientes maneras:

Para lograr la identificación de impacto del proyecto, inicialmente se evaluó dentro del documento Project Chárter. Este documento es el primero en documentarse en proyecto y consolida temáticas como el problema a solucionar, siendo necesario para proponerlo, conocer un problema con impacto y trascendencia dentro de la sociedad, como es que en el Perú exista un déficit de médicos especialistas en hospitales del Ministerio de Salud (Minsa) y del Seguro Social de Salud (EsSalud). Según el estándar de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el nivel de atención debe de ser de un médico por mil habitantes, pero nos encontramos con una realidad de un médico por diez mil pobladores. Por lo que, los lugares más afectados por la carencia de especialistas son las zonas rurales del país.

Más adelante, para contar con un mayor detalle del impacto del proyecto, se documentó el entregable "Situación actual de la telemedicina en el Perú". Dentro del cual, el equipo de trabajo documenta detalladamente un estudio realizado en el contexto peruano de la telemedicina en la actualidad y detalla proyectos, iniciativas o avances en telemedicina tanto en el sector privado como en el público

Finalmente, en el Paper del proyecto se describe de una manera mucho más detallada el impacto de los Smart Glasses a nivel global, gracias al estudio realizado y en la consideración de Papers de diversos países, sobre los que se han presentado los beneficios de Smart Glasses en telemedicina, experiencias satisfactorias y viabilidad del uso de los mismos en distintas aplicaciones clínicas

2.9 STUDENT OUTCOME I

“Reconoce la necesidad de mantener sus conocimientos actualizados.”

El presente proyecto ha logrado cubrir el Student Outcome I de las siguientes maneras:

Durante el desarrollo del proyecto, se realizaron diversos estudios, dando como resultado el entregable final, que es una propuesta de modelo de telemedicina para lo cual se ha tenido que recaudar fuentes de Paper de diferentes autores y países que puedan colaborar en el desarrollo del modelo. Y esto se evidencia en el *Paper del proyecto*.

Adicionalmente, durante la etapa de análisis del proyecto, se ha contado con estudios de las diferentes tecnologías usadas en telemedicina tomadas en cuenta de los informes de Boston Technology y Gartner de los últimos años para que pueda dar la tendencia de las tecnologías usadas en telemedicina más rankeadas a nivel global. Esto se puede evidenciar en el entregable de *Priorización de tecnología*.

Teniendo en cuenta los grandes avances tecnológicos que se dan en el día a día, tener conocimiento tecnológico actualizado para el modelo de telemedicina, es fundamental dentro de su buen funcionamiento en los centros de salud. Para mantener actualizados los conocimientos tecnológicos, se elaboró el informe de benchmarking tanto de software de smartglass como de smartglasses como parte de los entregables del proyecto.

2.10 STUDENT OUTCOME J

“Analiza hechos del mundo contemporáneo identificando el impacto en el desempeño profesional de ingeniería.”

El presente proyecto ha logrado cubrir el Student Outcome J de la siguiente manera:

Para el desarrollo del proyecto, fue necesaria la documentación de entregables que consideren el análisis del mundo y contexto actual, a través del cual se desarrollaría el modelo propuesto. Con eso como base, se realizó la documentación del entregable *Situación actual de la telemedicina en el Perú*. En este documento se realizó un análisis e investigación sobre la perspectiva de la telemedicina a nivel nacional detallando proyectos iniciativas o avances de la misma. Este documento es de suma importancia debido a que permite enfocar la propuesta del modelo y es uno de los primeros, que además del Project Chárter nos permite conocer más sobre el problema, y como se buscó orientar la solución al problema planteado en el proyecto

Como análisis del mundo contemporáneo se reunieron las distintas aplicaciones médicas de la telemedicina. Esto se evidencia en el entregable *Clasificación de Aplicaciones Médicas en Telemedicina* donde se da un conocimiento de las diversas maneras de adaptar o utilizar las tecnologías para realizar servicios de telemedicina. Y luego permita seleccionar mediante criterios establecidos la aplicación médica más apropiada para la propuesta de modelo de telemedicina.

De igual manera, para el análisis del mundo contemporáneo dentro del entregable de *Soluciones en telemedicina por tecnología* se reunieron soluciones y casos de éxito de las diferentes tecnologías para realizar servicios telemedicina. Su realización nos ayudó a identificar los beneficios de las distintas tecnologías para definir más adelante la herramienta más apropiada para la propuesta de modelo de telemedicina.

Por otro lado, para conocer el impacto de los acontecimientos del mundo contemporáneo, se realizó una comparación entre las herramientas de telemedicina sobre las cuales se basó el proyecto, los Smart glasses, dispositivos “wearables” de realidad aumentada que por sus componentes integrados permiten realizar videoconferencia a través de ellos. Esto se demuestra en el entregable de *Priorización de tecnologías* y en base a la herramienta propuesta es sobre la cual se propone el modelo. Su elección es de mucha importancia debido a que la elección acertada de la herramienta de telemedicina impactó en el trabajo que se estuvo realizando por parte del equipo de proyecto.

Y de la misma forma en el entregable de Propuesta de modelo de telemedicina se puede evidenciar el estudio de hechos contemporáneos para la elaboración de arquitectura lógica y atributos de calidad para videoconferencias los cuales son parte del modelo propuesto.

Finalmente, el Paper resumió la investigación realizada, ampliando el estudio al mundo contemporáneo y evaluando el impacto de la solución de telemedicina.

2.11 STUDENT OUTCOME K

“Utiliza técnicas, herramientas y metodologías necesarios para la práctica de ingeniería.”

El presente proyecto ha logrado cumplir el Student Outcome K de la siguiente manera:

En el desarrollo del proyecto, se utilizaron técnicas y herramientas, que fueron de gran utilidad al poner en práctica la ingeniería en la propuesta de modelo de telemedicina.

Durante la fase de planificación, se elaboró un cronograma que cumple la labor de planificador de todas las actividades por realizar en el durante el proyecto que fue de gran ayuda ya que permitió medir tiempos y organizar las actividades según la metodología PMBOK (Project Management Body of Knowledge).

Con respecto a herramientas utilizadas y para estar a la vanguardia tecnológica, dentro de los entregables del modelo se ha considerado el estudio de 17 herramientas de teleconsulta con Smart glasses: Eyesight, Strete Enterprise, RemoteEye, Expert Teleportation, RemoteVu, SmartDesk, xAssit, Tandem, XpertEye, Vital, Augmented automation, BMed, XOEye, Air Suite, Share, LiveCast, wHealth las cuales se han investigado con el fin de poder validar sus funcionalidades y características básicas. Luego, gracias a este paso realizado, se ha podido realizar el informe de benchmarking de softwares de smartglass y así poder definir que herramienta más apropiada para la propuesta del modelo de telemedicina.

Todas las metodologías y herramientas utilizadas fueron debidamente aprobadas por el Profesor Cliente y esto se evidencia en las actas de reunión.

2.12 STUDENT OUTCOME J - CAC

“Comprende y brinda soporte para el uso, entrega y gestión de sistemas de información dentro de un entorno de sistemas de información.”

El presente proyecto ha logrado cumplir el Student Outcome J-CAC de la siguiente manera:

En la validación de la herramienta escogida Smart Glasses dentro de los centros de salud en el Perú se ha planteado seguir un Plan de Continuidad que es un entregable realizado, en el cual se brinda el plan de implementación a futuro del modelo de Telemedicina en distintas áreas de la medicina como

dermatología y cirugía general para la asistencia y enseñanza remota. Esto se evidencia en el documento de:

- Plan de continuidad

CAPÍTULO 3 MARCO TEÓRICO

El presente capítulo define los conceptos básicos relacionados al tema de estudio de la investigación. Se especifica la definición de los componentes principales y términos necesarios para el desarrollo de las propuestas de soluciones tecnológicas en Telemedicina.

3.1 Telemedicina

Para definir el término telemedicina, se han tomado las definiciones expuestas por la Organización Mundial de Salud, la Asociación Americana de Telemedicina y por el Ministerio de Salud del Perú (Norma Técnica de Salud en Telesalud), con el objetivo de tener diversos puntos de vista de organizaciones especializadas en el sector salud y Telemedicina.

Desde hace muchos años se ha investigado cómo obtener provecho de las tecnologías de información y las telecomunicaciones en el campo de la salud, definiendo los contenidos de esta disciplina que se ha llamado Telemedicina que significa medicina a distancia y se define como:

“El suministro de servicios de atención sanitaria en los que la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer diagnósticos, preconizar tratamientos y prevenir enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los profesionales de atención de salud y en actividades de investigación y de evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven" (Organización Mundial de la Salud, 1997)

“El intercambio de información médica de un sitio a otro a través de comunicaciones electrónicas para mejorar el estado de salud de los pacientes”. (Asociación Americana de Telemedicina, 2003)

“Es la provisión de servicios de salud a distancia, en los componentes de promoción, prevención, recuperación o rehabilitación, por profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y comunicación, que les permite intercambiar datos con el propósito de facilitar el acceso de la población a servicios que presentan limitaciones de oferta, de acceso a los servicios o de ambos en su área geográfica”. (Ministerio de Salud del Perú, 2008)

En otras palabras, la Telemedicina utiliza las Tecnologías de Información y las Telecomunicaciones para proporcionar apoyo a la asistencia sanitaria, independientemente de la distancia entre quienes ofrecen el servicio (médicos, paramédicos, psicólogos, enfermeros, etc.) y los pacientes que lo reciben. Con la generalización de Internet como canal de información y comunicación cotidiana entre personas, la Telemedicina ha encontrado un medio idóneo para desplegar una variedad de servicios centrados en las necesidades regionales y de las comunidades.

Desde sus orígenes la motivación principal para su uso ha sido la de facilitar el acceso a los servicios sanitarios desde lugares remotos y aislados. El impulso básico para el desarrollo de la telemedicina radica en la potencialidad de sus aplicaciones prácticas que la hacen deseable para los usuarios o las instituciones sanitarias. De esta forma, a lo largo de la última década ha estado influenciada en gran medida por el incesante desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones, se puede considerar como una técnica en estado maduro por lo que tanto desde el punto de vista de los proveedores de tecnología como del de los usuarios de la medicina, pacientes y profesionales, se demanda la necesidad de nuevos servicios de salud basados en telemedicina.

En la actualidad, el avance en los Sistemas de Información y las comunicaciones y el uso ya habitual por los ciudadanos y profesionales de la salud, posibilita el desarrollo de proyectos en este ámbito que proporcionan un gran número de ventajas para los pacientes, para los profesionales y para la organización.

Así, la Telemedicina es tanto una herramienta como un procedimiento. Es una herramienta porque su desarrollo depende del avance tecnológico y nos permite ofrecer servicios médicos a distancia, pero también es una manera de desarrollar nuevos procedimientos diagnósticos y terapéuticos haciendo énfasis en la relación médico-paciente y centrando los servicios en el paciente, por un lado facilitará efectuar diagnósticos y tratamientos a distancia en conjunto con médicos especialistas hasta los sitios más remotos en tiempo real o diferido; permitirá también mantener al personal actualizado al llevar capacitación hasta su lugar de trabajo además de enfatizar en la prevención al proporcionar información a la población

3.1.1. Beneficios de la Telemedicina

Pacientes

- Diagnósticos y tratamientos rápidos y oportunos.
- Reducción del número de exámenes duplicados.
- Atención integral y continua, es decir, sin perder la calidad en ningún eslabón de la cadena de atención médica.
- Evitar traslados para consultar al médico especialista.
- Las familias pueden estar más cerca del paciente y tener un contacto más directo con el servicio.
- Reducción de factores como la distancia, el tiempo y los costos.

- Atención médica especializada de forma inmediata que solo proporcionan los centros de segundo tercer nivel.
- Manejo intradomiciliario del paciente imposibilitado para trasladarse.

