

TICAL2020 Y 4° ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE E-CIENCIA

LIBRO DE ACTIVIDADES

“LA RUTA DIGITAL DE UNA UNIVERSIDAD INTELIGENTE”

31 de agosto a 3 de septiembre, 2020 - En línea

ACTAS
Décima Conferencia de Directores de
Tecnología de Información y Comunicación en
Instituciones de Educación Superior,
TICAL2020
y
4º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”

Comité de Programa:

ERNESTO CHINKES

Presidente Honorario, Argentina

LEANDRO GUIMARÃES

Director Adjunto Escuela Superior de Redes, RNP,
Brasil

ALONSO CASTRO

Director del Centro de Informática, Universidad
de Costa Rica, Costa Rica

LUIS A. NÚÑEZ

Físico, Universidad Industrial de Santander,
Bucaramanga - Colombia

LUIS ALBERTO GUTIÉRREZ DÍAZ DE

LEÓN (IN MEMORIAM)

Coordinador General de Tecnologías de
Información, Universidad de Guadalajara,
México

Compiladora, coordinadora general de la
publicación: Tania Altamirano, RedCLARA.

Edición y diseño:

María José López Pourailly, RedCLARA.

RedCLARA (<http://www.redclara.net>)

Fecha en que se terminó la presente edición:
05-11-2020

ISBN: 978-956-9390-14-2

Copyright de la presente edición:

Décima Conferencia de Directores de
Tecnología de Información y Comunicación en
Instituciones de Educación Superior,
TICAL2020

y

4º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
por RedCLARA,

se encuentra bajo una Licencia Creative
Commons

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0

Índice

Presentación.....	9
Capítulo 1	11
Transformando la experiencia de aprendizaje del estudiante	11
Nuevos modelos de movilidad virtual apoyados en el uso de TIC: El Espacio de Movilidad Virtual en Educación Superior – eMOVIES	13
Plataforma Digital de Emprendimiento de Base Tecnológica (EBT) para los estudiantes de ingeniería: Caso UNICATÓLICA.....	27
Experiencias de inclusión digital en la Universidad de Guadalajara: elementos para la agenda de TIC de las universidades de América Latina.....	43
Diseño de recursos para Aula Invertida en Programación I	55
TET Cultural: Tetraedro en Realidad Aumentada para el aprendizaje de las artes plásticas.....	71
Implementación de las Fases 1 y 2 del modelo de gestión estratégica para el desarrollo de un <i>Smart Campus</i> basado en conceptos de <i>Smart City</i> en una universidad en Cartagena, Colombia	83
Capítulo 2	95
Desarrollos rápidos y flexibles para adaptarse a un entorno cambiante.....	95
Construyendo microservicios eficientes: Caso de estudio de la Universidad de Cuenca	97
Ventanilla única de servicios digitales de la Universidad Autónoma de Yucatán.....	115
TELECOVID19 UDEC Plataforma gratuita de “Evaluación de riesgo Covid-19” desarrollada por la Unidad de Telemedicina de la Universidad de Concepción, Chile.....	131
Capítulo 3	145
La conectividad y la infraestructura en la universidad inteligente	145
Implementación de un Centro de Datos Alterno para recuperación de servicios de misión crítica. Caso de la Universidad Estatal a Distancia	147
Despliegue de Infraestructura como Servicio utilizando OpenStack, un caso de éxito en la Universidad de Cuenca.....	159
Implementación de tecnologías disruptivas en la educación superior. Caso de la Universidad Estatal a Distancia	171
Capítulo 4	183
Procesamiento/Almacenamiento de alto desempeño.....	183
Latin-American alliance for capacity building in advanced physics	185
Impacto de la e-Infraestructura de RICAP para el desarrollo de la e-Ciencia en Iberoamérica .	195
Potencial de una microalga del Lago Yahuarcocha en la zona norte del Ecuador.....	207
Proteção de Dados: Proposta de gerenciamento de dados de solos usando os princípios FAIR e a tecnologia blockchain.....	221
Capítulo 5	235
Tecnologías disruptivas en la Universidad.....	235
Tele-espacios activos, espacio para la creación e investigación telemática en las artes y el diseño	237
Plataformas de Internet de las Cosas Robóticas para la investigación y la docencia.....	253

Presentación

Este año 2020, será, seguramente, recordado por muchos de nosotros como un año totalmente atípico y, también, como aquel que puso a prueba la resiliencia de instituciones, servicios e iniciativas.

En el caso de TICAL, si quedaba alguna duda sobre su madurez y consolidación, creo, ha pasado su mayor desafío para demostrarlo; y, sobre todo, su gran capacidad de adaptación y la fuerza de su comunidad. La pandemia nos tomó en plena convocatoria de trabajos y fue todo un reto cambiar sobre la marcha.

Nuestra Conferencia desde su nacimiento había sido presencial, y la mayor fortaleza que para muchos de nosotros tenía este evento, era justamente que una vez al año nos encontrábamos en un mismo lugar para pensar las TIC de nuestras instituciones de educación superior latinoamericanas. Pero, por suerte, pudimos entender y rescatar que la identidad y esencia que estaba detrás de este importante evento iba más allá del encuentro físico.

TICAL es un lugar de encuentro para Latinoamérica, que siempre quiso estar interconectada con el resto del planeta porque es la mejor forma de potenciar nuestra región. Este año la virtualidad nos apoyó con una de sus grandes fortalezas (para acortar distancias), logrando ampliar el número de países de la región, y de otras latitudes, que se integraron. A su vez, realizar la Conferencia en línea (con la consiguiente disminución de costos y el fácil acceso para los participantes), nos permitió ampliar los perfiles de los actores que asistieron, siendo la del 2020 la edición de TICAL con mayor número de participantes y de países involucrados en su historia.

Por otro lado, el 2020 fue el año en que se ha centrado la atención en las tecnologías y en la transformación digital que ellas posibilitan; así como en la relevancia que tienen las instituciones de educación superior en nuestras sociedades. Nuestra Conferencia, es justamente la conjunción de ambas temáticas, y entiendo que hemos podido capitalizarlo.

Las particularidades de este año hicieron que la cantidad de trabajos presentados a la convocatoria, aunque suficientes, fuera menor que la de las últimas ediciones. Pero más allá de las dificultades, se puso especial cuidado en asegurar el mismo criterio de rigurosidad en su evaluación y selección, ya que ello nos permite lograr la calidad y el enfoque buscado. Es para mí un honor tener la posibilidad de hacer el prólogo del acta de TICAL2020, que justamente deja registro de estos trabajos, siendo el canal adecuado para transferir el conocimiento de un conjunto de experiencias de gran nivel que se han realizado en las universidades de Latinoamérica.

Las experiencias publicadas en este libro de actas explicitan el espíritu que para mí representa TICAL: es el orgullo de compartir lo realizado, la solidaridad con sus colegas de otras instituciones y países, y el convencimiento de que colaborar y compartir siempre nos retribuye; porque esta retribución puede ser el aporte en sentido inverso en un futuro, o la simple satisfacción personal que genera el agradecimiento de un colega.

Tengo la convicción que TICAL2020 nos ha fortalecido y solo me resta decirles que espero que esta publicación les sea de utilidad y que sigamos transitando juntos el camino de la colaboración.

Ernesto Chinkes (Argentina)
Presidente Honorario TICAL y presidente del Comité de Programa de TICAL2020.

Capítulo 1
Transformando la experiencia de aprendizaje del estudiante

Nuevos modelos de movilidad virtual apoyados en el uso de TIC: El Espacio de Movilidad Virtual en Educación Superior – eMOVIES

Fernando Daniels Cardozo^a, Diana Paola Caro Fonseca^b, Ximena Cardoso Arango^c, Hans Dieter Selsted Barrero^d, Paula Torres Jiménez^d

^a Organización Universitaria Interamericana, 3744 Jean Brillant, bureau 592, Montreal, Canada
danielsf@oui-iohe.org

^b Corporación Universitaria Minuto de Dios, Carrera 73A No. 81B – 70. Bogotá D.C., Colombia
diana.caro@uniminuto.edu

^c Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Calle 222 No. 55-37, Bogotá D.C., Colombia
relint@udca.edu.co

^d Universidad Santo Tomás, Calle 52 No. 7-11, Bogotá D.C., Colombia
dri@usantotomas.edu.co, internacionalizacion@ustadistancia.edu.co

Resumen. El Espacio de Movilidad Virtual en Educación Superior (eMOVIES) es una iniciativa promovida por la Organización Universitaria Interamericana (OUI) que está desarrollando un enfoque alternativo para los procesos de internacionalización de la educación superior apoyándose en la utilización de TIC. eMOVIES consiste en una red de instituciones de educación superior que bajo un principio de colaboración y reciprocidad comparten recursos de formación diseñados con tecnologías digitales para facilitar el intercambio y la movilidad virtual de estudiantes. De esta manera se ofrece a una amplia mayoría de estudiantes la oportunidad de experimentar otros modelos educativos, enfoques pedagógicos, plataformas de aprendizaje y vivencia intercultural, a la cual no podría acceder por los medios tradicionales de movilidad presencial. En 2019 se realizó un piloto con un grupo de 12 IES, en el cual se logró poner a disposición de la red 587 cursos o asignaturas diseñados e impartidos en modalidad virtual y 5.381 cupos para intercambio, lo cual representa una cifra muy significativa comparada con lo que se logra en la movilidad presencial. El análisis preliminar de esta experiencia piloto muestra que incrementa los resultados de la internacionalización gracias a la democratización de este proceso con ayuda de las TIC, estimula el trabajo colaborativo entre las instituciones de educación superior y la construcción de comunidades académicas virtuales. En los estudiantes mejora sus competencias digitales, fomenta el aprendizaje a lo largo de la vida y le permite desarrollar competencias interculturales y capacidades para su futuro desempeño profesional en un mundo globalizado.

En el segundo semestre de 2020 se iniciará un segundo piloto interamericano en el cual se extenderá la experiencia a otras instituciones de educación superior en varios países del continente.

Palabras Clave: Internacionalización, movilidad virtual, interculturalidad.

Eje temático: Transformando la experiencia de aprendizaje del estudiante.

1. Introducción

En los últimos años la movilidad virtual ha surgido como un medio innovador para conectar estudiantes gracias a la utilización intensiva de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), ofreciéndoles un contexto multicultural e internacional sin tener que viajar o desplazarse. La movilidad virtual ofrece varias ventajas importantes, entre ellas, el bajo costo comparado con la movilidad física y la posibilidad de ofrecer a una gran mayoría de estudiantes la oportunidad de vivir una experiencia en el aula que los prepare para un mercado laboral caracterizado por empresas que trabajan en entornos de colaboración cada vez más globales y virtuales.