Médicos de primer contacto

- Nuevas posibilidades de efectuar interconsultas con especialistas.
- Más elementos de juicio a la hora de adoptar decisiones.
- Posibilidad de evitar los desplazamientos innecesarios.
- Posibilidad de verificar diagnósticos y solicitar una segunda opinión con los especialistas para confirmar o definir un diagnóstico dudoso.
- Posibilidad de atención, manejo y seguimiento a pacientes hospitalizados en unidades médica de atención primaria así como a hospitales generales con recomendaciones de médicos en hospitales de segundo y tercer nivel.
- Se abren nuevas posibilidades para el entrenamiento de los profesionales de la salud a la educación médica continua.

Hospitales

- Reducción en el extravío y acumulo de exámenes diagnósticos, expedientes o documentos.
- Diagnósticos y tratamientos precisos y oportunos.
- Descentralización de la demanda en la atención médica, evitando la saturación de los servicios y procesos en unidades hospitalarias de segundo y tercer nivel.
- Permite brindar la atención inmediata y de calidad a un mayor número de usuarios.
- Agilizar el proceso de atención continua entre diferentes niveles de atención.
- Mejor comunicación entre los distintos servicios.
- Economías en los gastos de transporte.
- Automatización de los procesos médicos y administrativos que facilitarán la toma de decisiones con un control adecuado.
- Utilización más eficaz de los equipos.

Sistema de salud

- Mejor utilización y aprovechamiento de los recursos.
- Abate la barrera de inequidad en cuanto al acceso a los servicios
- Análisis científicos y estadísticos flexibles y oportunos.
- Mejora en la gestión de salud pública por las autoridades sanitarias.
- Recursos adicionales para la enseñanza de los estudiantes.
- Permite establecer redes de apoyo médico a nivel nacional.

3.2 Tipos de telemedicina

Dada la diversidad de especialidades existentes en la medicina y las diversas maneras de adaptar o utilizar las tecnologías para realizar servicios de telemedicina, se presentan los principales tipos de telemedicina.

3.2.1 Teleconsulta

Es la interacción compartida de imágenes e información médica, donde el diagnóstico primario es realizado por el doctor en la locación del paciente. El propósito es proveer una segunda opinión por un especialista remoto para confirmar el diagnóstico o para ayudar al médico local a llegar a un diagnóstico correcto.³ La consulta se desarrolla a través de sistemas de videoconferencia a un médico especialista. El uso de la informática y telecomunicaciones para la asistencia sanitaria, de médico a médico con fines clínicos sirve para intercambiar información médica de cualquier tipo por medios electrónicos de comunicación para mejorar la calidad de las prestaciones médicas.

La comunicación entre el profesional de la salud y el paciente se puede desarrollar mediante dos formas:

- Las teleconsultas en sincronía se realizan en tiempo real, entre los pacientes y los profesionales de la salud en el envío de la información, empleando en algunas circunstancias sofisticadas tecnologías en telecomunicación, recurriendo a la telefonía como tecnología principal. La telemetría, por su parte, permite la transmisión en tiempo real de diversa

³ Cfr. RUIZ IBÁÑEZ, CARLOS; TRUJILLO ZEA, ANDRÉS; ZULUAGA DE CADENA, ÁNGELA; (2007), 79-80.

información clínica entre la que se destaca la valoración fisiológica (presión sanguínea, pulso y saturación de oxígeno) y el desarrollo de exámenes clínicos con la electroencefalografía (EEG) permitiendo una mejor monitorización. Estos procedimientos de teleconsulta en sincronía, se ven notablemente mejorados con el uso de la videoconferencia como tecnología de mayor impacto; en donde se obtiene un mayor contacto visual y auditivo con el paciente. Especializaciones médicas, como la psiquiatría y la cirugía utilizan comúnmente este tipo de teleconsulta.

- Las teleconsultas en asincronía, se realizan mediante el envío de la información clínica, y su posterior asesoramiento. Una de las mayores ventajas de la teleconsulta en asincronía, estriba en que las partes involucradas no necesariamente tienen que estar presentes en la transmisión de la información. Asimismo, poseen la capacidad de capturar y almacenar imágenes estáticas o en movimiento del paciente, así como audio y texto, lo cual brinda una mayor información clínica que se refleja en la calidad de los diagnósticos. Estas modalidades son utilizadas con mayor frecuencia en la teledermatología, teleoftalmología, teleneurología y teleotorrinolaringología, y tienen la ventaja de ser económicos.⁴

Ilustración 5 : Aplicación de la Teleconsulta

⁴ RUIZ IBÁÑEZ, TRUJILLO ZEA, ZULUAGA DE CADENA 2007: 79.

3.2.2 Teleeducación

La teleeducación se define como el empleo de las tecnologías de la información y telecomunicación para impartir educación médica a distancia. En la actualidad, varios estudios arrojan que el uso de Internet, así como la videoconferencia, son los medios empleados con más frecuencia por los profesionales de la salud en la búsqueda del incremento y práctica de sus conocimientos. El empleo de la teleeducación tiene como objetivo de brindar oportunidades de entrenamiento, incremento de experiencia educativa para médicos por intermedio de consultas con especialistas y asistencia virtual a rondas académicas. Asimismo, el desarrollo de ésta posee el potencial de menguar en parte el aislamiento sufrido por algunos profesionales en salud, reducir costos, tiempo de viaje y ausencia de personal dentro de programas de educación programados por diversas instituciones.⁵

Existen diversos tipos de teleeducación dependiendo el propósito de la transmisión de la información:

- La educación clínica vía Internet, se desarrolla empleando esta herramienta de gran utilidad en el mundo médico. El acceso a diversas bases de datos con artículos y libros médicos y clínicos permite conocer diferentes programas en educación médica
- La teleeducación a partir de la teleconsulta, se manifiesta a través de la relación entre el médico experto con el no experto, practicante o residente; al brindar un diagnóstico a la consulta planteada por estos.
- La educación pública vía telemedicina, con la finalidad de brindar a la comunidad en general un sin número de temas relacionados con la salud pública, hoy en día se presta particular atención en el enfoque de la educación médica a través de páginas web que proporcionan vasta información sobre dietas, ejercicios, higiene y enfermedades diversas como el cáncer y sida.
- Los estudios académicos vía internet, actualmente esta modalidad es empleada por los diferentes centros de formación profesional y clínicas las mismas que imparten el desarrollo de una variedad de cursos y prácticas virtuales en donde los participantes son evaluados y calificados.

⁵ RUIZ IBÁÑEZ, TRUJILLO ZEA, ZULUAGA DE CADENA 2007: 80.

Ilustración 6 : Aplicación de la Teleeducación

3.2.3 Telemonitoreo

El telemonitoreo es el empleo de las tecnologías de información y telecomunicación, para conocimiento y obtención de importante información de rutina o especial con relación al estado de los pacientes. Actualmente, la sofisticación y variedad de las tecnologías de la telecomunicación ha posibilitado el monitoreo de ECG (electrocardiograma), niveles de insulina, variables cardíacas, sistemas de diálisis, variables fisiológicas entre otros.⁶

Con el fin de decidir cómo y cuándo se debería realizar un acomodo al tratamiento del paciente, el telemonitoreo permite a los profesionales en salud obtener y monitorear las posibles variables fisiológicas, resultados de exámenes, imágenes y sonidos provenientes del paciente. Por lo general es desarrollado desde el hogar del paciente o centros de enfermería.

⁶ RUIZ IBÁÑEZ, TRUJILLO ZEA, ZULUAGA DE CADENA 2007: 81.

Ilustración 7: Sistema de Telemonitoreo

3.2.4 Telecirugía

La telecirugía es la práctica de cirugías en donde el cirujano se encuentra lejos del paciente, por lo que la visualización y manipulación es realizada a distancia empleando dispositivos tele-electrónicos y de alta tecnología en telecomunicaciones. El objetivo principal de la telecirugía consiste en brindar servicios quirúrgicos a pacientes que por diversas razones no pueden ser atendidos dentro de los estándares normales de salud,⁷ La Telecirugía es practicada empleando dos procedimientos:

- La primera se refiere a la teleeducación o "telementoring", en donde se brinda una asistencia por parte de un especialista a distancia, a un cirujano con el fin de desarrollar procedimientos quirúrgicos.
- La segunda, denominada cirugía telepresencial, es desarrollada a distancia por cirujanos calificados mediante la utilización de brazos robóticos, micro cámaras, ecografía, láser e instrumentos ópticos de alta resolución y tecnología de punta en telecomunicaciones.

⁷ RUIZ IBÁÑEZ, TRUJILLO ZEA, ZULUAGA DE CADENA 2007: 81.

Ilustración 8 :Sistema de Telecirugía

3.3 Norma Técnica de Salud en Telesalud

La Norma Técnica de Salud en Telesalud (NTS N^a 067 MINSA/DGSP-V.01) aprobada por el Ministerio de Salud del Perú el 26 de mayo del 2008 tiene como objetivo general:

“Regular mediante disposiciones técnico administrativas, las aplicaciones de la telesalud en la gestión y acciones de información. Educación y comunicación (IEC) en los servicios de salud, así como en las prestaciones de servicios de salud bajo la modalidad de telemedicina.” (Ministerio de Salud del Perú, 2008).

El ámbito de aplicación de esta norma comprende a todos los establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo, públicos y privados, incluyendo a los del Ministerio de Salud, de EsSalud, Las fuerzas Armadas. La Policía Nacional del Perú, los Gobiernos Regionales y los Gobiernos Locales que incorporen telesalud.

CAPÍTULO 4 ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se presenta una revisión de la literatura referida a la definición del Estado del Arte del presente proyecto. Luego, se mencionan diversos casos de estudio de Smart Glasses en Salud, donde se detalla el aporte de cada autor y las conclusiones obtenidas. Para la elaboración del presente capítulo se ha tomado en consideración la búsqueda de diferentes fuentes y bancos de información como PubMed, Web of Science, ACM Digital Library, Google Search Engine, entre otros.

4.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA

La revisión de la literatura muestra resultados positivos en cuanto a los beneficios de los Smart Glasses en Telemedicina, haciendo uso de las distintas aplicaciones técnicas en diferentes escenarios médicos.

En el campo de la salud, ha habido un gran interés en el uso de la tecnología de la información para mejorar la atención al paciente, disminuir el costo y aumentar la eficiencia de la calidad asistencial brindada. (Mitrasinovic et al., 2015).

Beneficios de los Smart Glasses en Telemedicina

En los estudios de Borgmann et al. (2016) y Mitrasinovic et al. (2015), se señala que las aplicaciones técnicas útiles en un procedimiento quirúrgico con los Smart Glasses son tomar fotografías y grabar videos para enseñanza y la documentación, transmisión en vivo, Teleconsulta de manos libres, revisar las imágenes de los pacientes y la búsqueda en internet para información de salud. En Baker, Fryberger & Ponce (2016) se indica que esta tecnología puede resultar ser una herramienta rentable para educación y la asistencia quirúrgica a distancia en el futuro. Brewer et al. (2016) realizó un estudio el cual señala que esta tecnología permite la adopción de la perspectiva del alumno y que este pueda ser un complemento educativo útil en la formación de los cirujanos.

En los estudios de Chang et al. (2016) identifican que este sistema móvil de realidad aumentada tiene muchas esperanzas de revolucionar la cirugía haciendo la documentación más fácil y, lo que es más importante, elevando el nivel de atención quirúrgica y entrenamiento. Davis & Rosenfield (2015) mencionan que los Smart Glasses tienen un potente potencial para aumentar el entrenamiento quirúrgico, la documentación médica y la seguridad del paciente.

En Pérez Alonso et al. (2016), se presenta un estudio el cual muestra que un grupo de enfermeros que recibió ayuda telemática, a través de las Google Glass, por parte de un médico experto en comparación con otro grupo de enfermeros, mejoró de forma significativa el porcentaje de éxito de la intubación orotraqueal.