Adicionalmente, considerando las necesidades de desarrollo de otros actores y ámbitos del quehacer de las Instituciones de Educación Superior (IES) y las oportunidades que ofrece el uso de las TIC como herramienta aún no suficientemente explorada por parte de las instituciones, para la potenciación de acciones y vínculos externos, la movilidad virtual se erige como un mecanismo de gran alcance como alternativa para propiciar y facilitar el encuentro e intercambio de profesores, investigadores y gestores universitarios, en esquemas de colaboración y cooperación interinstitucional a nivel nacional e internacional.

Por estas razones, la movilidad virtual tiene el potencial de ser un importante aspecto de las estrategias de internacionalización de las instituciones de educación superior, lo cual se ha visto reforzado en los últimos meses con la crisis generada por el COVID-19. Sin embargo, la implementación de la movilidad virtual en la práctica de la internacionalización de la educación superior es un proceso que enfrenta muchos retos y dificultades de orden administrativo, normativo, pedagógico, tecnológico y sociocultural.

En este trabajo, se presenta una experiencia en curso promovida por la Organización Universitaria Interamericana (OUI) con un grupo de IES con la que se busca avanzar en la oferta de mecanismos eficientes y eficaces para impulsar prácticas digitales innovadoras como la movilidad virtual para proporcionar al estudiante una experiencia internacional e intercultural que fortalezca su itinerario formativo y futuro desarrollo profesional.

2. Problemática y contexto del proyecto

La internacionalización de la educación superior se refiere al proceso de integración de las dimensiones internacionales e interculturales dentro de los objetivos y función de la educación superior (Knight, 1997; De Wit, 1998) y es considerada hoy un proceso fundamental para mejorar la calidad de la enseñanza, el aprendizaje y el logro de las competencias deseadas en los futuros profesionales (Soderqvist, 2002), así como una herramienta para desarrollar competencias interculturales y ciudadanía global en el estudiante, lo cual será fundamental para desempeñarse laboralmente en un mundo globalizado. Sin embargo, solamente un porcentaje muy pequeño de estudiantes de educación superior tendrá la oportunidad de realizar estudios en el extranjero, quedando una amplia mayoría sin la posibilidad de tener una experiencia directa de internacionalización, lo cual genera inequidad.

Aunque el número de estudiantes de educación superior que realiza estudios en el extranjero ha incrementado en los últimos años, pasando de un 2,05% a un 2,3% a nivel mundial en el periodo 2012-2017, lo cual representa en cifras un aumento de 4 a 5 millones de estudiantes (UNESCO, 2019), dicho incremento sigue siendo marginal. En América Latina y el Caribe el aumento ha sido mucho menor, del 1,09% al 1,14%, lo que representa en cifras un aumento de 258 mil a 312 mil estudiantes (ídem). En nuestro continente los factores que impiden la movilidad internacional de los

estudiantes están principalmente relacionados con las condiciones económicas, ya que las familias deben generalmente participar en los costos asociados a la movilidad (pasaje, estadía, etc.), los estudiantes a menudo trabajan para aportar al presupuesto familiar y las condiciones laborales son rígidas y dificultan ausencias de movilidad, entre otras. En este contexto, proveer hoy en día al estudiante de educación superior la posibilidad de tener una experiencia de intercambio académico es un requerimiento para brindarle herramientas necesarias para su futuro desempeño profesional.

Por otro lado, en las últimas dos décadas se han visto cambios importantes en los enfoques pedagógicos y de enseñanza estimulados en gran parte por la utilización de tecnologías digitales y la implementación de modelos virtuales y blended en los procesos de enseñanza-aprendizaje, a tal punto que actualmente es prácticamente inconcebible e inviable contar con instituciones de educación superior que no incorporen las tecnologías digitales en sus procesos educativos. La actual crisis generada por la pandemia del COVID-19 ha mostrado la necesidad del uso de tecnologías digitales más allá de los procesos de enseñanza-aprendizaje para hacerse extensivo a todos los ámbitos de la universidad, lo cual genera nuevos desafíos para el uso intensivo de TIC en las funciones sustantivas y demás procesos transversales de la universidad como es el caso de la internacionalización de la educación superior, que ha sido tradicionalmente abordada desde un enfoque de movilidad o de “internacionalización en el extranjero”. Frente al gran impacto que tendrá la epidemia de COVID-19 en los desplazamientos y viajes internacionales la internacionalización deberá tornarse necesariamente a su enfoque de “internacionalización en casa”, el cual incluye actividades que ayudan a los estudiantes a desarrollar una conciencia global y competencias interculturales.

3. Descripción de la experiencia implementada

El Espacio de *Movilidad Virtual en Educación Superior (eMOVIES)* es una iniciativa liderada por la Organización Universitaria Interamericana (OUI), que ofrece a las IES participantes un espacio de colaboración para desarrollar esquemas de movilidad e intercambio académico apoyado en las capacidades TIC existentes en las instituciones de educación superior participantes y como alternativa y/o complemento a los modelos de movilidad tradicional.

eMOVIES ha sido diseñado como un mecanismo ágil y práctico para incrementar los niveles de intercambio y movilidad académica apoyado en el uso de TIC. De manera específica, eMOVIES consiste en una red de IES donde cada institución pone a disposición un número voluntario de cupos en cursos o asignaturas que ofrezca en modalidad virtual con el fin de que cada institución participante pueda establecer un plan de intercambio de estudiantes de acuerdo con la oferta disponible. Asimismo, eMOVIES favorece la incorporación de una perspectiva internacional en dichos cursos y estimula el proceso de internacionalización del currículo en las IES participantes, entendido este como el proceso de incorporación de la dimensión internacional, intercultural e interdisciplinaria en el proceso de formación de los estudiantes con el fin de desarrollar capacidades para analizar críticamente su sociedad, captar su interés hacia otras culturas y épocas, desarrollar perspectivas históricas múltiples, construir conciencia y ciudadanía global.

Vale la pena mencionar que en un principio la iniciativa se centró en construir una herramienta para la movilidad virtual de estudiantes como alternativa a la movilidad tradicional y complemento a su formación académica. Sin embargo, las reflexiones en torno al alcance del programa por la multiplicidad de beneficios y opciones que ofrecen las TIC mostraron la posibilidad de favorecer desarrollos en otras áreas y con otros actores de la gestión de las instituciones. Es así como del original “Esquema de Movilidad Virtual de Estudiantes” el concepto evolucionó al “Espacio de Movilidad

Virtual en Educación Superior”, como una plataforma en construcción permanente para generar interacciones estructuradas entre profesores, investigadores y gestores con soporte en las TIC, de acuerdo a las nuevas realidades de la Educación Superior a nivel global.

La idea de conformar un consorcio de IES para generar un espacio de intercambio de estudiantes aprovechando la oferta de cursos en modalidad virtual existentes en estas IES remonta a 2015 como resultado de los esfuerzos del programa *Colegio de las Américas (COLAM)* de la *Organización Universitaria Interamericana (OUI)* para contribuir al desarrollo de la internacionalización de la educación superior en su membresía. Posteriormente en 2017, un grupo de 12 IES, la mayor parte provenientes de Colombia, conformaron un equipo de trabajo interinstitucional para construir la propuesta y pilotear una experiencia de intercambio virtual de estudiantes basado en los principios del programa eMOVIES. Dicha experiencia piloto permitió determinar su real apropiación por parte de las instituciones y, por ende, su sostenibilidad, a través de un mecanismo de trabajo colaborativo, en red y autogestionado. Esto dio como resultado una amplia acogida por parte del 75% de IES miembro de la OUI en Colombia¹, mostrando un terreno propicio para generar modalidades alternativas para apoyar la internacionalización institucional y la formación integral de los estudiantes de las IES con fundamento en la virtualidad.

En el segundo semestre de 2018 se realizó una primera experiencia de intercambio virtual de estudiantes entre la *Corporación Universitaria Minuto de Dios* y la *Universidad Santo Tomás*, con base en la cual se lanzó la convocatoria para iniciar en el primer semestre de 2019 el intercambio con las 12 IES vinculadas al grupo de trabajo inicial, al cual se invitó a dos universidades de Argentina (Universidad de Morón) y Puerto Rico (Universidad Interamericana), ampliando la oferta de espacios académicos de intercambio. A la fecha se han realizado tres cohortes de intercambio (en el 2019 y el primer semestre de 2020) que han permitido movilizar 95 estudiantes de 15 IES y se está programando un segundo piloto interamericano en el cual se extenderá la experiencia a IES vinculadas con la Organización Universitaria Interamericana (OUI) en varios países del continente.

El programa de intercambio de estudiantes funciona de acuerdo con los siguientes parámetros:

- eMOVIES es un espacio de colaboración para compartir recursos de formación diseñados con la utilización de TIC, los cuales se intercambian con base en los principios de colaboración y reciprocidad, que no implica ningún costo adicional para la institución ni el estudiante que participa.
- El programa ofrece una visión alternativa a los modelos de movilidad tradicional para la promoción del intercambio académico en educación superior.
- La participación en el programa requiere el compromiso de la alta dirección de cada IES participante, así como el trabajo conjunto con las unidades académicas para definir el plan de intercambio de la institución. eMOVIES es un proyecto institucional.
- La participación en el programa sensibiliza a las unidades académicas (facultades, departamentos, escuelas, etc.) a la necesidad de facilitar estrategias apoyadas en el uso de las TIC para que el estudiante pueda desarrollar competencias interculturales y capacidades para el desempeño profesional en un mundo globalizado.
- El programa de intercambio permite al estudiante experimentar otros modelos educativos, enfoques pedagógicos, técnicas didácticas, plataformas de

¹ Consulta para la definición de líneas de trabajo prioritarias-Plan Estratégico Región Colombia OUI, marzo de 2017.

- aprendizaje, etc.
- Las instituciones adhieren a los principios de funcionamiento del consorcio, de tal manera que se facilita el proceso de intercambio y se evita la realización de convenios interinstitucionales y otros trámites comunes en la realización de intercambios.
- El programa está abierto a estudiantes de pregrado y posgrado. Los estudiantes pueden estar cursando programas o carreras en modalidad presencial, semipresencial o a distancia en su institución de origen.
- Cada IES socia del consorcio identifica un número de cursos o asignaturas propios, que hayan sido diseñados para la modalidad virtual, y pone a disposición del consorcio un número voluntario de cupos para recibir estudiantes de otras instituciones miembros del consorcio.
- Los cursos se imparten desde el propio Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) de la institución que lo ofrece, según el modelo pedagógico y tecnológico que posea la institución.
- Un estudiante puede registrar un máximo de dos (2) cursos o materias por sesión académica, los cuales puede llevar en IES diferentes. El estudiante puede participar en máximo dos (2) sesiones académicas, con lo cual puede realizar hasta cuatro (4) cursos o materias de intercambio en instituciones diferentes.
- Cada institución que envía un estudiante de intercambio se compromete a reconocer al estudiante el número de horas lectivas y/o créditos otorgados por la institución ofertante.
- Cada institución de destino debe ofrecer al estudiante de intercambio una capacitación introductoria sobre su modelo de educación virtual que además informe sobre las particularidades y el funcionamiento de la plataforma en la que se impartirán las asignaturas, así como los recursos disponibles para soporte técnico y didáctico.
- La institución de destino no cobra al estudiante de intercambio ningún costo relacionado a inscripción, matrícula o expedición de certificado académico.

4. Aspectos críticos y relevantes

El análisis de la experiencia piloto de eMOVIES ha mostrado varios aspectos críticos para el funcionamiento del programa que serán de gran importancia en la segunda fase que se iniciará en el segundo semestre de 2020, durante la cual se extenderá la experiencia a un mayor número de IES a nivel interamericano. Estos aspectos refieren tanto a los estudiantes, como a las IES participantes:

Estudiantes:

eMOVIES ha propiciado en ellos los siguientes beneficios:

- Alternativas de formación académica a través de la flexibilidad en el acceso a otros estilos de aprendizaje. En este aspecto se destaca que los estudiantes postulan al intercambio con el objetivo de validar la asignatura en su IES de origen; sin embargo, se ha podido constatar que el programa ha sido tan motivante para los participantes que están dispuestos a cursar otras asignaturas para ampliar sus conocimientos y por interés propio en los cursos ofertados y no necesariamente por la posibilidad de homologar la asignatura.
- Mejora de las competencias digitales que facilitan la incorporación en el mercado laboral. Hoy en día las empresas exigen dentro de sus perfiles de ingreso el manejo de este tipo de competencias para un mejor desempeño. El intercambio ofrece a los estudiantes la posibilidad de conocer otro tipo de plataformas y modelos pedagógicos que les permite dar un paso adelante dentro de su trayectoria profesional, “las trayectorias sociales y educativas se van

construyendo a partir de lo que el sujeto adquiere y acumula, todo aquel capital - económico, cultural, social y simbólico- que le permitirá desarrollarse en los diferentes campos”. (Bracchi, C. y Seoane, V, 2010).

- El desarrollo del aprendizaje colaborativo en línea permite la interacción entre los estudiantes y la gestión del conocimiento en la era digital.
- Fortalecimiento de competencias interculturales mediante el uso y apropiación de la tecnología. La experiencia del uso de la tecnología y del acceso para que los estudiantes ingresen a plataformas de otras instituciones de educación superior, tomen clases con estudiantes de otras latitudes y socialicen de manera virtual con compañeros de clase de otras culturas, ha permitido que las competencias internacionales y culturales se fortalezcan. Este acceso a una internacionalización virtual permite ver las realidades de los procesos de enseñanza-aprendizaje desde otra óptica.
- La adquisición de nuevos conocimientos a través del autoaprendizaje. En este aspecto el estudiante se vuelve más autónomo, autodidacta y auto-reflexivo.
- Reducción de costos por el hecho de no tener que mudarse físicamente dentro o fuera del país de origen haciendo un uso eficiente de la tecnología. Los intercambios virtuales se realizan a través de una red de cooperación en la que las IES colaboran de manera recíproca para eliminar los costos de ingreso a los cursos de intercambio.
- Simplificación del proceso de movilidad académica. Al ser la experiencia de manera virtual, los tiempos de aplicación se acortan y se eliminan otras condiciones relacionadas con la movilidad tradicional, como los procesos de visado y los trámites de seguros médicos internacionales entre otros.
- Tiempo y espacio. A través de la mediación de las TIC se vencen las limitaciones de tiempo y espacio y un mismo estudiante puede estar adelantando sus estudios en su institución de origen y hacer movilidad virtual tomando cursos en IES de otros dos países de manera simultánea.
- El fomento del aprendizaje a lo largo de la vida. eMOVIES, como programa de movilidad virtual favorece la educación continua y permanente de los estudiantes, asegurando aprendizajes relevantes que van más allá de su formación profesional, es decir, que un programa de esta naturaleza le aporta a su formación integral.

Instituciones de Educación Superior participantes (IES):

eMOVIES ha propiciado en la IES participantes los siguientes beneficios:

- Incremento en los resultados de internacionalización gracias a la democratización de este proceso con ayuda de las TIC, lo cual propicia la formación integral de toda la comunidad estudiantil, a diferencia de lo que puede generar los programas de movilidad física, que requiere un desplazamiento dentro o fuera del país.
- Promueve la educación disruptiva. Este tipo de programa marca la diferencia con la educación tradicional, al generar interacciones y dinámicas que mediante el uso de tecnologías digitales que impulsan nuevos enfoques en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación, lo que fortalece a los estudiantes para el autoaprendizaje y la creatividad.
- Construcción de comunidades académicas virtuales. Al existir una interacción permanente se promueve la conformación de comunidades de práctica que facilitan la generación de nuevo conocimiento y un aprendizaje colaborativo a partir de la reflexión sobre las experiencias que los estudiantes logran con este tipo de movilidad. Estas comunidades de práctica se organizan en entornos

virtuales de aprendizaje que mediante el uso de herramientas digitales que potencian el trabajo que realizan.

- Trabajo colaborativo en red. En un inicio existían varios interrogantes con respecto al programa, pero se aprovechó la experiencia en intercambios virtuales que ya tenían varias instituciones para adoptar procedimientos que habían mostrado resultados positivos y así poder escalar el programa rápidamente.
- Posicionamiento de la educación virtual. Un programa como eMOVIES en donde se emplean las TIC como aliada para su desarrollo, fortalece los procesos de educación virtual resignificando su calidad frente a la educación presencial y contribuyendo a su posicionamiento, como una alternativa particularmente en tiempos de contingencia.

Se han evidenciado las múltiples ventajas que ofrece eMOVIES, sin embargo, es importante resaltar los aspectos críticos que se deben tener en cuenta y solventar:

- Alfabetización digital de la comunidad estudiantil. Teniendo en cuenta que el programa exige competencias tecnológicas por parte de los estudiantes participantes, la formación en este tipo de competencias debe ser continua de tal manera que estén actualizados en el manejo de las TIC. Adicionalmente, en América Latina y el Caribe tenemos un reto importante relacionado con el acceso a internet.
- Posibilitar la conectividad, cobertura y acceso a las TIC ya que la brecha también es amplia en la educación virtual. En un estudio reciente realizado por Organización de las Naciones Unidas, para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), junto con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se menciona que aproximadamente la mitad del total de los 826 millones de estudiantes que no pueden asistir a la escuela (en este caso por la pandemia del COVID-19), no tienen acceso a una computadora en el hogar y el 43%, o sea 706 millones, no tienen acceso de internet en sus hogares (UNESCO, 2020). Para grandes grupos poblacionales que no logran satisfacer sus necesidades básicas, “el ingreso de la tecnología sigue siendo una utopía” (Litwin, M., 2005), por lo que se tendría que seguir trabajando de manera continua en el alcance que tendría el papel de la internacionalización en modalidad virtual. En los procesos de internacionalización en las universidades se debe priorizar la propuesta pedagógica y el análisis de los factores sociales que inciden en la aplicación eficaz de las TIC en las actividades académicas, ya que sin esto difícilmente se puede impactar positivamente en los estudiantes.
- Mayor acompañamiento para evitar el abandono. La cultura virtual está en un proceso de posicionamiento, por lo cual se requiere diseñar estrategias para que los estudiantes que participan en este tipo de proyectos no los abandonen y finalicen con éxito su movilidad virtual.
- Reconocimiento a los procesos de movilidad estudiantil virtual. Desde la mesa intersectorial para la internacionalización de la educación superior en Colombia donde participan representantes de oficinas de relaciones internacionales o afines de IES de todo el país y de entidades como el Ministerio de Educación Nacional, ICETEX (organismo de fomento de la educación superior), Ministerio de Ciencia y Tecnología, Sena, Procolombia y otros, se ha venido solicitando la actualización de los indicadores del sistema nacional de educación superior que a la fecha en Colombia no visibiliza ni contempla indicadores de internacionalización virtual. Desde el Ministerio de Educación e ICETEX se están contemplando líneas de apoyo para algunas iniciativas de internacionalización virtual.

5. Resultados obtenidos y su impacto

La experiencia piloto que se viene desarrollando desde 2019 para el intercambio de estudiantes a través de cursos o asignaturas diseñados en modalidad virtual por un consorcio de instituciones de educación superior es relevante por cuanto explora alternativas a los procesos de internacionalización fortaleciendo la apropiación del uso de TIC en las instituciones de educación superior. El uso innovador de las TIC y un aprendizaje global en red son la clave para la futura expansión de las actividades de internacionalización de la Educación Superior (De Wit, H., 2013).

El grupo de trabajo interinstitucional que se formó en el año 2017 identificó la necesidad de impulsar estrategias disruptivas para facilitar el acceso y ampliar la cobertura de las experiencias de internacionalización a un mayor número de estudiantes y no a una pequeña minoría como se presenta en los programas de movilidad estudiantil tradicionales y para propiciar una formación global en los estudiantes poniendo el uso de las TIC al servicio de los procesos de internacionalización de la educación superior.

La experiencia del proyecto piloto iniciado en 2019, y del cual se han realizado a la fecha tres cohortes de intercambio (2019-I, 2019-II y 2020-I), muestra los siguientes aspectos y resultados.

Durante las 3 cohortes, participaron 95 estudiantes principalmente de programas de pregrado quienes adelantan estudios en sus instituciones de origen ya sea en la modalidad presencial o a distancia (virtual). El gráfico 1 muestra el número de IES participantes en las tres cohortes que se han realizado del programa.

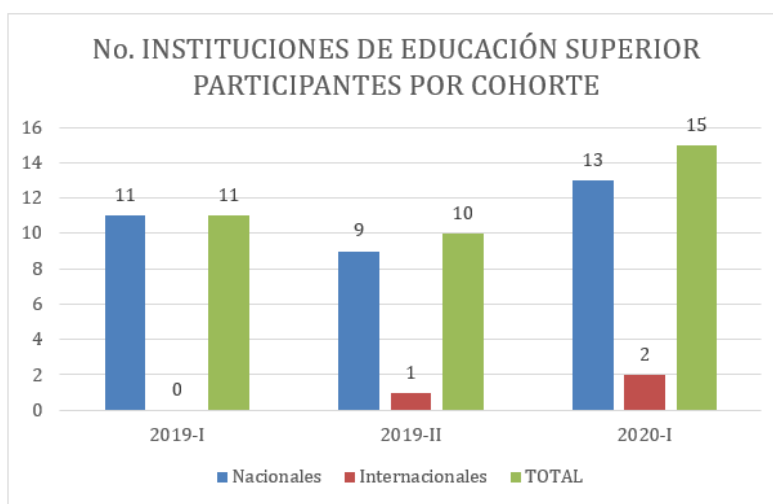


Gráfico 1. Número de IES participantes en las tres cohortes del programa (2019-I, 2019-II y 2020-I).