Procedimientos quirúrgicos

En los estudios de Borgmann et al. (2016), Baker, Fryberger & Ponce (2016), Muensterer et al. (2014), Diaz et al. (2017), Porras et al. (2016) se expone experiencias satisfactorias y la viabilidad

del uso de Smart Glasses y livestreaming en distintos procedimientos quirúrgicos respectivamente, cirugías urológicas, cirugía ortopédica, cirugía pediátrica, cirugía intercraneal y neurocirugía.

Entrenamiento quirúrgico

En el estudio de Brewer et al. (2016) mencionan que en un entorno operativo la visualización en tiempo real del punto de vista del alumno por parte del instructor puede mejorar el rendimiento y la eficiencia. Se plantea que la introducción de un sistema de visualización quirúrgica que permita al instructor visualizar áreas "ciegas" en el campo operativo podría mejorar el rendimiento del aprendiz en una simulación.

Anestesiología

En el estudio de Brockman, Datta & von Ungern-Sternberg (2016) observan que los dispositivos montados en la cabeza (Head-mounted devices) son útiles para aplicaciones dentro de la medicina, incluyendo en la anestesia para la monitorización del paciente. Los dispositivos anteriormente utilizados en anestesia para este propósito eran a menudo voluminosos, incluir cables de amarre o, de otro modo, eran ergonómicamente imposibles de utilizar. Google Glasses es un moderno HMD que es ligero y resuelve muchos de los problemas identificados con anteriores HMD.

Toxicología

En los estudios de Chai, Babu & Boyer (2015) y Skolnik et al. (2016) se expone la viabilidad de los Smart Glasses para Toxicología, y se demuestra que es factible para el desarrollo de este servicio. Se evaluó en estos la usabilidad, fiabilidad y precisión de la evaluación del paciente envenenado cuando se realiza remotamente a través de los Smart Glasses.

Dermatología

En el estudio de Chai et al. (2015) identifican que la Teledermatología de emergencia se ha vuelto más común en los últimos años debido a que los pacientes que presentan problemas de piel requieren a menudo diagnóstico y tratamiento de inmediato. Las preocupaciones de la piel constituyen el 3,3% de las visitas al departamento de urgencias. Es factible y aceptable el uso de Smart Glasses como herramienta de comunicación para las consultas dermatológicas de emergencia de modo que los pacientes no tengan que esperar meses para ser tratados por un dermatólogo.

Medicina Forense

En el estudio de Albrecht et al. (2014) mencionan que los Smart Glasses son eficientes para la educación de profesionales y documentación, es decir, toma de imágenes y grabación de video desde el punto de vista del patólogo forense. Sin embargo, los Google Glass lentes utilizados para el estudio cuentan con poca capacidad en batería y un alto consumo de energía, lo que es una desventaja debido a la extensa duración de las exámenes forenses. Es necesario de equipos o hardware mucho más potente para este tipo de procedimientos.

Evaluación de órganos donantes

En el estudio de Baldwin et al. (2015) plantean que la aplicación de la tecnología móvil Smart Glasses ofrece no solo un valor inmediato con la visualización en video en vivo del equipo de trasplante para la verificación final de la calidad del órgano, sino la posibilidad de transformar el enfoque en la práctica de la medicina.

Emergencias

En el estudio de Schaer, Melly, Muller & Widmer (2016) se evalúa el uso de los Smart Glasses en urgencias, donde los paramédicos accedieran a conocimientos médicos de especialistas directamente en el sitio del accidente a través de una videoconferencia en primera persona. La transmisión de parámetros vitales de un paciente sin retrasos de modo que el especialista siga de forma remota y asesore a los paramédicos simultáneamente agrega valor para el cuidado del paciente. Sin embargo, no es necesaria para todas las situaciones ya que podría añadir carga a los paramédicos y dificultar la comunicación con el paciente.

4.2 BENEFICIOS DE LOS SMART GLASSES EN TELEMEDICINA

Feasibility and safety of augmented reality- assisted urological surgery using Smart Glasses

En los estudios de Borgmann et al. (2016) la motivación es el evaluar la viabilidad, la seguridad y la utilidad de la cirugía urológica asistida por realidad aumentada usando Smart Glasses (SG).

En el paper se plantea el que siete cirujanos urológicos (3 urólogos de la junta y 4 residentes de la urología) realicen cirugía urológica asistida por realidad aumentada usando SG para 10 tipos diferentes de operaciones y un total de 31 operaciones urológicas. La factibilidad se evaluó utilizando

metadatos técnicos (número de fotografías tomadas / número de videos grabados / tiempo de video grabado) y entrevistas estructuradas con los urólogos sobre su uso de SG. La seguridad se evaluó mediante el registro de complicaciones y clasificación según la clasificación Clavien-Dindo. Utilidad de SG para la cirugía urológica fue consultado en entrevistas estructuradas y en una encuesta.

Ilustración 9 : Cirujano usando los Google Glass (A) Vista en primera persona haciendo uso de los Smart Glasses de realidad aumentada (B)

Fuente: Borgmann et al. (2016)

La implementación del SG durante la cirugía urológica fue factible sin obstáculos intrínsecos (defecto técnico) o extrínsecos (incapacidad para controlar la SG). Los resultados muestran que el uso de SG fue seguro ya que no sucedieron complicaciones de grado 3-5 en la serie de 31 cirugías urológicas de diferentes complejidades. Las aplicaciones técnicas de SG incluyeron tomar fotografías / grabar videos para la enseñanza y la documentación, la Teleconsulta de manos libres, revisar los expedientes médicos de los pacientes y las imágenes y buscar en Internet información de salud. La utilidad general de SG para la cirugía urológica se clasificó como muy alta en un 43% y alta en un 29% de los cirujanos.

El estudio concluye que la cirugía urológica asistida por realidad aumentada que utiliza SG es factible y segura y también proporciona varias funciones útiles para cirujanos urológicos. Nuevos desarrollos e investigaciones son necesarios en un futuro cercano para aprovechar el gran potencial de esta excitante tecnología para la cirugía.

4.3 APLICACIONES CLINICAS CON SMART GLASSES

4.3.1 Procedimientos Quirúrgicos

Google Glass in pediatric surgery: An exploratory study

En el estudio de Muensterer et al. (2014) la motivación es el hecho que la tecnología personal de información portátil está avanzando a una velocidad impresionante. Google ha introducido recientemente Glass, un dispositivo que se usa como gafas convencionales, pero que combina una unidad de procesamiento central computarizada, touchpad, pantalla de visualización, cámara de alta definición, micrófono, transductor de conducción ósea y conectividad inalámbrica.

El dispositivo se utilizó diariamente durante 4 semanas consecutivas en un Hospital Infantil Universitario. Se mantuvo un registro diario y se identificaron las actividades con potencial aplicabilidad. El rendimiento de Google Glass se evaluó para tales actividades. Se llevaron a cabo experimentos in vitro donde se indicaron ensayos adicionales.

El uso de vidrio durante todo el día para el intervalo de estudio fue bien tolerado. Los resultados indicados por Colegas, personal, familias y pacientes tuvieron una respuesta positiva al Google Glass. Aplicaciones útiles para el Glass fueron captura de fotos, video documentación y llamadas telefónicas con manos libres, buscar códigos de facturación y búsquedas en Internet para términos médicos desconocidos o síndromes. Sin embargo, los inconvenientes encontrados con el equipo actual fueron resistencia a la batería baja, problemas de protección de datos, calidad de audio general deficiente, así como larga latencia de transmisión combinada con interrupciones y cortes durante la videoconferencia por Internet.

Application	Examples	Anticipated challenges
Telementoring during surgery	An experienced surgeon could give advice in real-time during an operation.	<ul style="list-style-type: none"> - Camera angle and field of view. - Quality of 2-way transmission, lag time. - Legal aspects, responsibility, privileges, licensing, malpractice, data security.
Recording consent discussion	Surgeon wears Glass during informed consent discussion. Record is later shared with patient family.	<ul style="list-style-type: none"> - Battery life - Downloading and sharing cumbersome
Telepresence in the trauma bay, on patient transports, emergency room, or intensive care unit.	Junior practitioners can be supervised by and can interact with faculty and experts, particularly in unusual or unanticipated circumstances.	<ul style="list-style-type: none"> - Camera angle and field of view. - Quality of 2-way transmission, lag time. - Legal aspects, responsibility, privileges, licensing, malpractice, data security.
Photodocumentation in the operating room	Surgeon can take pictures and video clips during an operation using voice commands and without breaking scrub	<ul style="list-style-type: none"> - Camera angle and field of view - Lighting conditions (see Fig. 3) - Data security if uploaded to server - Potential to interrupt surgical workflow
Interaction with parents/caregivers during an operation	Surgeons could "call" the parents/caregivers during long procedures for an update and reassurance	
Answering calls and text messages	Glass can be used to answer telephone calls and text messages without breaking scrub	<ul style="list-style-type: none"> - Distraction from operation - Poor audio quality (with Glass version 1.0)
Coding	ICD 9/10 and CPT codes can be looked up	<ul style="list-style-type: none"> - Glass recognizes only about 70–80% of all procedures/diagnoses using voice input
Online medical encyclopedia	Unusual syndromes and conditions can be looked up on the go	<ul style="list-style-type: none"> - Glass may not recognize voice input - Asking Glass to look up condition verbally may be disruptive to surrounding - List of results requires manual scrolling
Viewing real-time fluoroscopy or ultrasound images when performing percutaneous access	During percutaneous central venous access, or during percutaneous orthopedic procedures, the realtime ultrasound or fluoroscopy images could be visible for the surgeon in the head-mounted display of Glass, allowing the surgeon to have a simultaneous view of the surgical field and the imaging information.	<ul style="list-style-type: none"> - the resolution of the screen may be insufficient to project discreet findings. - Lag time of the acquired versus the displayed image must be minimal.

Ilustración 10 : Aplicaciones potenciales para Google Glass en una configuración quirúrgica

Fuente: Muensterer et al. (2014)

El estudio concluye que los Google Glass tiene alguna utilidad clara en el entorno clínico. Sin embargo, antes de que pueda recomendarse universalmente para médicos y cirujanos, se requieren mejoras sustanciales en el hardware, se deben resolver problemas de protección de datos y se deben desarrollar aplicaciones médicas especializadas (aplicaciones).

4.3.2 Entrenamiento Quirúrgico

Inheriting the Learner's View: A Google Glass-Based Wearable Computing Platform for Improving Surgical Trainee Performance

En el estudio de Brewer et al. (2016) proponen la introducción de un sistema de visualización quirúrgico portátil que permita al instructor visualizar áreas de otra manera "ciegas" en el campo operatorio podría mejorar el desempeño del aprendiz en un entorno operativo simulado. Si tal tecnología mejora la instrucción en un entorno simulado, la transición a un entorno clínico puede ser posible.

Para el análisis participaron un total de 11 residentes de cirugía (4 en cirugía general de cirugía y 7 en un programa integrado de 6 años de cirugía cardiorádica) en el estudio. Se utilizó Google Glass

(Mountain View, CA) con software propiedad de CrowdOptic (San Francisco, CA) para la creación del sistema de visualización quirúrgico portátil. Tanto el alumno como el entrenador llevaban el sistema y el video era transmitido en tiempo real desde el sistema del alumno al entrenador, quien dirigía al alumno para colocar agujas en un campo operativo simulado. Los sujetos colocaron un total de 5 agujas en cada uno de los 4 cuadrantes. Se calculó un puntaje de error compuesto basado en la exactitud de la colocación de la aguja en relación con las trayectorias de aguja previstas tal como se describe por el entrenador. También se midió el tiempo para completar la tarea (Time to Task Completion) y los participantes completaron un cuestionario de salida.