Durante las tres cohortes del piloto eMOVIES se logró un intercambio total de 95 estudiantes como se muestra en el gráfico 2. A pesar del bajo número de estudiantes en la primera cohorte, posteriormente hubo un crecimiento de más de 100% en la participación. Para procesos de internacionalización virtual este aumento es muy significativo.

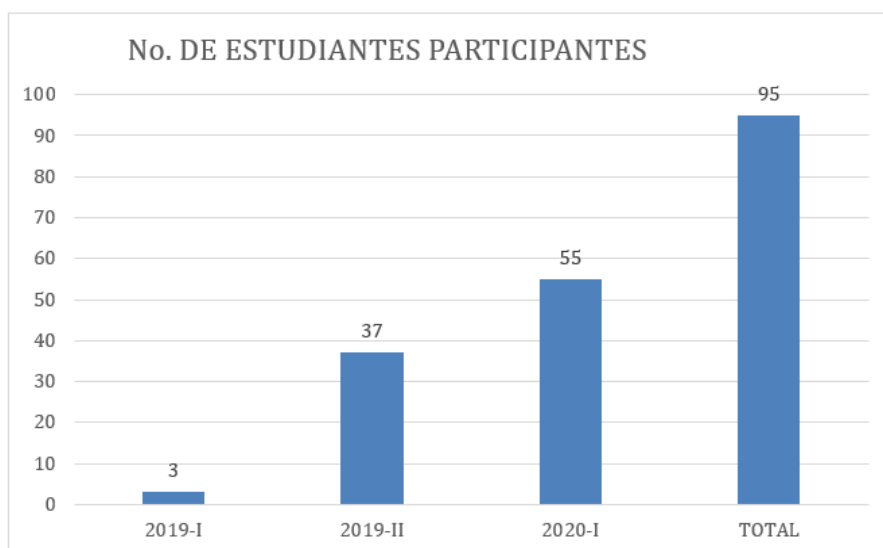


Gráfico 2. Número de estudiantes en las tres cohortes del programa (2019-I, 2019-II y 2020-I).

La mayor parte de los estudiantes participantes adelantaban estudios en las áreas de economía, administración y contaduría seguido de las áreas de ciencias sociales, ingeniería, arquitectura, urbanismo y, en una menor proporción, en el área de agronomía, veterinaria y afines (Gráfico 3).

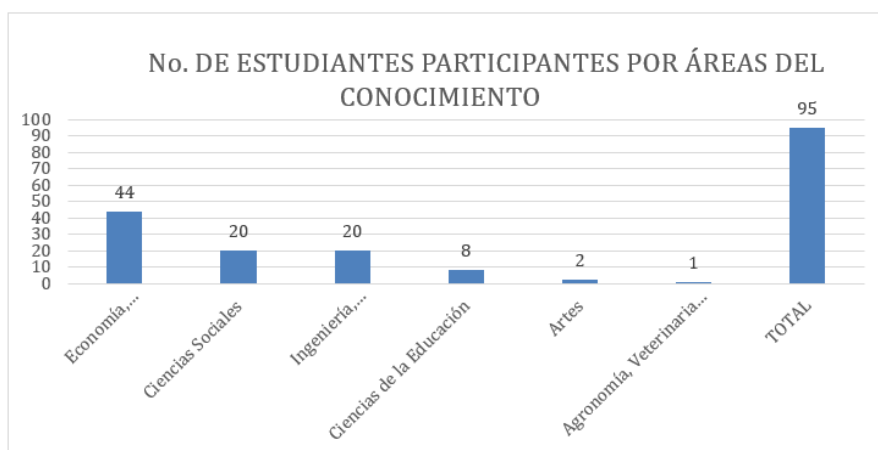


Gráfico 3. Número de estudiantes por área de conocimiento.

El piloto de eMOVIES logró reunir un número importante de cursos y cupos para el intercambio. Las IES participantes pusieron a disposición del consorcio 587 cursos o asignaturas, en los cuales se ofrecieron 5.381 cupos para intercambio, lo cual representa una cifra muy significativa comparada con el número de cupos que se logra en la movilidad presencial. El número de cupos y cursos ofrecidos tuvo un crecimiento exponencial, de cerca del 500%, lo cual demuestra el alto interés que despierta en las IES por la oportunidad de innovación académica y de ofrecer a los estudiantes diferentes formas de internacionalización (Gráfico 4).

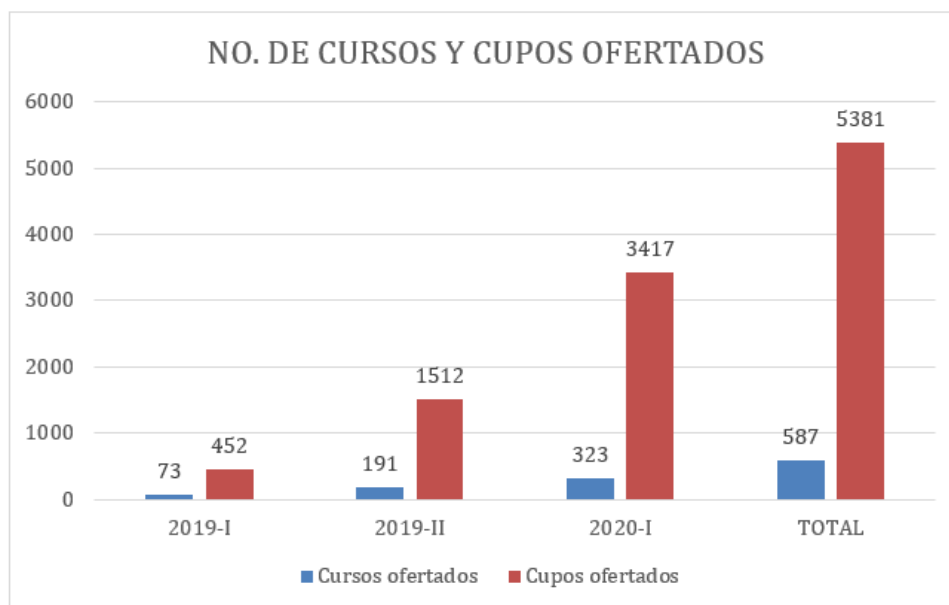


Gráfico 4. Número de cursos y cupos ofertados en las tres cohortes (2019-I, 2019-II y 2020-I).

6. Aprendizajes, retos y oportunidades

El Espacio de Movilidad Virtual en la Educación Superior (eMOVIES) representó un reto para las instituciones que participaron en su definición y puesta en marcha, pero también la respuesta a una necesidad sentida en las IES de generar estrategias y modelos innovadores en sus procesos de internacionalización, para propender por la inclusión, la sostenibilidad y la flexibilidad, que deben ser condiciones sine qua non de esa dimensión de la gestión institucional.

La puesta en marcha del piloto de eMOVIES en la Región Colombia de la OUI, incluyendo la definición de su estructura, características y parámetros, generó una serie de aprendizajes y reflexiones acerca de su aplicación a mayor escala y sus posibilidades de réplica y sostenibilidad en el tiempo, siempre con la visión de contribuir al fortalecimiento de los procesos de las IES, de propender por el trabajo interinstitucional articulado y colaborativo y de generar o consolidar condiciones y capacidades en las instituciones participantes, con un claro apoyo en las TIC como elemento definitivo en la nueva internacionalización y aspecto crucial en las funciones sustantivas en un futuro cercano de desarrollo del programa.

Asimismo, se identificaron en su implementación inicial, algunos aspectos y elementos que, más que catalogarse como dificultades y falencias que no fueron contempladas al momento de iniciar la construcción del modelo, establecen una serie de retos y oportunidades que, sin duda, conllevan a consolidar eMOVIES como referente para nuevas prácticas de internacionalización en la educación superior.

6.1. Aciertos en el desarrollo de eMOVIES como programa integrador, sostenible y con proyección

Muchos programas ofrecidos por asociaciones y redes suelen surgir de la iniciativa y buena voluntad de la propia organización sin considerar la diversidad de IES (sus realidades, necesidades, estructura, carácter, identidad, etc.) y, por esto, pueden no responder a las necesidades reales, dificultando su apropiación. El reto de establecer

un programa que apuntara a resolver algunas de las limitaciones de las IES en la búsqueda de escenarios alternativos para la movilidad estudiantil, que además pudiera beneficiar a todas las instituciones interesadas, más allá de la diversidad, representó la necesidad de generar un esquema de trabajo que garantizara su ejecución. A continuación, se presentan los aciertos principales en el desarrollo e implementación del modelo.

La importancia del trabajo participativo, colaborativo y en red. Como se mencionó al inicio del capítulo, la construcción del piloto de eMOVIES se basó en la acción participativa y el esfuerzo conjunto de un número importante de IES de distintas características y perfiles que hicieron parte de las consultas y validaciones en distintos momentos de definición de disposiciones generales y de la aplicación propiamente dicha². Asimismo, la OUI fue parte activa de ese proceso de construcción como elemento imprescindible para la articulación efectiva, de acuerdo con las características de gestión de la asociación y sus lineamientos estratégicos. Como resultado, el modelo recoge y considera las realidades, expectativas y particularidades de las IES, quienes serán las usuarias del programa, en un marco institucional que reúne a todos los participantes, al tiempo que establece las condiciones indispensables para asegurar la interacción e intercambio efectivo.

A lo anterior se suma el acierto de establecer una coordinación compartida del piloto de eMOVIES³, que generó una dinámica de trabajo conjunto, la integración de esfuerzos y la complementariedad de capacidades y fortalezas institucionales puestas al servicio del programa.

Por último, al estar amparadas en un programa multilateral de una asociación, las instituciones se acogen a un único proceso de adhesión a eMOVIES, lo cual elimina la necesidad de establecer convenios bilaterales para mediar las acciones de movilidad, al tiempo que amplía el espectro de colaboraciones e intercambios a un mayor número de instituciones de distintos países, con muchas de las cuales no se tienen vínculos formales de colaboración.