Ilustración 11: Resultados obtenidos con y sin los Smart Glasses

Fuente: Brewer et al. (2016)

Todos los residentes completaron las tareas del protocolo y la encuesta. Los resultados del estudio muestran que la introducción del sistema de visualización quirúrgico portátil no afectó el tiempo medio hasta la finalización de la tarea (278 ± 50 vs. 282 ± 69 segundos, $p = \text{NS}$). Sin embargo, el puntaje de error compuesto promedio disminuyó significativamente una vez que el sistema usable se desplegó (18 ± 5 frente a 15 ± 4 , $p < 0,05$), demostrando una mayor precisión en la colocación de la

aguja. La mayoría de los participantes consideraron el dispositivo discreto, fácil de operar y útil para la comunicación y la instrucción.

Este estudio concluye que los sistemas de visualización quirúrgicos que permitan la adopción de la perspectiva del alumno pueden ser un complemento educativo útil en la formación de los cirujanos. Por lo que la eficacia de la tecnología portátil en el ambiente de la sala de operaciones está garantizada.

4.3.3 Anestesiología

Patient monitoring with Google Glass: a pilot study of a novel monitoring technology.

En el estudio de Brockman, Datta & von Ungern-Sternberg (2016) buscan examinar la aceptación de Google Glass como dispositivo de monitoreo de pacientes en un contexto de anestesia pediátrica en el Hospital Princess Margaret para Niños, Perth, Australia.

Para la evaluación desarrollaron una solución de software diseñada a la medida para integrar Google Glass en el entorno de anestesia, lo que permitió al usuario del dispositivo ver continuamente los parámetros de monitorización del paciente transmitidos de forma inalámbrica desde la estación de trabajo de anestesia.

Ilustración 12 : Transmisión de data desde la estación de anestesia, laptop, router Wireless y anesthesiólogo con Google Glass

Fuente: Brockman, Datta & von Ungern-Sternberg (2016)

Un total de 40 anestesistas fueron incluidos en el estudio. Los resultados de esta investigación muestran que el 90% de los anestesistas que probaron el dispositivo coincidieron en que era cómodo de llevar, el 86% coincidió que el dispositivo era fácil de leer y el 82,5% que el dispositivo no distraía.

En el 75% de los casos, los anestesistas informaron que se sentían cómodos utilizando el dispositivo en las pruebas. Anestesistas informaron que usarían el dispositivo nuevamente en el 76% de los casos, e indicaron que recomendarían el dispositivo a un colega en el 58% de los casos.

Ilustración 13 : Niveles de aceptación de anestesistas después de usar los Google Glass

Fuente: Brockman, Datta & von Ungern-Sternberg (2016)

Se concluye que estos resultados son altamente favorables. Los anestesistas aceptaron fácilmente Google Glass en el ambiente anestésico, HMDs (Head-mounted devices) han llegado a un punto en el que pueden ser considerados para el uso de rutina por los médicos durante la gestión del paciente. Las limitaciones de estos dispositivos ya no residen significativamente en el hardware, sino ahora en el software (por ejemplo, mostrar los parámetros de tendencia como formas de onda). Existen múltiples áreas potenciales para el uso de Smart Glasses en la anestesia pediátrica, incluida la

monitorización del paciente en situaciones que impiden que los anestesistas quiten la atención del paciente y vean la estación de trabajo de anestesia.

4.3.4 Toxicología

Teletoxicology: Patient Assessment Using Wearable Audiovisual Streaming Technology

Skolnik et al. (2016) busca examinar la fiabilidad y precisión en la evaluación del paciente envenado cuando se le es evaluado de forma remota.

Se evaluaron 50 pacientes ingresados en un servicio de toxicología de internación de un centro terciario. Los investigadores de toxicología llevaron Google Glass y transmitieron video y audio seguros en tiempo real durante el examen físico inicial a un investigador remoto que no estaba involucrado en el cuidado del sujeto. Las capturas de alta resolución de electrocardiogramas (ECGs) fueron transmitidas al investigador remoto. Los investigadores en el lugar y remotos registraron los hallazgos del examen físico y la interpretación del ECG. Ambos investigadores completaron una breve encuesta sobre la aceptabilidad y fiabilidad de la tecnología de transmisión por emisión para cada encuentro. Las puntuaciones de fiabilidad y la diferencia de fiabilidad se calcularon y compararon para cada encuentro.

En el paper con la data obtenida se analizan 17 categorías de examinación y hallazgos del ECG. El que los investigadores en el lugar y remotos coincidieran osciló entre el 68 y el 100% (mediana = 94%, IQR = 10,5). Las puntuaciones de Kappa se pudieron calcular para 11/17 parámetros y mostraron una coincidencia leve a justo para dos parámetros y una coincidencia moderada a casi perfecto para nueve parámetros (mediana = 0.653, acuerdo sustancial). Las puntuaciones más bajas de Kappa fueron para el tamaño de la pupila y la respuesta a la luz. En una escala visual analógica de 100 mm, el nivel de confort promedio fue de 93 y la calificación de fiabilidad media fue de 89 para los investigadores en el sitio. Para los usuarios remotos, las calificaciones promedio de confort y fiabilidad fueron 99 y 86, respectivamente. La diferencia promedio en los puntajes de confiabilidad entre los investigadores en el sitio y los remotos fue de 2,6, con la diferencia aumentando a medida que disminuían las puntuaciones de confiabilidad.

Ilustración 14: Trama de Bland-Atman que compara la confiabilidad entre investigadores

Fuente: Skolnik et al. (2016)

Se concluye de esta investigación que Google Glass® es capaz de transmitir la mayoría de los resultados de los exámenes de los pacientes importantes para los toxicólogos médicos a un examinador remoto con una alta precisión y fiabilidad. Los niveles actuales de calidad de transmisión de vídeo limitaron la interpretación remota de algunos hallazgos en este estudio, incluyendo el tamaño de la pupila y la capacidad de respuesta a la luz. Google Glass es una opción viable para las consultas de Teletoxicología audiovisual a un costo menor que los sistemas de telemedicina tradicionales. La adición de información audiovisual a la consulta de toxicología médica puede cambiar las decisiones de gestión y mejorar el triaje, pero esto aún no está probado.

4.3.5 Medicina Forense

Google Glass for documentation of medical findings: evaluation in forensic medicine

En el estudio de Albrecht et al. (2014) la motivación es el determinar empíricamente la viabilidad del despliegue de Smart Glasses en un entorno forense.

El Google Glass se utilizó en combinación con una aplicación auto-desarrollada que permitió la operación de manos libres durante la autopsia y los exámenes post mortem de 4 fallecidos realizados por 2 médicos. Para la comparación de imágenes se utilizó una cámara réflex digital de un solo lente (DSLR). Se pidió a 6 examinadores forenses (3 varones, 3 mujeres, edad 23-48 años, 32,8 años de edad, SD 9,6, experiencia de trabajo media de 6,2 años, SD 8,5) para evaluar 159 imágenes de calidad de imagen de 5 Puntos en la escala de Likert, específicamente la discriminación de color, brillo, nitidez, y su satisfacción con la región adquirida de interés. Se realizaron evaluaciones estadísticas para determinar cómo se compara Google Glass con imágenes digitales obtenidas convencionalmente.

Como se observa en la imagen en el estudio se demuestra como el capturar las imágenes mediante Google Glass permite las manos libres en todo momento, por otro lado, hacerlo de la manera convencional interrumpe el procedimiento al acercarse un asistente a hacerlo en un espacio reducido.

Ilustración 15 : Comparación de la captura de imágenes mediante Google Glass y de la manera convencional

Fuente: Albrecht et al. (2014)

Los resultados muestran que el Google Glass fue eficiente para la captura de imágenes con fines de documentación, pero la calidad fue inferior a la cámara réflex digital usada convencionalmente. Las imágenes tomadas con los Smart Glasses recibieron puntuaciones significativamente más bajas para las 4 categorías. El consumo alto de energía y la baja capacidad de batería son también una desventaja de los lentes utilizados para este estudio debido a la extensa duración de las exámenes forenses. Por lo que se concluye es necesario de equipos o hardware mucho más potente para este tipo de procedimientos.

4.3.6 Evaluación de órganos donantes

Through the Looking Glass: Real-Time Video Using 'Smart' Technology Provides Enhanced Intraoperative Logistics

Baldwin et al. (2015) consideran que con terapias medicas cada vez más complejas y recursos médicos limitados, la aparición de tecnología "inteligente" ofrece un tremendo potencial para mejorar la logística, la eficiencia y la comunicación entre los miembros del equipo médico. En un esfuerzo por aprovechar estas capacidades, buscaron evaluar la utilidad de esta tecnología en la práctica quirúrgica a través el empleo de un dispositivo de cámara portable durante la recuperación de un órgano cardior torácico.

Para la evaluación un cirujano de trasplantes fue capacitado para el uso de la versión Explorer de Google Glass durante el proceso de recuperación del paciente. La transmisión de video en vivo de cada procedimiento se emitió de forma segura para permitir que los miembros del equipo de trasplante participen remotamente en la evaluación de los órganos.

Ilustración 16 : Procedimiento haciendo uso de Google Glass (A) Visualización del órgano del donador en primera persona (B) y Confirmación de integridad anatómica (C)

Fuente: Baldwin et al. (2015)

El dispositivo se empleó para la recuperación de cuatro órganos: un pulmón derecho, un pulmón izquierdo y dos recolecciones bilaterales de pulmón. El Video en vivo del proceso de visualización

fue accedido remotamente por el equipo de trasplante, y complementado la verificación final de la calidad del órgano.

Los resultados muestran que, en cada caso los órganos fueron aceptados para el trasplante sin interrupción de los protocolos estándar. Los archivos multimedia generados durante los procedimientos se almacenaron en una unidad segura para documentación futura, evaluación y efectos educativos sin la preservación de los identificadores del paciente.

4.3.7 Emergencias

Using Smart Glasses in Medical Emergency Situations,a Qualitative Pilot Study

La motivación de Schaer, Melly, Muller & Widmer se basa en las situaciones de emergencia médica que ocurren fuera de un hospital que requieren una amplia gama de competencias desde el transporte seguro de un paciente hasta su estabilización médica antes del transporte. Los paramédicos son entrenados para hacer frente a tales situaciones y pueden manejar la mayoría de ellos muy bien. Algunas situaciones requieren habilidades y conocimientos precisos que son muy comunes en un entorno hospitalario, pero menos en entornos prehospitalarios. Actualmente, los paramédicos tienen que trabajar en su mayoría desconectados de las habilidades y conocimientos del hospital. Esto puede provocar retrasos en el cuidado del paciente y la pérdida de información del lugar del accidente al hospital.

Haciendo uso de los Vuzix M100 se pudo tener un prototipo de trabajo que permitía a los paramédicos ponerse en contacto con un médico del hospital y transmitir los parámetros vitales desde el sitio del accidente directamente a través de una red móvil al hospital sobre la base de un trabajo anterior. Además, este prototipo permitió enviar imágenes directamente desde el lugar del accidente al hospital, ayudando a los médicos a evaluar la cinemática de un accidente con el fin de dar el mejor cuidado a un paciente. Con el fin de investigar si este enfoque puede ser de interés en entornos médicos reales, se llevó a cabo un estudio piloto en el que participaron 2 equipos de paramédicos profesionales, un médico de emergencia y una enfermera de emergencia.

Ilustración 17 : Plataforma usada para el envío de información

Fuente: Schaer, Melly, Muller & Widmer (2014)

Se realizamos 4 situaciones de emergencia ficticias dos veces durante un día completo de prueba. Una vez utilizando el actual protocolo de comunicación mediante un teléfono celular para comunicarse entre los paramédicos y el hospital y una segunda vez usando la plataforma que cuenta con las siguientes características:

- Permite que el paramédico realice una comunicación de audio y video con un médico en el hospital para obtener información precisa sobre un paciente, obtener consejo médico o realizar actos médicos delegados bajo supervisión remota.
- Permite al médico obtener una comprensión de lo que está sucediendo en el sitio del accidente a través de fotos y videos enviados directamente desde el sitio del accidente.
- Permite visualizar los parámetros vitales (pulso del ECG, pulso periférico, presión arterial no invasiva-NIBP, SpO2 y ECG de 12 derivaciones) de un paciente en el sitio del accidente sin mucho retraso.

Antes de usar la plataforma con Smart Glasses, los paramédicos y el personal del departamento de emergencias recibieron una breve introducción (menos de 10 minutos) sobre cómo usar la plataforma

y los Smart Glasses y qué esperar de la plataforma. Después de cada situación, los paramédicos y el personal del departamento de emergencias recibieron un cuestionario preguntando si estaban satisfechos con los medios de comunicación que estaban usando y qué cambió durante la intervención cuando usaron la plataforma.

Finalmente, los resultados del estudio piloto indican que la plataforma no aporta valor agregado en todas las situaciones que enfrentan los paramédicos, por ejemplo, durante la interacción social, pero puede mejorar el manejo del paciente desde el momento que los paramédicos llegan al lugar del accidente, hasta que es llevado al hospital.

CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta el modelo de telemedicina propuesto y todos aquellos entregables desarrollados a lo largo del proyecto, que colaboraron a cumplir los objetivos trazados.

5.1 METODOLOGÍA APLICADA

El presente proyecto se usa la metodología PMBOK. Asimismo, el proyecto se divide en 6 fases o etapas Iniciación, planificación, análisis, diseño, validación y cierre. La propuesta final del modelo, pruebas de concepto del producto y los objetivos son tomados en cuenta en todo momento de la elaboración del proyecto.

5.2 ANALISIS

A continuación, se detallan los entregables realizados en el proyecto de acuerdo a las etapas establecidas que concierne a la investigación del proyecto que se efectuaron durante el ciclo 2016-02 y 2017-01.

5.2.1 Situación actual de la Telemedicina en el Perú

Este documento permite el análisis de la situación actual de la Telemedicina en el Perú para determinar la perspectiva de la Telemedicina en el país, detallando proyectos, iniciativas o avances en Telemedicina tanto en el sector privado como en el público. Con el fin de identificar las aplicaciones médicas o áreas de la Telemedicina en las que se enfocan y buscan mejorar su servicio.

- Sector público:

Se identifican dentro del Centro Nacional de Telemedicina de EsSalud (CENATE) dos componentes asistenciales de servicio diario en telemedicina que son la Teleconsulta y la Teleradiología. Ambas áreas de Telemedicina cuentan con un grupo propio de personal asistencial especializado para su desarrollo.

En la experiencia del CENATE la Teleradiología se puede considerar como la forma más exitosa de telemedicina, dicho servicio, se encuentra en actividad asistencial regular y diaria la misma representa un modelo totalmente integrado a los procesos de EsSalud, siendo un servicio innovador dentro de la institución, el que se encuentra adecuadamente organizado, integrando lo asistencial, lo tecnológico y el equipamiento ya existente sin generar mayores costos.

Ilustración 18 : CENATE haciendo uso de servicios de Telemedicina

Fuente: CENATE (2017)

Por otro lado, se identifica dentro del Instituto Nacional de Salud del Niño la Teleconsulta como su principal servicio. Esta es solicitada cuando el profesional a cargo del paciente considere necesaria una segunda opinión del especialista en determinada área y su institución no cuenta con dicho personal. Este servicio se detalla en la Ilustración 19.

Ilustración 19 : Proceso de solicitud de Teleconsulta

Fuente: INSN – SB (2017)

A inicios del 2016, el Instituto Nacional de Salud del Niño San Borja (INSN-SB) en su compromiso como Centro Consultor recibió por encargo del Instituto de Gestión de Servicios de Salud, la creación de la Red Nacional de Telesalud en Cirugía pediátrica y trasplantes cuyo principal objetivo es brindar atención especializada mediante Teleconsulta, así mismo fortalece capacidades mediante la Telecapacitación al personal que labora en hospitales remotos y apoya al área administrativa mediante reuniones de Telegestión. Es gracias a la creación de esta red que las Teleconsultas realizadas en los últimos 2 años.

Año	2015	2016	2017	Total
Nº Pacientes Atendidos	8	148	91	247
Nº Teleconsultas	8	196	116	320
Nº Referencias Solicitadas	8	130	71	209
Nº Pacientes Referidos	7	62	27	96
Nº Referencias en manejo conjunto	1	68	44	113
Nº Asistencia Técnica (no solicitud de referencia)	0	18	20	38

Tabla 6 : Comparativo de 2015 – 2017

Fuente: INSN – SB (2017)

Ilustración 20 : Incremento en el Tiempo de Teleconsultas 2015-2017

Fuente: INSN – SB (2017)

- **Sector privado:**

Se identifican dentro de la Clínica Internacional el servicio de Médico Virtual que es un servicio de Teleconsulta médica que brinda atención médica a través de una video llamada por internet desde celulares Smartphone y tablets con sistema Android y iOS.

Médico Virtual es el primer servicio de consultas médicas online del Perú. Los servicios que la plataforma ofrece son:

- Consulta médica, solo Medicina General para enfermedades agudas de baja complejidad. No aplica para emergencias.
- Delivery de medicamentos
- Análisis de laboratorio a domicilio

Ilustración 21 : Flujo de atención Médico Virtual

Fuente: Clínica Internacional (2017)

5.2.2 Soluciones en Telemedicina por tecnología

Se reunieron y analizan soluciones y casos de éxito alrededor del mundo de las diferentes tecnologías para realizar servicios de Telemedicina. Para determinar los beneficios de las distintas tecnologías y definir más adelante la herramienta más apropiada para el modelo de telemedicina a proponerse.

5.2.3 Priorización de Aplicación Médica de Telemedicina

En la priorización de aplicaciones médicas para la Telemedicina permitirá seleccionar mediante criterios establecidos la aplicación más indicada para el modelo de Telemedicina a proponerse.

Los criterios fueron definidos en base a una investigación del Grupo de Bioingeniería y Telemedicina de la Universidad Politécnica de Madrid (2000) denominada: “Bases Metodológicas para evaluar la viabilidad y e impacto de proyectos de Telemedicina”.

- Impacto en el proceso de diagnóstico
 - Mejora la precisión para establecer diagnósticos
 - Mejora el tiempo para establecer diagnósticos
 - Es adecuado para facilitar el diagnostico de determinada enfermedad en un estado inicial (enfermedades crónicas)
- Impacto en el proceso terapéutico
 - Afecta su aplicación a la atención médica de los pacientes
 - Mejora el cumplimiento del tratamiento prescrito
 - Detección temprana de recaídas

- Impacto en el proceso de cirugía
 - Mejora la precisión para realizar la intervención quirúrgica
 - Mejora el tiempo para realizar la intervención quirúrgica
- Impacto en el proceso de formación
 - Contribuye al aprendizaje entre profesionales de la salud
 - Mejora comunicación entre profesionales de la salud
- Impacto Económico para el paciente
 - Existe ahorro en costos del paciente por reducir sus traslados

Como se puede observar fue la Teleconsulta la aplicación en obtener el mayor puntaje en base a los criterios establecidos y el Telemonitoreo como segunda opción a desarrollarse.

Criterios de Selección		Tele monitoreo	Tele consulta	Tele diagnostico	Tele cirugía	Tele educación
Impacto en el proceso de diagnóstico	Mejora la precisión para establecer diagnósticos	3	5	5	0	0
	Mejora el tiempo para establecer diagnósticos	3	4	5	0	0
	Es adecuado para facilitar el diagnostico de determinada enfermedad en un estado inicial (enfermedades crónicas)	5	5	3	0	0

Criterios de Selección		Tele monitoreo	Tele consulta	Tele diagnostico	Tele cirugía	Tele educación
Impacto en el proceso terapéutico	Afecta su aplicación a la atención médica de los pacientes	5	5	5	5	5
	Mejora el cumplimiento del tratamiento prescrito	3	2	0	0	0
	Detección temprana de recaídas	5	0	0	0	0
Impacto en el proceso de cirugía	Mejora la precisión para realizar la intervención quirúrgica	0	0	0	5	0
	Mejora el tiempo para realizar la intervención quirúrgica	0	3	0	5	0

Criterios de Selección		Tele monitoreo	Tele consulta	Tele diagnostico	Tele cirugía	Tele educación
Impacto en el proceso de formación	Contribuye al aprendizaje entre profesionales de la salud	0	4	2	0	5
	Mejora comunicación entre profesionales de la salud	0	5	0	0	5
Impacto Económico para el paciente	Existe ahorro en costos del paciente por reducir sus traslados	5	5	5	3	0
Total		29	38	25	23	15

Tabla 7 : Tabla de priorización de aplicaciones medicas

Fuente: elaboración propia en base a la Universidad Politécnica de Madrid (2000)

- Teleconsulta:

Ilustración 22 : Representación de la Teleconsulta

Fuente: Elaboración propia

- Teleeducación

Ilustración 23 : Representación de la Teleeducación

Fuente: Elaboración propia

- Telemonitoreo

Ilustración 24 : Representación del Telemonitoreo

Fuente: Elaboración propia

- Telecirugía:

Ilustración 25 : Representación de la Telecirugía

Fuente: Elaboración propia

- Telediagnostico:

Ilustración 26 : Representación del Telediagnostico

Fuente: Elaboración propia

5.2.4 Priorización de Tecnología

En este entregable se detallan las tecnologías usadas para realizar servicios de Telemedicina y se busca identificar la más apropiada para la propuesta de modelo de Telemedicina que luego de investigar el Hype Cycle de Gartner, el mapa de cuerpo de Boston Technology y los diferentes casos de éxito en telemedicina dieron como resultado a los Wearables como la indicada.

Ilustración 27 : Digital Health Hype Cycle

Fuente: Bionicly, elaborado en base a la Garnet (2015)

Gracias al mapa de cuerpo de Boston Technology se pudo identificar que los Smart Glasses permiten el desarrollo de 3 tipos de aplicaciones para Telemedicina mientras que los demás wearables se enfocan en el Telemonitoreo del cuerpo humano para el análisis de datos.

Ilustración 28 : Mapa de cuerpo de Boston Technology

Fuente: Boston Technology (2015)

5.2.5 Diseño del Modelo de Telemedicina

La propuesta de Modelo de Telemedicina es el entregable final del proyecto profesional a que se explicara parte por parte la propuesta del modelo de telemedicina haciendo uso de Smart Glasses como herramienta de transmisión de datos.

Este modelo de telemedicina contribuirá a mejorar la calidad asistencial de centros de salud. Los avances tecnológicos en Telemedicina, permiten la transferencia de habilidades y conocimientos entre profesionales de salud a distancia. Los Smart Glasses, dispositivos portátiles de realidad aumentada que combinan información virtual con elementos físicos sobre el campo de visión del usuario en un entorno real, permiten realizar videoconferencia a través de ellos otorgando una gran movilidad y dejando las manos libres del profesional que las porta, por ello son un elemento clave y diferenciador sobre la tecnología existente en Telemedicina. Gracias a esta tecnología, por ejemplo, un médico (consultante) con apoyo de un médico especialista (Consultor) a distancia, podrán atender simultáneamente a un paciente con un caso clínico complicado. De esta forma, el médico especialista sin moverse del hospital podrá ver el caso clínico del centro consultante y comentarlo con su colega, para determinar entre ambos el mejor tratamiento para el paciente.