Generación de un modelo incluyente. Uno de los primeros planteamientos en la construcción del modelo de eMOVIES fue el alcance de su aplicación desde dos puntos de vista. De una parte, durante las discusiones iniciales se revisó el tipo de instituciones objeto de su aplicación. Al denominarse un programa de “movilidad virtual”, lo natural era que se orientara exclusivamente a aquellas instituciones con una fuerte tradición y capacidad para la oferta de programas en la modalidad virtual, lo cual excluiría automáticamente un número importante de IES. Sin embargo, el grupo de trabajo interinstitucional constituido para dar vida a la propuesta decidió abrir la posibilidad de participación a todas las instituciones interesadas en ser parte de eMOVIES, bajo el principio de la reciprocidad y de acuerdo con sus capacidades, lo cual además de ser incluyente, propiciaba un escenario enriquecedor de aprendizaje, intercambio y generación de vínculos como valores agregados del programa. Por otro lado, aunque en su primera fase el programa se orientara a la movilidad virtual de estudiantes, eMOVIES se definió como una plataforma integral para acoger a otros actores de las comunidades académicas para el desarrollo de proyectos y actividades con soporte en las TIC, en el marco de la docencia, la

² El esfuerzo reunió IES públicas y privadas, de mayor y menor tamaño y nivel de desarrollo, de gran tradición y más jóvenes, acreditadas de alta calidad y no acreditadas, de formación eminentemente presencial y otras con oferta importante de programas virtuales y a distancia.

³ La coordinación tripartita estuvo en cabeza de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A), en función de su responsabilidad como Vicepresidencia de la Región Colombia de la OUI en el periodo 2015-2017 y como líder del Plan Estratégico Regional, de la Corporación Universitaria Minuto de Dios y de la Universidad Santo Tomás, estas dos últimas con una reconocida fortaleza en la oferta de programas virtuales y a distancia en Colombia.

investigación, la proyección social y la gestión.

Apropiación de experiencias y prácticas existentes. La definición de los parámetros básicos de aplicación del programa se realizó con base en la experiencia de IES que ya habían incursionado en la modalidad virtual. Esa experiencia previa, en complemento a las prácticas tradicionales de movilidad académica de las demás IES - en particular en el marco de esquemas de movilidad multilaterales - favoreció la generación de un modelo pertinente y aplicable a distintos tipos de instituciones y acertó para el conjunto de instituciones.

Articulación y retroalimentación entre procesos y actores de las IES. Los equipos de trabajo de las instituciones participantes en la formulación del modelo incluyeron tanto a los responsables de relaciones internacionales, conocedores de las características, necesidades y alcances de los procesos de internacionalización como a los encargados de los centros e instancias de gestión de la virtualidad como aspecto de la formación académica. Las diferencias en las perspectivas y procedimientos asociados a la consolidación de un modelo de movilidad virtual - aún entre miembros de una misma institución - requirió de un ejercicio de comprensión y homologación de conceptos que estableció una ruta para garantizar la adopción de eMOVIES por parte de las instituciones, construyendo puentes internos de comunicación para evitar trabas y errores procedimentales, al incorporar estrategias y acciones propias de la formación virtual en el proceso de aplicación y desarrollo de la movilidad académica. Todo esto para, finalmente, proveer condiciones de calidad y flexibilidad a los estudiantes beneficiarios, así como el compromiso por parte de administradores y docentes para el seguimiento a los estudiantes de intercambio.

También fue estratégico identificar la necesidad de contar con una etapa de inducción y ambientación del estudiante al entorno virtual de aprendizaje de la institución oferente del curso, lo cual no estaba previsto inicialmente al no existir un componente análogo en el proceso de movilidad tradicional. Esto resultó ser un elemento crucial de permanencia y éxito principalmente en el caso de estudiantes matriculados en programas presenciales en sus instituciones de origen.

6.2. Retos y oportunidades de mejora

Al ser un nuevo proyecto, eMOVIES no fue ajeno a las dificultades derivadas del desconocimiento y la escasez de referentes sobre la movilidad virtual, más aún que fueran aplicables a un universo amplio de IES con distintas modalidades de formación y no exclusivamente dedicadas a la oferta de programas virtuales. En ese sentido, se identifican algunos aspectos que constituyen retos a ser abordados y posibles oportunidades para continuar fortaleciendo eMOVIES en su fase de movilidad virtual de estudiantes, que serán insumos valiosos para la aplicación del programa con otros actores y ámbitos de la gestión de las IES.

Potenciación de la percepción sobre las cualidades y beneficios de la educación virtual. Al emprender el trabajo de diseño de eMOVIES por responsables de Relaciones Internacionales de las IES, no se consideraron claramente las características propias de la educación virtual y se pretendió, en un primer momento, gestionar la movilidad virtual como una versión on-line de la movilidad académica presencial (que comprende distintas tipologías y objetivos) y no como una alternativa a ésta. Por ese desconocimiento acerca de la educación virtual y sobre todas sus ventajas y posibilidades se hace preciso reforzar la sensibilización a las comunidades académicas de las IES participantes para evitar el error de considerar que la movilidad virtual no genera los mismos beneficios agregados que la movilidad presencial (como

la experiencia intercultural, la adquisición de competencias y habilidades globales y el aprendizaje de otros idiomas, entre otros). Si bien dichos beneficios son más evidentes en el caso de la movilidad tradicional, “la movilidad virtual abre el camino a unas posibilidades hasta ahora insospechadas al ofrecer acceso a cursos y programas en otros países y permitir la comunicación entre docentes y estudiantes a través de las TIC. Para el estudiante es, sin duda, una experiencia educativa, ya que adquiere competencia intercultural y tecnológica, más allá del contenido específico de los estudios, dada la interacción que se facilita a través de estas herramientas” (García Aretio, 2007).

7. Impactos no esperados

eMOVIES fue diseñado como una alternativa para que las IES pudieran ofrecer a sus estudiantes una experiencia de movilidad que de otra manera difícilmente podrían acceder a ella, con un mecanismo implícito de homologación que estimulara a los estudiantes a participar de este tipo de intercambios. Si bien esperábamos que la iniciativa despertara un gran interés en las IES, como ha sido el caso, ha sido muy estimulante constatar el entusiasmo que ha despertado en buena parte de los estudiantes, quienes expresan interés y motivación para cursar experiencias educativas en otras instituciones con el único propósito de vivir la experiencia de intercambio y ampliar sus conocimientos y perspectivas y no necesariamente por la homologación de la asignatura. Esto ratifica el grado de importancia que otorgan los futuros profesionales a la posibilidad de vivir una experiencia intercultural y el valor que a ello puede agregar el uso de las TIC.

Referencias

- 1** Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe: La Movilidad en la Educación Superior en América Latina y el Caribe: Retos y oportunidades de un convenio renovado para el reconocimiento de estudios, títulos y diplomas. Caracas, Venezuela (2019). UNESCO-IESALC, http://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2019/09/Documento-de-Trabajo-01_IESALC_La-movilidad_Vfinal-ESP-WEB.pdf
- 2** De Wit, H.: Keynote COIL Conference (2013)
- 3** Litwin, E.: Tecnologías educativas en tiempos de Internet. Buenos Aires: Amorrortu (2005)
- 4** Terigi, F.: Los cambios en la escuela secundaria en argentina: por qué son necesarios, por qué son tan difíciles. Propuesta Educativa 29 (2008)
- 5** Documento de Consulta para la definición de líneas de trabajo prioritarias-Plan Estratégico Región Colombia OUI, marzo (2017)
- 6** García Aretio, L.: Movilidad Virtual vs. Movilidad Física, Boletín Electrónico de Noticias de Educación A Distancia, septiembre (2007)
- 7** Vinagre Laranjeira, M.: El Aprendizaje Intercultural en Entornos Virtuales, Universidad Autónoma de Madrid (2010)

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación en
Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

Plataforma Digital de Emprendimiento de Base Tecnológica (EBT) para los estudiantes de ingeniería: Caso UNICATÓLICA

José Tulio Nel Benavides Peña^a, Ana Maria Jaramillo Quiceno^b

^a Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium (UNICATÓLICA), Facultad de Ingeniería, Carrera 122 No 12-459 Pance, Cali-Colombia
jbenavides@unicatolica.edu.co

^b Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium (UNICATÓLICA), Facultad de Ingeniería, Carrera 122 No 12-459 Pance, Cali-Colombia
amjaramillo@unicatolica.edu.co

Resumen. Ante la revolución que plantea la industria 4.0, es vital que las universidades, donde se focaliza la producción de nuevo conocimiento, vía investigación, experimentación y desarrollo tecnológico; definan esquemas de articulación para transferir conocimiento a otros actores que puedan aportar de diversas formas, por medio de la innovación. En este contexto el emprendimiento es una de las vías de transferencia más efectivas ante las demandas del actual mercado y fundamentalmente de base tecnológica. Esto implica que se formen profesionales capaces de crear soluciones para este entorno cambiante, turbulento e interconectado. Por lo anterior, UNICATÓLICA realizó una investigación para diseñar un modelo, a través del cual se logre aportar a los procesos de formación y desarrollo de capacidades como las que demandan estos cambios de contexto, para formar profesionales capaces de interactuar con el entorno y llevar el conocimiento a soluciones prácticas y concretas que atiendan a problemáticas sociales, económicas, etc. Esta investigación dejó ver que las universidades, inmersas en un permanente cambio tecnológico, con impactos cada vez más profundos sobre el futuro de nuestra sociedad; requieren fortalecer sus funciones misionales con mayores capacidades en ciencia, tecnología, innovación y emprendimiento, fundamentalmente. Así mismo, como fruto de la implementación del modelo, se llevó a cabo un piloto, soportado por una plataforma digital en ambiente web desarrollada en el marco del proyecto de investigación, que permitió evidenciar como se puede potencializar el rol de los profesionales de ingeniería, al fortalecer en éstos competencias gerenciales, enfoque de mercado, entre otras, y que además, al brindar un acompañamiento a sus emprendimientos, soportados en la capacidad institucional, facilita el networking, coworking y el despegue de empresas no tradicionales.

Palabras Clave: Investigación y desarrollo, innovación, emprendimiento, ingeniería, tecnología.

Eje temático: Transformando la experiencia de aprendizaje del estudiante.

1. Introducción

El rol de la universidad entre la formación, investigación y proyección social, según sus intereses y enfoque ha generado un debate permanente a través del tiempo. UNESCO, ONU y OCDE, entre otros, analizan la necesidad de formar en habilidades y competencias para el S.XXI. Por su parte el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, CEPAL, entre otros, vienen analizando tendencias ocupacionales dadas las condiciones del contexto globalizado y la comprensión de la utilidad de la ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de los países. Con todo esto, se viene fortaleciendo el relacionamiento de la universidad con el entorno, independientemente del enfoque.

En este contexto, UNICATÓLICA, como parte de la red de Instituciones de Educación Superior del Suroccidente Colombiano, atendiendo a su vocación de formación integral, diseñó un modelo para promover la innovación y el emprendimiento, principalmente de base tecnológica, como instrumento para dinamizar las capacidades con las que cuentan tanto la institución como sus aliados de interés. Se espera con esto fortalecer las capacidades de investigación, innovación, desarrollo tecnológico y transferencia para disminuir la brecha digital, generar nuevos y mejores espacios de desarrollo económico, social y territorial.

2. Problemática y contexto

En los últimos años se ha producido un cambio en la percepción social del papel de la Universidad y esto se debe a la adopción de modelos de transferencia, basados en la valorización de la I+D universitaria y el fomento del espíritu emprendedor [18]. De allí que la universidad deba repensarse en coherencia con las nuevas estructuras tecno-económicas. Es bien sabido que “las estructuras socioeconómicas del S.XXI experimentan una crisis generada por la revolución en las TIC y por modelos de desarrollo expansionista.[4]

Con este fundamento, se buscó conocer los intereses de los actores del proyecto de investigación, quienes constituyen la cuádruple hélice, la cual, según [4] facilita el vínculo entre el conocimiento y la innovación para lograr un desarrollo sostenible. Se priorizó en la consulta Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali como polos de desarrollo colombianos.

El papel de las universidades en el funcionamiento de un sistema local de innovación es estratégico, así como su influencia en el desarrollo económico y social local, mediante innovaciones basadas en el conocimiento [3]. De allí que sea importante potenciar la innovación y el emprendimiento universitarios. “En esta nueva economía basada en el conocimiento como factor básico de producción, las universidades tienen el reto de potenciar la generación de innovaciones a través de la investigación y dotar a la comunidad universitaria de habilidades necesarias a través básicamente de la docencia” [8]. En coherencia con el cambio estructural que afrontamos al nivel global, “la educación, la vida cotidiana y la cultura no escapan a esa introducción creciente de valores, bienes, información y servicios que se nutren de los avances del conocimiento [1].

Estamos frente a un cambio sin precedentes, "al borde de una revolución tecnológica que modificará fundamentalmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos [11], por ende “necesitamos que la universidad genere emprendedores e innovadores” [10]. En consecuencia, “cuando las universidades tienen bajos niveles de investigación aplicada significa que no están aprovechando las oportunidades que derivan de la investigación básica que desarrollan” [4]. Esto para dar una mirada al contexto.

Ahora, desde la gestión educativa existe la necesidad de desarrollar habilidades para el S.XXI. [14] plantea que “una sociedad del conocimiento se nutre de sus diversidades y capacidades”, así pues, “puede ser menester moldear y transformar la educación para conseguir que tenga un efecto positivo [15]. Por consiguiente, se requieren nuevas formas de enseñanza, “se busca una pedagogía transformadora y orientada a la acción, y se caracteriza por aspectos tales como el aprendizaje autodidacta, la participación y colaboración, la orientación hacia los problemas, la inter y transdisciplinariedad, y la creación de vínculos entre el aprendizaje formal e informal [16]. De allí la gran relevancia de propuestas como la de Gardner, quien afirma que, la vida es más que desplegar combinaciones particulares de inteligencia para fines educacionales específicos, existen múltiples inteligencias y estas no se excluyen mutuamente [7]. En este mismo sentido la OCDE adopta una postura afín con dos importantes iniciativas: la Definición y Selección de las Competencias (DeSeCo) y el Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA), lanzado en 1997. [12]

Es claro así que, la universidad del S.XXI está llamada a ser “emprendedora”. Además de la investigación y la enseñanza, deben contar con una estructura interdisciplinaria que facilite la innovación basada en el conocimiento [18]. Según datos arrojados en el FEM 2018, gracias a la investigación realizada por Times Higher Education, 27 de las universidades más prestigiosas e innovadoras del mundo generan más investigación que casi todos los países del mundo. Sin embargo, no es suficiente, es necesario que más instituciones se sumen al esfuerzo [13].

Se encuentra un importante sustento del por qué se requieren estructuras de relacionamiento con el entorno sólidas. Al respecto Guerrero y Urbano consideran que “debería haber una visión más amplia sobre las contribuciones de las universidades y no reducir a las universidades a un “simple factor de producción”, sino valoradas como “fuerzas creativas de la economía””. [8]

Con base a los fundamentos antes expuestos, se formuló el siguiente planteamiento: ¿Cuál es la ruta de acción estratégica para lograr que UNICATÓLICA cuente con las capacidades necesarias y suficientes para generar cada vez mayor valor en su relacionamiento con el entorno?

El diseño del modelo y su implementación, apoyado en una plataforma digital, debería responder a este interrogante, validado con actores participantes en la investigación (Gobierno, instituciones, empresarios, estudiantes, docentes y directivos).

3. Método

La investigación para la realización del Modelo de Emprendimiento de Base Tecnológica (EBT) fue aplicada, con técnicas exploratorias de carácter cualitativo. En primera instancia se realizó consulta en fuentes secundarias para indagar, sobre los principales conceptos que sustentarían el modelo y tomar referentes del contexto global, en cuanto a modelos universitarios y ecosistemas de CTel. En segunda instancia, con los insumos teóricos obtenidos, se aplicaron técnicas de consulta a fuentes primarias, acercándonos a los actores de interés para identificar necesidades. Las técnicas aplicadas fueron encuesta, taller y entrevista semiestructurada, así: encuesta a 54 estudiantes (Se selecciona una muestra no probabilística de carácter discrecional. De manera aleatoria se selecciona el 30% de los estudiantes activos del programa de Ingeniería de sistemas); taller con 12 docentes y entrevistas semiestructuradas con 3 directivos de la institución (Se seleccionan los docentes del programa de Ingeniería de sistemas por ser los gestores del proyecto y los actores con quienes se realizará el piloto del modelo y los directivos de Planeación, Bienestar y Emprendimiento); entrevista semiestructurada con 17 empresarios del Valle del Cauca

y con 13 actores de 11 instituciones de gobierno, Instituciones de Educación Superior y otros actores reconocidos por el Sistema Nacional de CTel, en las ciudades antes mencionadas (Se determina muestra no probabilística de carácter discrecional, tomando en cuenta un 30% de empresas en la lista de “las 100 + de las iniciativas Cluster” CCC que representa más de la cuarta parte de la población seleccionada). Adicionalmente, se vinculó un semillero de investigación de la institución, para la construcción de un prototipo digital. Finalmente se sistematizó y analizó la información apoyada en el software Atlas ti 8, y se prosiguió finalmente con el análisis.

4. Descripción de la Plataforma Digital de Emprendimiento de Base Tecnológica

La plataforma digital en ambiente web de emprendimiento de base tecnológica se realizó con el fin de gestionar las diversas iniciativas de emprendimiento de base tecnológico, la cual permite a los estudiantes crear su proyecto y seguir la ruta del “Modelo de Emprendimiento de Base Tecnológica de UNICATOLICA” (Modelo I+D+i+e), los estudiantes tienen el acompañamiento de mentores y asesores que los acompañan en el desarrollo del emprendimiento.

Para el desarrollo de la plataforma se identificaron unos objetivos con sus correspondientes actividades que se muestran en el cronograma de la figura 1.

Fase/Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
Objetivo 1: Identificar las características principales de las diferentes plataformas de emprendimiento.								
A.1.1. Realizar una búsqueda bibliográfica y de plataformas web que mencionen el manejo de los proyectos de emprendimiento mediante el uso de tecnologías de la información.								
A.1.2. Realizar una búsqueda bibliográfica sobre la documentación, la gestión y el manejo del modelo canvas del negocio.								
A.1.3. Documentar la información recopilada.								
Objetivo 2: Determinar los requerimientos funcionales y no funcionales de la plataforma, alineados a la filosofía institucional.								
A.2.1. Registrar los requerimientos funcionales para la creación de la plataforma mediante reuniones con los actores de interés.								
A.2.2. Definir los requerimientos no funcionales de la plataforma según las necesidades definidas en la actividad A.2.1.								
A.2.3. Documentar la información recopilada en el documento de especificación de requisitos de software.								
Objetivo 3: Implementar la plataforma web con base a los requerimientos y las restricciones definidas.								
A.3.1. Implementar los algoritmos necesarios según los requerimientos definidos.								
A.3.2. Integrar el modelo canvas del negocio a la plataforma.								
A.3.3. Documentar el código fuente de la plataforma.								
Objetivo 4: Evaluar la plataforma mediante un plan de pruebas de software y de usabilidad para definir los alcances y limitaciones.								
A.4.1. Definir un protocolo de pruebas de software y de usabilidad que permita evaluar el desempeño de la plataforma web ya implementada.								
A.4.2. Ejecutar los casos de prueba definidos en la actividad A.4.1.								
A.4.3. Analizar los resultados obtenidos en la actividad A.4.2.								
A.4.4. Documentar la información obtenida en el documento de pruebas.								

Fig. 1. Cronograma de actividades para el desarrollo de la plataforma de emprendimiento de base tecnológica.

• Descripción General

Se presenta una descripción de cuales fueron los requisitos del sistema, con el fin de conocer las principales funciones, características del usuario, condicionantes técnicas, supuestos y dependencias que afectan el desarrollo.

La plataforma de emprendimiento de base tecnológica está diseñada para trabajar en un ambiente web y funciona de forma independiente a los otros sistemas de información de UNICATÓLICA.

Permitirá gestionar las ideas de emprendimiento de la comunidad UNICATÓLICA y todos sus componentes asociados, controlando de manera sistemática la intervención de todos los actores en pro del éxito de un proyecto.

• Funciones del producto

- Autenticar Usuarios.
- Gestionar Usuarios.
- Gestionar Herramientas.
- Gestionar Equipos.
- Gestionar Tareas.
- Gestionar Proyectos.

• Características de los usuarios

Los roles que van a interactuar con el sistema son:

Administrador: El rol del administrador es asumido por las personas que configuran la aplicación y tiene acceso a todas las funcionalidades del sistema.

Usuario: El rol usuario es asumido por las personas que van a ser emprendedores, mentores y/o asesores en las ideas de emprendimiento, este rol tiene acceso a algunas de las funcionalidades del sistema. Dentro de cada idea de emprendimiento se definen los siguientes roles:

- **Líder:** Este rol es asumido por cualquier persona de la comunidad UNICATOLICA que tenga una idea de emprendimiento de base tecnológica, y que requiera apoyo metodológico para llevar a feliz término su proyecto.
- **Miembro:** Este rol es asumido por cualquier persona de la comunidad UNICATOLICA que quiera participar en una idea de emprendimiento de base tecnológica, aportando conocimiento y realizando las actividades propuestas por el mentor.
- **Mentor:** Los mentores son personas naturales que son validadas por el administrador del sistema y que acompañan metodológicamente a los proyectos de emprendimiento.
- **Asesor:** Este rol es asumido por personas naturales que son validadas por el administrador del sistema y que acompañan de manera especializada a los proyectos de emprendimiento.