Ilustración 29 Modelo de Telemedicina soportado por Smart Glasses

Fuente: elaboración propia

Se identificaron además las principales aplicaciones técnicas de los Smart Glasses desarrollados en estos escenarios como:

- Transmitir en vivo para enseñanza y entrenamiento.
- Tomar fotografías / grabar videos para documentación.
- Conectarse con médicos especialistas para realizar Teleconsulta de manos libres durante procedimientos.
- Revisar los registros médicos de los pacientes (por ejemplo, historia, resultados de laboratorio).
- Revisar las imágenes de los pacientes (por ejemplo, tomografía, resonancia magnética, ultrasonido, rayos X).
- Búsqueda en Internet (por ejemplo, Google) para obtener información de salud en línea

Benchmarking de Smart Glasses

Los Smart Glasses son dispositivos de realidad aumentada que, por sus componentes integrados como micrófono, cámara de video / fotos, video display, conectividad Wifi y Bluetooth, permiten realizar video conferencia a través de ellos. Se identificaron los siguientes proveedores de Smart Glasses: Vuzix, ODG, Epson, RealWear, Atheer, Sony, Recon, Optinvent, Telepathy, Trivisio, con los cuales se compararon sus especificaciones técnicas donde se le dio mayor relevancia a criterios como CPU, batería, sistema audio, cámara, conectividad, diseño (peso) y precio. Como resultado de este análisis se presentan 3 Smart Glasses donde se detallan en la Tabla 9

	Vuzix M100	Epson Moverio BT-200	Recon Jet Pro
CPU	OMAP4460 at 1.2GHz	TI OMAP 4460 1.2Ghz	ARM Cortex-A9 1 GHz
Memoria	1 GB RAM	1GB RAM	1GB RAM
Capacidad	4GB internal flash, 32GB with MicroSD	8GB internal memory. 32GB with an SD card.	8GB internal memory
Sensores	3 DOF gesture engine, Ambient light, GPS, Proximity, 3-degree of freedom head tracking, 3	GPS*2, geomagnetic sensor, accelerometer, and gyroscopic sensor.	9-Axis sensors, 3D accelerometer, 3D gyroscope, 3D magnetometer,

	Vuzix MI00	Epson Moverio BT-200	Recon Jet Pro
	axis gyros, 3 axis accelerometers, and 3 axis mag/integrated compass.		Altimeter & barometer, ambient temperature sensor, and optical touch sensor.
Batería	600mha	2720mAh	Lithium-ion 2-5 hours of run time
Sistema operativo	Android 4.0	Android 4.0	ReconOS
Resolución	16:9, WQVGA, full color display with 428 x 240 resolution.	0.42" wide panel (16:9) with a 960x540 resolution.	Sunlight-readable micro-LCD display 428x240 resolution
Cámara de fotos	5MP	VGA (640x480)	1.2MP
Cámara de video	1080p	VGA (640x480)	720p
Conectividad	Bluetooth 4.0, Wi-Fi 802.11b/g/n	Bluetooth 4.0, Wi-Fi 802.11b/g/n	Bluetooth 4.0, Wi-Fi 802.11a/b/g/n
Sonido	Ear speaker and a noise canceling microphone.	Dolby Digital Plus surround sound and microphone.	Dual microphones Integrated mono speaker
Peso	80g	88g	60g

Tabla 8 : Tres de los Hardware analizados

Fuente: elaboración propia

Ilustración 30 : (A) Vuzix MI00, (B) Epson Moverio BT-200, (C) Recon Jet Pro

Fuente: Pagina de proveedores

Arquitectura Física

Comunicación vía WiFi entre Smart Glasses y otros dispositivos, donde el usuario que dispone de unos Smart Glasses pueda emitir lo que está viendo a otro usuario que está conectado remotamente, pudiendo entre ambos ver lo mismo y hablar simultáneamente. El diagrama de arquitectura física contempla dispositivos con el sistema operativo Android, iOS (Smartphones, Tablets) y Windows (PC, laptop), como se muestra en la Figura 31

Ilustración 31 : Arquitectura Física de Modelo de Telemedicina

Fuente: Elaboración propia

Se definieron los requisitos de conectividad para realizar de una manera efectiva la comunicación tanto para el usuario que utilizaría los Smart Glass como para el usuario al que se brindará la transmisión, como se aprecia en la tabla.

Subida	Minimo (kbps)	Recomendado (kbps)
Mobile	128	300
Medium	400	600
Alta calidad	700	1300
HD	1300	2000

Tabla 9 : Estimado ancho de banda subida

Fuente: Elaboración propia

Calidad	Mínimo (kbps)	Recomendado (kbps)
Mobile	500	1500
Medium	3000	4500
Alta calidad	5000	20000
HD	25000	2500 a más

Tabla 10 : Estimado ancho de bajada

Fuente: Elaboración propia

Benchmarking de Software SmartGlasses

Dentro de la investigación se identificaron diversos proveedores de software para Smart Glasses del tipo “Remote video collaboration”, entre ellos están: UP Skill / Pristine, Vital Enterprises, Remote Eye, Ubimax, Evolar, Itizzimo, Expert Teleportation, Essert, AMA Xperteye, Strete, Atheer, LiveCast, Apprentice Field Suit, Brochesia, XoEye, Getvu, Oculavis, los cuales permitan desarrollar este modelo con funcionalidades como:

- Transmisión en directo y desde el punto de vista del médico que porta Smart Glasses.
- Acceso a datos, el médico puede acceder a la información o imágenes del paciente, sin despistarse de su trabajo puesto que la pantalla de estos dispositivos ocupa una porción mínima del campo visual, el resto del campo visual se puede dedicar al trabajo a realizar y las manos quedan libres.
- Captura multimedia, capturar o grabar video de todo lo que pasa durante la comunicación e incluso editar esa captura para reenviarla a su interlocutor como apoyo a su tarea
- Plataforma multidispositivo.
- Privacidad y Seguridad de la transmisión (encriptación)

Como resultado de este análisis, se presentan dos softwares los cuales proporcionan la mayor cantidad de funcionalidades para poder desarrollar de una manera efectiva el modelo propuesto.

Funcionalidades	EyeSigth	Remote Eye
Encriptación	x	x
Snapshots	x	x
Anotaciones	x	x
Compartir documentos	x	x
Soporte de dispositivos	Funciona en PC, Mac, iOS, Android, smart glasses like Google Glass, Vuzix, Epson y ODG	Disponible para for iOS, Android and wearables smart glasses (ODG, Vuzix, Google Glass, Epson)
Conectividad	Ancho de banda que se adapta automáticamente y optimiza la calidad de video según la conexión	Ancho de banda adaptable
Función puntera	x	x
Muchos usuarios	x	

Tabla 11 : Dos de los Software analizados

Fuente: elaboración propia

Gracias al análisis del paper de LeRouge, C. et al. (2002) pudimos el detallar atributos de calidad orientados a brindar la mejor transmisión en vivo en cada procedimiento médicos por medio de la Teleconsulta haciendo uso de los Smart Glasses específicamente

Atributos Tecnológicos

- **Motion Handling:** Atributo clave que busca una calidad de video rápida y limpia, por lo que pide el realizarse las videoconferencias a 30 fotogramas por segundo (es decir, estándar de televisión), buen ancho de banda y codificadores / decodificadores (CODECs) potentes para reducir la baja precisión de imagen (pixelización) y el desenfoque que afectan negativamente la calidad del video.
- **Image Resolution:** Ofrecer una resolución de calidad es decir que la representación de imagen utilizando una capacidad de tasa de bits de almacenamiento permita la mejor fidelidad posible.
- **Audio Clarity:** Se busca que los niveles de sonido estén lo más cerca posible del nivel natural tanto como para el receptor como el emisor, lo que significa no exista pérdida o

ruptura de palabras, ruido del entorno y ninguna retroalimentación. Se recomienda los micrófonos sean de condensador o de límite.

- **Synchronization:** Los sistemas de calidad Premium ofrecerán audio y vídeo sincronizados en tiempo real.
- **Reliability:** El equipo de telemedicina deberá funcionar según lo diseñado. La falta de fiabilidad podrá afectar negativamente y reducir la aceptación de la tecnología tanto por parte del paciente como por parte de los médicos.
- **Ergonomic:** El equipo de telemedicina debe ser ergonómico, es decir tener un diseño móvil y eficiente. De modo que los médicos lo maniobren con facilidad.

Atributos de Usabilidad

- **Ease of Use:** proporcionar una interfaz intuitiva y amigable que facilitara la efectividad del usuario operando el software y equipo. Deberá ser operable para todos los niveles de usuario.
- **Ease of Learning/Training:** Después de la sesión de entrenamiento inicial, los usuarios deben ser capaces de operar el equipo y comprender las funciones a desempeñar en los diferentes exámenes clínicos.
- **Convenience (Accessibility and Availability):** Incluye la colocación apropiada del equipo, el cual debe estar listo para ser usado de modo que el médico o personal médico tenga una interacción mínima con los ajustes del software antes de comentar el procedimiento.
- **Usefulness:** el grado en que el dispositivo funciona como se pretende y contribuye al cuidado del paciente. El equipo proporciona un enlace directo para permitir atención a distancia.
- **Security:** como atributo de calidad hace referencia al acceso. Este no debe tomarse a la ligera, ya que tiene implicaciones médicas, legales y de costos cuando personas hacen videoconferencias medicas no autorizadas. Debe considerarse también durante una consulta y después de la consulta (seguridad del almacenamiento electrónico). Como medida de seguridad, se aconseja a los proveedores médicos obtener el consentimiento informado de los pacientes antes de cualquier Teleconsulta que se registren y almacenen como parte del historial médico del paciente.
- **Affordability:** La accesibilidad hace referencia a los costos del equipo y costos de transmisión. Este atributo es una limitación realista y una meta que afecta la usabilidad de un sistema

- **Focus on Patient Care:** La tecnología no debe interferir tanto con el proveedor (por ejemplo, con el médico) como con el consumidor (por ejemplo, el paciente). El proveedor de atención médica debe ser capaz de centrarse en la atención del paciente, en lugar de averiguar cómo usar tecnología.

Atributos del Entorno Físico

- **Facilitating Décor (Color, Arrangement, Furnishings):** La decoración facilitará la comodidad, el tránsito por la sala de exámenes y la precisión del video con el fin de enriquecer la calidad. Las videoconferencias requieren que el especialista esté en un solo lugar por periodos de tiempo considerables por lo que deberá contar con asientos cómodos, así como una computadora con la documentación médica disponible para ser enviada.
- **Quiet/Soundproof:** La sala de examen del paciente o el consultorio médico deberán proporcionar un ambiente acústico apropiado para aumentar la claridad de audio, la privacidad y evitar distracciones.
- **Privacy:** La calidad desde la perspectiva de la privacidad significa que ni la sala de examen ni el consultorio del médico están disponibles para su ambulación y no son accesibles visualmente o auditivamente.
- **Adequate Lighting:** se proporcionará la cantidad adecuada de luz para la iluminación tanto del médico como del paciente. Evitar el contraste oscuro y las sombras provocadas por la iluminación. Considerar que diferentes exámenes clínicos pueden requerir iluminación especializada.
- **Suitable Temperature:** la temperatura del cuarto deberá adaptarse tanto al equipo como al confort del paciente

Atributos de Elementos Humanos

- **Adaptability:** Busca que los médicos se adapten o modifiquen el alcance de sus servicios o su naturaleza para proporcionar la máxima eficacia.
- **Patient Education/ Telemedicine Orientation:** La educación/ orientación del paciente complementa la calidad facilitando el confort y la comprensión del paciente.
- **Technical Support:** deberá permitir el evitar problemas técnicos al personal médico. Incluir actividades proactivas previas al examen, comprobación de equipo, capacitaciones, resolución de problemas reactivos, entre otros.

- **Coordinator Management:** El coordinador de videoconferencia medica es un especialista en equipos que tiene un conocimiento profundo en su uso para la práctica médica. Deberá administrar la experiencia de la videoconferencia médica y establecer pautas como por ejemplo si en caso cualquiera de las partes (paciente o medico) se siente incómoda con el proceso en cualquier momento terminarlo (asumiendo que no existe peligro potencial para su salud). Este también facilitara la capacitación u otras intervenciones para mejorar la aceptación y comodidad con el equipo y proceso de videoconferencia.
- **Scheduling:** implica la integración de los horarios de las partes interesadas. Una planificación que establezca efectivamente la videoconferencia puede influir de manera positiva en la calidad de la experiencia.

CAPÍTULO 6 RESULTADOS DEL PROYECTO

Este capítulo se realiza una descripción de lo que fueron las pruebas de concepto del modelo propuesto, así como también definir las métricas de medición para su validación., resultados con datos estadísticos que demuestran que el modelo es una herramienta con beneficios potenciales para la enseñanza, capacitación, asistencia remota y documentación de procedimientos médicos y el plan de continuidad que propone la implementación del modelo de Telemedicina en distintas áreas de la medicina como dermatología y cirugía general para la asistencia y enseñanza remota.

6.1 IMPLEMENTACIÓN

En esta fase se realiza una descripción de lo que fueron las pruebas de concepto del modelo propuesto, así como también definir las métricas de medición para su validación.

Como parte de la validación se realizaron pruebas de concepto para evaluar los beneficios de la asistencia remota a través de Smart Glasses. Esta prueba fue realizada por una interna de terapia física (Consultante) y un licenciado de terapia física (Consultor). La interna, usando unos Smart Glasses, realizó un procedimiento de rehabilitación para estabilizar la musculatura del core a un paciente operado de hernia discal a nivel de la cuarta y quinta vértebra lumbar. Este procedimiento fue transmitido en tiempo real hacia el terapeuta, el cual supervisó y orientó su desarrollo. Cabe mencionar, que la interna contaba con escasa experiencia en la ejecución de este tipo de procedimientos. Por lo que, la asistencia remota del Terapeuta fue un factor clave para la correcta ejecución de esta terapia. El empleo de esta tecnología permitió transmitir desde el punto de vista de la interna lo que se realizaba y mantener una comunicación con el terapeuta, de forma que en ningún momento se desconcentró la atención en el paciente.

Ilustración 32 : Arquitectura Física de la prueba de concepto

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 33 : Interna de Terapia Física usando los Smart Glasses

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 34 : Terapeuta asistiendo el procedimiento

Fuente: Elaboración propia

Definición de métricas de evaluación

Código	Aplicación Técnica de Smart Glasses durante procedimientos médicos
Q1	Transmitir en vivo para enseñanza y entrenamiento
Q2	Tomar fotografías/grabar videos para documentación.
Q3	Conectarse con médicos especialistas para realizar teleconsulta de manos libres durante procedimientos.
Q4	Revisar los registros médicos de los pacientes (por ejemplo, historia, resultados de laboratorio).
Q5	Revisar las imágenes de los pacientes (por ejemplo, tomografía, resonancia magnética, ultrasonido, rayos X).
Q6	Búsqueda en Internet (Google) para obtener información de salud en línea

Tabla 12 : Aplicaciones técnicas de los Smart Glasses durante procedimientos médicos

Fuente: elaboración propia

Se realizó entrevistas a 10 médicos con experiencia en el campo de la telemedicina, donde se les presento el modelo y las aplicaciones técnicas de los Smart Glasses durante procedimientos médicos, como se muestra en la Tabla 4. Los médicos evaluaron la utilidad de cada una de estas aplicaciones usando la escala de Likert con cinco puntos:

1: Ninguna utilidad, 2: baja utilidad, 3: utilidad media, 4: utilidad alta y 5: utilidad muy alta.

Evalúe la utilidad de las siguientes aplicaciones de Smart Glasses durante procedimientos médicos

*Obligatorio

Transmitir en vivo para enseñanza y entrenamiento *

	1	2	3	4	5	
Ninguna	☐	☐	☐	☐	☐	Muy Alta

Tomar fotografías/grabar videos para documentación. *

	1	2	3	4	5	
Ninguna	☐	☐	☐	☐	☐	Muy Alta

Conectarse con médicos especialistas para realizar teleconsulta de manos libres durante procedimientos. *

	1	2	3	4	5	
Ninguna	☐	☐	☐	☐	☐	Muy alta

Revisar los registros médicos de los pacientes (por ejemplo, historia, resultados de laboratorio). *

	1	2	3	4	5	
Ninguna	☐	☐	☐	☐	☐	Muy alta

Revisar las imágenes de los pacientes (por ejemplo, tomografía, resonancia magnética, ultrasonido, rayos X). *

	1	2	3	4	5	
Ninguna	☐	☐	☐	☐	☐	Muy alta

Búsqueda en Internet (Google) para obtener información de salud en línea *

	1	2	3	4	5	
Ninguna	☐	☐	☐	☐	☐	Muy alta

Ilustración 35 : Encuesta para la evaluación de beneficio de aplicaciones técnicas de los Smart Glasses durante procedimientos médicos

Fuente: Elaboración propia

6.2 RESULTADOS

Según los médicos entrevistados las aplicaciones técnicas de Smart Glasses con un grado muy alto de utilidad durante la ejecución de procedimientos médicos son la transmisión en vivo para la enseñanza y entrenamiento, conectar con médicos especialistas para el tratamiento en conjunto de un paciente (Teleconsulta) y tomar fotos / videos para la documentación, como se muestra en la gráfica de la tabla 13.

Ilustración 36 : Evaluación de aplicaciones técnicas de Smart Glasses durante procedimientos médicos usando escala de Likert

Fuente: Elaboración propia

A través de la prueba de concepto y la evaluación de médicos con experiencia en el campo de la telemedicina se demuestra que este modelo es una herramienta con beneficios potenciales para la enseñanza, capacitación, asistencia remota y documentación de procedimientos médicos.

6.3 PLAN DE CONTINUIDAD

En el presente proyecto se validó el funcionamiento del modelo a través de la ejecución de procedimientos de terapia y rehabilitación física. Como parte de la continuidad del proyecto, se propone la implementación del modelo de Telemedicina en distintas áreas de la medicina como dermatología y cirugía General para la asistencia y enseñanza remota.

La telemedicina es un área de la medicina que integra el uso de diversos medios de comunicación para intercambiar información y brindar servicios médicos, permite la interacción entre los diferentes especialistas aunque los separen grandes distancias. La teledermatología es la aplicación de la telecomunicación para fines diagnósticos, terapéuticos, académicos y para la investigación en esta

especialidad. Se usan principalmente videoconferencia en directo (sincrónico) y sistema en diferido (store-forward, de almacenamiento y envío, asincrónico).

De acuerdo con lo mencionado, se propone la implementación y posterior evaluación del modelo de Telemedicina orientado a la atención de enfermedades o afecciones de la piel.

Ilustración 37: Modelo de Teledermatología utilizando SmartGlasses

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, La teleeducación implica la utilización de las tecnologías de la información y telecomunicación para la práctica educativa médica a distancia. En la actualidad, la utilización tanto de tecnologías basadas en Internet como la videoconferencia, son los medios más frecuentemente utilizados por los profesionales de la salud en la búsqueda del mejoramiento y práctica de sus conocimientos. La utilización de la teleeducación está encaminada a brindar oportunidades de entrenamiento, aumento de las experiencias educativas para médicos. Por ello, como parte de la continuidad del proyecto se propone la implementación y posterior evaluación del modelo de Telemedicina orientado a la teleeducación de médicos cirujanos. Donde un médico a través de los Smart Glasses podrá transmitir en vivo un procedimiento quirúrgico (Cirugía general), a fin de que

este sirva como modelo o referencia en la ejecución de técnicas quirúrgicas para médicos como menos expertiz.

Ilustración 38: Modelo de Teleeducación en procedimientos quirúrgicos usando Smart Glasses

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 7 GESTIÓN DEL PROYECTO

Este capítulo aborda la gestión realizada a lo largo del proyecto, centrándose específicamente en la comparación de las actividades planificadas y lo que se realizó finalmente, sea entorno a hitos, entregables, roles, riesgos, comunicaciones y otros aspectos diversos. Permite identificar los aspectos críticos, inconvenientes o situaciones insatisfactorias que condicionaron el desarrollo del proyecto.

7.1 PRODUCTO FINAL

Para el presente proyecto se establecieron determinados entregables, los cuales se listan a continuación:

- Documento de situación actual de la Telemedicina en el Perú
- Documento de Clasificación de Aplicaciones Médicas de Telemedicina
- Documento de Soluciones en Telemedicina por tecnología
- Priorización de Aplicación Médica de Telemedicina
- Documento de priorización de Tecnología
- Benchmarking de Smart Glasses
- Benchmarking de Softwares "Remote video collaboration"
- Documento de propuesta de Modelo de Telemedicina
- Documento de pruebas de concepto del modelo propuesto

El producto final del proyecto es el modelo de telemedicina soportado por Smart Glasses para centros de salud.

7.2 GESTIÓN DEL TIEMPO

Con respecto al cronograma, presentado por hitos, se tuvo un pequeño retraso y ampliación del alcance de propuesta de modelo de telemedicina y pruebas de concepto, se tuvo listo para la semana 7 y 9 respectivamente, más su aprobación se retrasó por temas de coordinación de horarios con el cliente, se tuvo aprobado para la semana 10.

Hito del proyecto	Fecha Estimada	Entregables incluidos	Prioridad
Definición del proyecto	Semana 3 2016-2	<ul style="list-style-type: none">• Project Chárter• Documentos de planes de Gestión	Alta

Análisis de situación actual de la telemedicina en el Perú	Semana 10 2016-2	<ul style="list-style-type: none"> • Documento de situación actual de la Telemedicina en el Perú 	Media
Análisis de aplicaciones médicas de telemedicina	Semana 2 2017-1	<ul style="list-style-type: none"> • Documento de Clasificación de aplicaciones de la Telemedicina • Priorización de Aplicación Medica en Telemedicina 	Media
Análisis de Tecnologías para Telemedicina	Semana 3 2017-1	<ul style="list-style-type: none"> • Documento de Soluciones en Telemedicina por tecnología • Priorización por tecnología 	Media
Análisis de herramientas wearables y softwares para Remote video collaboration (benchmarking)	Semana 5 2017-1	<ul style="list-style-type: none"> • Benchmarking de Smart glasses • Benchmarking de Softwares de Smart glasses 	Media
Diseño de modelo de Telemedicina	Semana 7 2017-1	<ul style="list-style-type: none"> • Propuesta de modelo de telemedicina 	Alta
Validación del modelo de Telemedicina	Semana 9 2017-2	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de concepto del modelo propuesto 	Alta

Tabla 13: Hitos del proyecto MTSSG

(Fuente: Elaboración propia)

7.3 GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS

No se realizó algún cambio en los roles y responsabilidades de los recursos humanos como se indica en el punto 1.6.3 del capítulo 1 de la memoria. Sin embargo, se ha conseguido un alumno de la carrera de Comunicación audiovisual y medios interactivos para el apoyo de la realización del poster, video institucional y guion del mismo. Por último, se presentó un inconveniente con el revisor de la

memoria a lo largo del ciclo 2016-02 por problemas de coordinación no se pudo contactar con él, luego para el ciclo 2017-01 el cargo fue reasignado lo que soluciono el inconveniente.

7.4 GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES

Dentro de la gestión de las comunicaciones se presentó un inconveniente de comunicación con QS, ya que solicitaban distintos requerimientos para la solicitud de recursos que los indicados por el alumno gerente.

La comunicación con todos los roles del proyecto fue en dos tipos, vía correo electrónico, y presencialmente. Solo para los casos del cliente y profesor gerente se realizaron gestiones presenciales, vía correo electrónico y vía telefónica, para los demás roles se realizó una comunicación escrita vía correo electrónico.

7.5 GESTIÓN DE LOS RIESGOS

En la siguiente tabla 6, se muestran los riesgos que se evidenciaron durante el proyecto y las acciones que se tomaron para mitigarlo, de acuerdo a los riesgos identificados en el punto 1.6.5 del capítulo 1.