• Restricciones

- Arquitectura cliente servidor
- Base de datos relacional
- Interfaces responsivas
- El sistema debe ser multiplataforma
- Lenguajes de programación de dominio público
- El sistema se alojará en los servidores que defina UNICATOLICA

• **Requerimientos funcionales.**

En la tabla 1 se observa una tabla con los requerimientos funcionales de la plataforma de emprendimiento de base tecnológica.

Tabla 1. Requerimientos Funcionales.

Funcionalidad	ID	Requerimiento
Gestionar usuarios	RF-01	El sistema debe permitir registrar y autenticar un usuario con información local.
	RF-02	El sistema debe permitirle al usuario editar su información personal.
	RF-03	El sistema debe permitirle al administrador dar de alta a un usuario para que pueda crear ideas de emprendimiento.
	RF-04	El sistema debe permitirle al administrador cambiar la contraseña de cualquier usuario del sistema.
	RF-05	El sistema debe permitir al administrador cambiar el perfil de cualquier usuario del sistema, para que pueda acceder a funcionalidades específicas.
Diagnosticar competencias	RF-06	El sistema debe permitirle a un asesor asignar tareas a los miembros del proyecto.
	RF-07	El sistema debe permitir ver a los miembros del proyecto las tareas asignadas.
	RF-08	El sistema debe permitirle al asesor registrar el cumplimiento de las tareas.
Matricular proyectos de emprendimiento	RF-09	El sistema debe permitir a un emprendedor, luego de haber sido validado por el usuario administrador del sistema, registrar una idea de emprendimiento si así lo desea.
	RF-10	El sistema debe permitir visualizar las ideas de emprendimiento.
Gestionar equipos	RF-11	El sistema debe permitir al usuario administrador asignar un mentor a la idea de emprendimiento.
	RF-12	El sistema debe permitir al usuario administrador asignar un asesor a la idea de emprendimiento.
	RF-13	El sistema debe permitir visualizar el equipo de trabajo.
	RF-14	El sistema debe permitir enviar una solicitud de vinculación a la idea emprendimiento.
	RF-15	El sistema debe permitir al líder de la idea de emprendimiento aceptar o rechazar una solicitud de vinculación al proyecto.
Acompañar emprendimientos	RF-16	El sistema debe permitir el uso del modelo canvas.
Gestionar herramientas	RF-17	El sistema debe permitir al administrador registrar diferentes herramientas.
	RF-18	El sistema debe permitir al asesor vincular una herramienta a una tarea asignada.

• **Requerimientos no funcionales.**

En la tabla 2 se observa una tabla con los requerimientos no funcionales de la

plataforma de emprendimiento de base tecnológica.

Tabla 2. Requerimientos no Funcionales.

ID	Requerimiento
RNF-01	El tiempo de respuesta de cada solicitud no debe superar los 5 segundos.
RNF-02	El sistema debe presentar una interfaz usable, agradable y sencilla.
RNF-03	Garantizar la confiabilidad, la seguridad y el desempeño del sistema informático a los diferentes usuarios. En este sentido la información almacenada o registros realizados podrán ser consultados y actualizados permanente y simultáneamente, sin que se afecte el tiempo de respuesta.
RNF-04	Garantizar la seguridad del sistema con respecto a la información y datos que se manejan tales sean documentos, archivos y contraseñas.
RNF-05	El sistema debe estar en funcionamiento las 24 horas del día.
RNF-06	El sistema debe ser escalable.
RNF-07	El sistema debe ser fácilmente portable a otros servidores de hosting.
RNF-08	El sistema se debe ajustar a cualquier tipo de pantalla.
RNF-09	El sistema deberá funcionar en distintos sistemas operativos y plataformas de hardware.
RNF-10	El sistema debe soportar el manejo de gran cantidad de información durante su proceso.
RNF-11	El sistema debe disponer de una documentación fácilmente actualizable que permita realizar operaciones de mantenimiento con el menor esfuerzo posible.

- **Diseño de la Base de Datos.**

En la figura 2 se observa el modelo relacional de la base de datos de la plataforma de emprendimiento de base tecnológica.

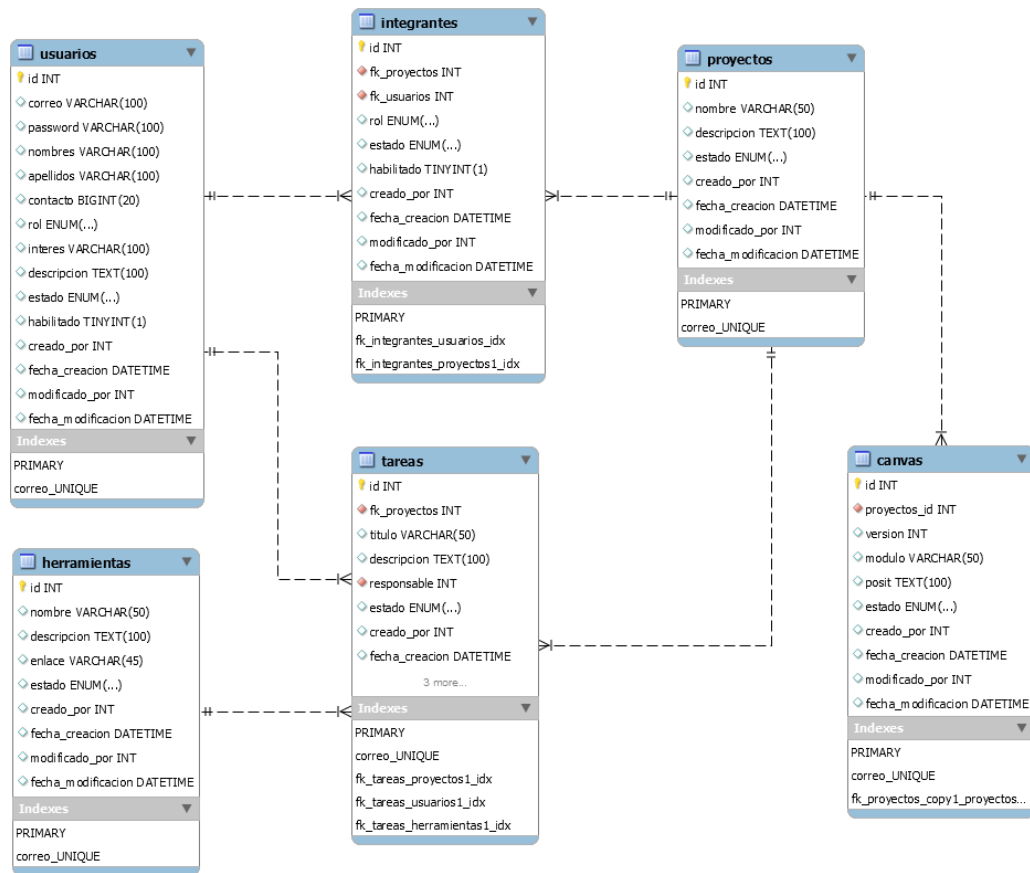


Fig. 1. Modelo Relacional de la Base de Datos.

• Herramientas de software utilizadas

- Sistemas operativos Windows 7, 8 y 10.
- Sublime text versión 3.
- Netbeans IDE versión 8.2.
- XAMPP versión 3.2 o superior, para la instalación de Apache y la base de datos MySQL.
- Plantilla AdminLTE versión 3, la cual contiene otras librerías a usar como jQuery en su versión 3.4 y bootstrap en su versión 4, entre otras.

5. Aspectos críticos y relevantes para resaltar y detallar

En el contexto colombiano existen ecosistemas regionales de innovación y emprendimiento que resultaron de interés para el estudio: Ruta N, el Diamante Caribe, Conect Bogotá región, los cuales han venido ganando visibilidad en la última década, con impactos evidenciados en la competitividad regional. El diálogo con los actores permitió determinar que en estos ecosistemas los modelos de I+D+i se constituyen como estrategias de desarrollo regional, los cuales son diversos y se busca una afinidad con el contexto local para su adaptación.

Las universidades requieren fortalecer sus funciones misionales con mayores

capacidades en ciencia, tecnología, innovación y emprendimiento, fundamentalmente. Así también forjar procesos de aprendizaje con modelos pedagógicos diversos, flexibles y adaptados a las nuevas tecnologías. La conexión de la universidad con la formación para el trabajo es indispensable y se deben pensar esquemas de trabajo colaborativo.

El trabajo en red, interdisciplinar y con énfasis en la investigación aplicada son fundamentales. Es imprescindible la formación del estudiante desde el ser, el saber y el hacer, para desarrollar las capacidades que demanda la sociedad del hoy y del mañana, tal y como se concibe por parte de los organismos internacionales en la filosofía del S.XXI.

6. Resultados

• Sobre el Modelo de Emprendimiento de Base Tecnológica

De la consulta a fuentes secundarias se priorizaron referentes, los cuales se analizaron desde la pertinencia y coherencia con el contexto e intereses de la institución: Ryerson University (2019), Tecnológico de Monterrey (2018), Cruz, A. (2016) y MIT (2019). Se presentan en la figura 3, los elementos que se incluyeron en el diseño del modelo.

REFERENTE	ELEMENTOS REFERENCIADOS	COMO SE INCORPORARON AL MODELO
MODELO RYERSON PLATAFORMA "SCIENCE DISCOVERY ZONE"	Considera 4 componentes: 1.Actividades de emprendimiento, 2.Ideación y exploración, 3.Alianzas públicas y privadas y 4.Literatura científica y política pública. Se articulan alrededor de la innovación con enfoque social y tecnológico.	Se adopta el principio de articulación alrededor del ciclo de gestión del conocimiento SECI.
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MONTERREY	Referente con una amplia oferta para el emprendimiento: Incubación, aceleración, enlace con el entorno, redes, fondos de inversión, red de familias emprendedoras.	Se toma como base para el diseño de instrumentos para operar el modelo.
MODELO MIT	El eje central es el estudiante. Se consideran los siguientes componentes como grandes programas u oferta para este: programas técnicos, eventos, académico, retos e infraestructura.	Se incluyen todos los elementos en distintos niveles del modelo, algunos como eje y otros como parte del esquema operativo.
ESTUDIO UNIVERSIDAD ALBERTO HURTADO DE SANTIAGO DE CHILE	Se consideran 4 elementos centrales: i) Capital humano avanzado; ii) Recursos e infraestructura; iii) Institucionalidad y servicios; y iv) Formación de capacidades y resultados en I+D+i+e.	Se incorporaron los 4 elementos al modelo general.

Fig. 2. Referentes internacionales de modelos de emprendimiento.