#	Riesgo	Estrategia de mitigación	Acciones ejecutadas
4	Cambio del alcance del proyecto	Reajuste en el cronograma ya planteado	Reajuste del cronograma como fue establecido.
5	El ciclo de revisión/decisión del cliente y/o comité es más lento de lo esperado	Acordar reuniones constantes con el comité y el cliente para presentar avances del proyecto	Constante comunicación con el cliente para la validación de los entregables
6	Perdida de información del proyecto	Almacenamiento de documentación en la nube de Office 365, One Drive.	Descarga de backup del almacenamiento en la nube.
7	Retraso en los entregables del proyecto por falta de tiempo.	Definición aterrizada de un cronograma y con facilidad de cambio.	Realizar un acuerdo con el cliente con respecto a los planes de gestión afectados por la prórroga de los entregables.

Tabla 14 : Riesgos presentados en el desarrollo del proyecto

(Fuente: Elaboración propia)

7.6 LECCIONES APRENDIDAS

- Definir un cronograma más flexible. El cronograma realizado tenía actividades muy detalladas que difícilmente podían ser reprogramadas, lo que ocasionó que se tuvieran ciertos retrasos en la presentación de entregables y reprogramación de reuniones.
- Definir detalladamente la situación de la Telemedicina en el Perú para la adopción de nuevas tecnologías. En un inicio se pensó en no se realizaban proyectos de Teleconsulta con éxito, sin embargo, actualmente se desarrollan, claro está sin el uso de los Smart Glasses, lo que queda demostrado en la investigación realizada.
- Tener una visión orientada al modelo y no a la tecnología: debido a que las tecnologías cambian a través del tiempo, mientras el modelo no lo hace.
- Todo cambio o modificación en el cronograma debe ser comunicado entre todas las partes involucradas en cumplir o monitorear el mismo.
- Hacer seguimiento constante a los involucrados del proyecto para cumplir con el cronograma.
- Frente a un inconveniente que no tenga solución en primera instancia, escalarlo de manera inmediata con el fin que se logre un común acuerdo.

Conclusiones

- El presente proyecto presenta un modelo de Teleconsulta empleando Smart Glasses y su utilidad en procedimientos médicos como transmisión en vivo para la enseñanza y enteramiento, Teleconsulta con especialistas para el tratamiento en conjunto de un paciente, revisar registros e imágenes de pacientes y búsqueda de información por internet.
- A través de la prueba de concepto y la evaluación de médicos con experiencia en el campo de la telemedicina se demuestra que este modelo es una herramienta con beneficios potenciales para la enseñanza, capacitación y asistencia remota de procedimientos médicos.
- Finalmente, analizando la continuidad del proyecto, se propone desarrollar un plan de implementación del modelo de Telemedicina en distintas áreas de la medicina como dermatología y cirugía general para la asistencia y enseñanza remota.

Glosario

- **PMBOK:** es un término que describe la suma de los conocimientos involucrados en la profesión de la administración de proyectos. El conocimiento y las prácticas descritas en el PMBOK son aplicables a la mayoría de los proyectos.
- **Calidad:** Conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie.
- **Stakeholder:** se refiere a todas aquellas personas u organizaciones afectadas por las actividades y las decisiones de una empresa.
- **Riesgo:** Posibilidad de que se produzca un contratiempo o una desgracia, de que alguien o algo sufra perjuicio o daño.
- **Software:** es un tipo de programa informático diseñado como herramienta para permitir a un usuario realizar uno o diversos tipos de trabajos. Esto lo diferencia principalmente de otros tipos de programas, como los sistemas operativos (que hacen funcionar la computadora), las utilidades (que realizan tareas de mantenimiento o de uso general), y las herramientas de desarrollo de software (para crear programas informáticos).
- **Rol:** El concepto está vinculado a la función o papel que cumple alguien o algo.
- **Quality Services:** Empresa virtual de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación enfocada en validar la calidad de los productos de las empresas virtuales que forman parte de la estructura organizativa de la escuela para el desarrollo de proyectos profesionales.
- **SmartGlass:** dispositivo wearable diseñado para revolucionar muchas tareas gracias a la realidad aumentada se podrá tener información añadida que en otra situación implicaría consumir tiempo haciendo uso de un smartphone, Tablet o un ordenador.

Siglarlo

- QS: Quality Services.
- OG: Objetivo general.
- OE: Objetivo específico.
- IE: Indicador de éxito.
- TDP: Taller de desempeño profesional.
- ESSALUD: El Seguro Social de Salud del Perú.
- MINSA: Ministerio de salud del Perú.
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- SG: Smart Glasses
- AR: Realidad aumentada (Augmented Reality)

Bibliografía

Referencias bibliográficas

- Albrecht UV, von Jan U, Kuebler J, Zoeller C, Lacher M, Muensterer OJ, Ettinger M, Klintschar M, Hagemeyer L (2014) Google Glass for Documentation of Medical Findings: Evaluation in Forensic Medicine
- Baldwin AC, Mallidi HR, Baldwin JC, Sandoval E, Cohn WE, Frazier OH, Singh SK (2016) Through the Looking Glass: Real-Time Video Using ‘Smart’ Technology Provides Enhanced Intraoperative Logistics
- Borgmann H, Rodríguez Socarrás M, Salem J, Tsaor I, Gomez Rivas J, Barret E, Tortolero L. (2016) Feasibility and safety of augmented reality- assisted urological surgery using smartglass
- Brewer ZE, Fann HC, Ogden WD, Burdon TA, Sheikh AY (2016) Inheriting the Learner’s View: A Google Glass-Based Wearable Computing Platform for Improving Surgical Trainee Performance
- Chai PR, Babu KM, Boyer EW (2015) The Feasibility and Acceptability of Google Glass for Teletoxicology Consults
- Chai PR, Wu RY, Ranney ML, Bird J, Chai S, Zink B, Porter PS (2015) Feasibility and Acceptability of Google Glass for Emergency Department Dermatology Consultations
- Chang JY, Tsui LY, Yeung KS, Yip SW, Leung GK (2016) Surgical Vision: Google Glass and Surgery
- Davis CR, Rosenfield LK (2015) Looking at Plastic Surgery through Google Glass: Part 1. Systematic Review of Google Glass Evidence and the First Plastic Surgical Procedures
- Diaz R, Yoon J, Chen R, Quinones-Hinojosa A, Wharen R, Komotar R (2017) Real-time Video-Streaming to Surgical Loupe Mounted Head-Up Display for Navigated Meningioma Resection
- Drake-Brockman TF, Datta A, von Ungern-Sternberg BS (2016) Patient monitoring with Google Glass: a pilot study of a novel monitoring technology
- Dustin K. Baker, BS, Charles T. Fryberger, BS, Brent A. Ponce, MD (2015) The Emergence of Augmented Reality in Orthopaedic Surgery and Education

- Mitrasinovic S, Camacho E, Trivedi N, Logan J, Campbell C, Zilinyi R, Lieber B, Bruce E, Taylor B, Martineau D, Dumont EL, Appelboom G, Connolly ES (2015) Clinical and surgical applications of smart glasses
- Muensterer OJ, Lacher M, Zoeller C, Bronstein M, Kübler J (2014) Google Glass in pediatric surgery: An exploratory study
- Nagami K, Nakajima I, Juzoji H, Igarashi K, Tanaka K. (2006) Satellite communications for supporting medical care in the aftermath of disasters. J Telemed Telecare; 12(6):274-5
- LeRouge, C. (2002). Quality Attributes in Telemedicine Video Conferencing. University of South Florida, Florida.
- Pérez N, Pardo M, Lasheras J, Juguera L, López B, Muñoz R (2016) Randomized clinical simulation trial of a Google Glass telemedicine application to assist orotracheal intubation
- Porras JL, Khalid S, Root BK, Khan IS, Singer RJ (2016) Point-of-View Recording Devices for Intraoperative Neurosurgical Video Capture.
- Schaer R, Melly T, Müller H, Widmer A (2016) Using Smart Glasses in Medical Emergency Situations, a Qualitative Pilot Study
- Skolnik AB, Chai PR, Dameff C, Gerkin R, Monas J, Padilla-Jones A, Curry S (2016) Teletoxicology: Patient Assessment Using Wearable Audiovisual Streaming Technology.

Referencias electrónicas

- CASTRO-DÍAZ, S M; GÓMEZ-RESTREPO, C; CÁCERES-MÉNDEZ, E A; PUYANA, J C; (2011). Telemedicina: historia, aplicaciones y nuevas herramientas en el aprendizaje. Universitas Médica, 52() 11-35. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231019866002>
- Coll Clavero, JI y Col (2015) Proyecto PITES T-AYUDA: plataforma de innovación en nuevos servicios de Telemedicina y e-Salud para pacientes crónicos y dependientes. Recuperado de <http://www.fundacionsigno.com/archivos/20150422081307.pdf>
el efecto de la telemedicina, a través de las Google Glass®, en la intubación orotraqueal. Recuperado de http://emergencias.portalsemes.org/descargar/ensayo-de-simulacin-clnica-aleatorizado-para-evaluar-el-efecto-de-la-telemedicina-a-travs-de-las-google-glass-en-la-intubacin-orotraqueal/force_download/

- ESSALUD (2017) Sitio Web oficial de Essalud; contiene información sobre la institución y enlaces de interés. Recuperado de <http://www.essalud.gob.pe/>
- Junta de Andalucía (2011) estado del arte: e-salud & e-inclusión. Estudio de las tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la salud y a la inclusión. Recuperado de http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/ESALUD_EstadoDelArte_3_Edicion.pdf
- Mariños Anticona, JC. (2012) Análisis de la demanda y el acceso a los servicios de salud en el Perú. Recuperado de http://www.dge.gob.pe/publicaciones/pub_asis/asis31.pdf
- Masatoshi, E. & Seiji, N. (2003) Robotic Surgery Assisted by the ZEUS System. Recuperado de <http://eknygos.lsmuni.lt/springer/137/39-48.pdf>
- Menendez, G. (2012) La telemedicina, una tendencia en crecimiento. Recuperado de <http://www.la.logicalis.com/globalassets/latin-america/logicalisnow/revista-19/logicalis-now-n19-nota-17---la-telemedicina-una-tendencia-en-crecimiento.pdf>
- MINSA (2017) Sitio Web oficial del Ministerio de la Salud del Perú contiene información sobre la institución y enlaces de interés. Recuperado de <http://www.minsa.gob.pe/>
- Moreno Sanz, C. & Loureiro González, C. (2015) Cirugía robótica. Asociación Española de Cirujanos. Recuperado de <http://www.aecirujanos.es/images/stories/recursos/mono/02-Cirugia-robotica.pdf>
- OMS (2017) Sitio Web oficial de la Organización Mundial de la Salud contiene información sobre la institución y enlaces de interés. Recuperado de <http://www.who.int/es/>
- Ruiz Ibáñez, C., Zuluaga De Cadena, Á., & Trujillo Zea, A. (2007). Telemedicina: Introducción, aplicación y principios de desarrollo. Recuperado de <http://bdigital.ces.edu.co:8080/repositorio/bitstream/10946/2911/1/10.pdf>
- Sama, A. y Col (2014). A double closed loop to enhance the quality of life of Parkinson's Disease patients: REMPARK system. Recuperado de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/26663/imed14-017.pdf>
- Tsirbas A, Mango C, Dutson E. Robotic ocular surgery. Br J Ophthalmol 2007; 91:18–21. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1857583/pdf/18.pdf>
- Vergeles-Blanca, JM. (2011). La telemedicina. Desarrollo, ventajas y dudas. Búsqueda bibliográfica: Internet y las nuevas tecnologías. Recuperado de <http://ferran.torres.name/edu/imi/59.pdf>
- Villavicencio Mavrich H. (2006). Cirugía laparoscópica avanzada robótica Da Vinci: origen, aplicación clínica actual en Urología y su comparación con la cirugía abierta y laparoscópica. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/aue/v30n1/v30n1a01.pdf>