En relación a la consulta en fuentes primarias, del software Atlas TI, se obtuvieron los siguientes resultados: Conceptos priorizados por repeticiones en la transcripción: 119 Emprendimiento, 80 universidad, 70 innovación, 64 empresa, 40 gobierno, 32 tecnología, 39 desarrollo y 35 investigación.

Es importante enunciar los actores con los que se inició un diálogo para la generación de alianzas: Amazon Web Service - AWS, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Corporación Interuniversitaria de Servicios - CIS, ZONAMERICA, Universidad Pontificia Bolivariana - UPB, APPS.CO.⁴

El modelo de I+D+i+e de UNICATÓLICA (Modelo de Investigación, Desarrollo, Innovación y Emprendimiento), también llamado Modelo de Emprendimiento por simplicidad, se compone, ver figura 4, en primer lugar, de cuatro elementos: 1. Proyecto Educativo Institucional - PEI, 2. Ciencia, 3. Desarrollo tecnológico y 4. Apropriación social del conocimiento; los cuales se articulan para un desarrollo

⁴ Con AWS, SENA Y UPB la institución tiene convenios vigentes en los que se busca concretar proyectos para ejecutar en el marco de estos; y con APPS.CO se consiguió la certificación por parte de MINTIC como entidad mentora mediante la participación y certificación de 3 mentores de la institución. Con las otras 2 entidades se inició acercamiento para conocer líneas de trabajo afines. Este es uno de los resultados que se considera clave para el piloto del modelo.

integral del ser. Principios rectores: Generación y difusión del conocimiento, Desarrollo integral de la persona y de la sociedad; y Equidad y democratización del conocimiento, que interactúan entre sí mediante un ciclo de gestión del conocimiento⁵, principio que facilita que el modelo sea dinámico y flexible.

En segundo lugar, tres elementos de soporte facilitan la interacción con el entorno: 1. la vigilancia tecnológica y del entorno, la demanda de los interesados y 3. el direccionamiento estratégico institucional; los cuales dan un enfoque sistémico y contextualizado. Esta vigilancia es indispensable dado que, como lo afirma Zorro, C. (2015) “la revolución tecnológica, y especialmente las llamadas TIC, han contribuido a romper fronteras nacionales”, el cambio es lo permanente.

Finalmente, tres elementos se constituyen como las principales salidas: 1. capital humano de alto nivel, 2. recursos e infraestructura, y 3. transferencia, resultados y formación; los cuales, a su vez, son vitales para que el modelo sea sostenible en el tiempo.

Uno de los aspectos diferenciales, es la incorporación del PEI al nivel de la ciencia y el desarrollo tecnológico, así como también el hacer explícito la apropiación social del conocimiento. En los modelos tradicionales, prima un enfoque lineal que parte de la investigación básica hacia la innovación, con un fundamento de empuje hacia el mercado, hacia la sociedad. Se aprecia que normalmente el modelo pedagógico no se articula de forma directa, se piensa el componente formativo más como un insumo para el fortalecimiento del talento humano, que se vincula a las actividades de investigación al inicio del proceso. Sin embargo, las nuevas dinámicas demandan una mirada diferencial como la que aquí se propone.

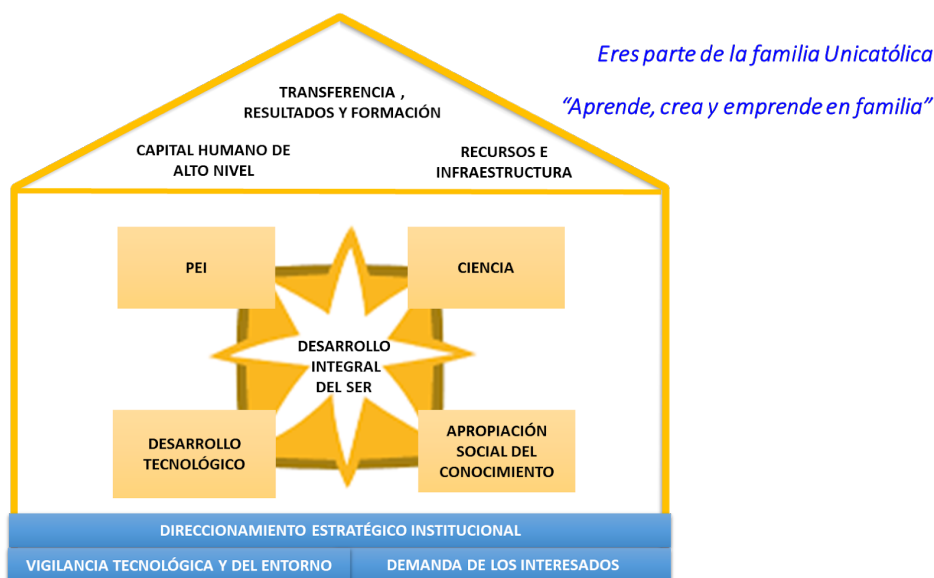


Fig. 3. Modelo I+D+i+e para UNICATÓLICA

No existe una relación lineal y/o cíclica entre los componentes centrales, por lo que no tiene un punto de partida o de llegada; en cualquier momento, de acuerdo con las necesidades, se activa cualquiera de los elementos haciendo uso de los diferentes instrumentos, ver figura 5, pero también desde el capital relacional⁶ con el que se cuenta. En esta operación del modelo se da un flujo constante de conocimiento y existen rutas, ver figura 6, definidas para los resultados de acuerdo con la focalización estratégica definida al nivel institucional.

⁵ Se propone el SECI de Nonaka y Takeuchi como ciclo fundamental.

⁶ Se entiende este como la red de aliados



Fig. 4. Instrumentos para crear e innovar



Fig. 5. Ruta de Emprendimiento del Modelo de I+D+i+e

Para operar estos instrumentos se diseñó un prototipo digital con el apoyo del semillero de investigación adscrito al grupo líder, el cual cuenta con módulos desde la ideación hasta la creación de empresa. El principal fundamento del prototipo fue el esquema del Ministerio de TIC colombiano con su programa APPS.CO de emprendimientos digitales que propone una metodología ágil. Se formó a los estudiantes en la misma, se desarrollaron procesos de ideación y estos diseñaron el prototipo con la orientación de un docente. Dicha tecnología se registró como Software de emprendimiento ante la SIC⁷.

• **Sobre la Plataforma Digital de Emprendimiento de Base Tecnológica**

Se logró la realización de una plataforma digital en ambiente web en la cual los emprendedores de la comunidad pueden registrarse, ver figura 7. y empezar una ruta

⁷ Superintendencia de Industria y Comercio, organismo que regula la propiedad intelectual en Colombia

que los llevará a desarrollar su emprendimiento



Fig. 6. Pantalla de Entrada a la Plataforma

Inicialmente antes de inscribir su proyecto el emprendedor debe pasar por la fase de aprendizaje, donde cuenta con elementos de aprendizaje autónomo como videos educativos de emprendimiento, un juego simulador, que se desarrolló en el marco de la investigación del proyecto, que enseña los diferentes aspectos a tener en cuenta para llevar a cabo el emprendimiento con la superación de diferentes retos, ver figura 8. También la plataforma cuenta con herramientas digitales para superar las diferentes fases como un software de Canvas interactivo para desarrollar el modelo del negocio.

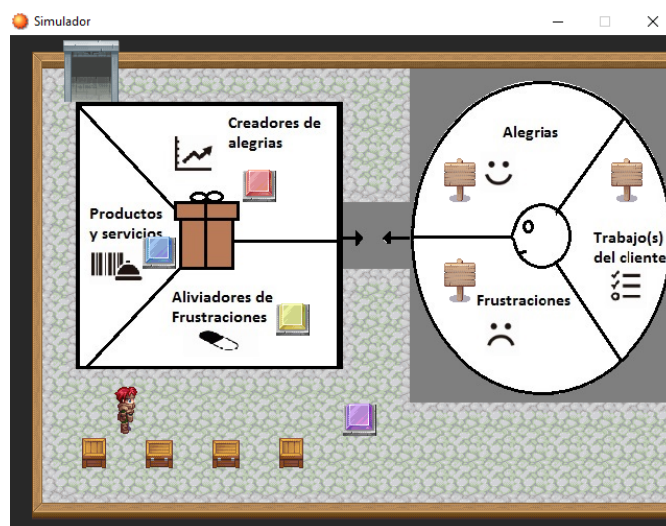


Fig. 7. Pantalla Ejemplo del Juego Simulador de Emprendimiento

Una vez el emprendedor supere la fase de aprendizaje podrá registrar su proyecto figura 9.



Fig. 8. Pantalla de Registro y Visualización de Proyecto de Emprendimiento

Ya registrado el emprendedor sigue la ruta que lo llevará a desarrollar su proyecto de emprendimiento bajo la dirección de mentores y asesores que se le irán asignando, el emprendedor formara su equipo y los mentores y asesores entregarán tareas para ser completadas por el emprendedor las cuales se controlan con la plataforma mediante diferentes estados, ver figura 10.

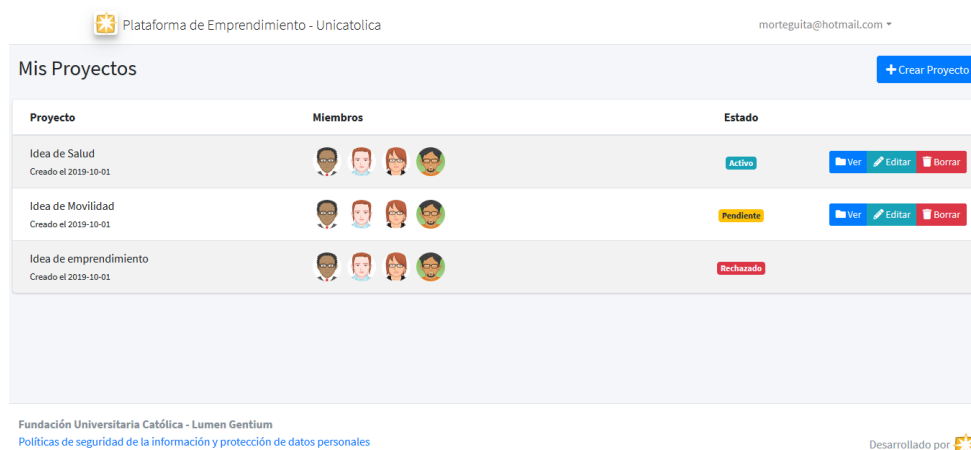


Fig. 9. Pantalla de Estados del Proyecto

Dentro del desarrollo del proyecto se llevo a cabo un piloto con varios emprendedores que tuvieron el acompañamiento de diferentes mentores proporcionados por la universidad, los emprendimientos acompañados tenían diferentes grados de madurez y dependiendo de su estado obtuvieron el acompañamiento correspondiente, algunos de ellos se pueden apreciar en la figura 11.

PILOTO

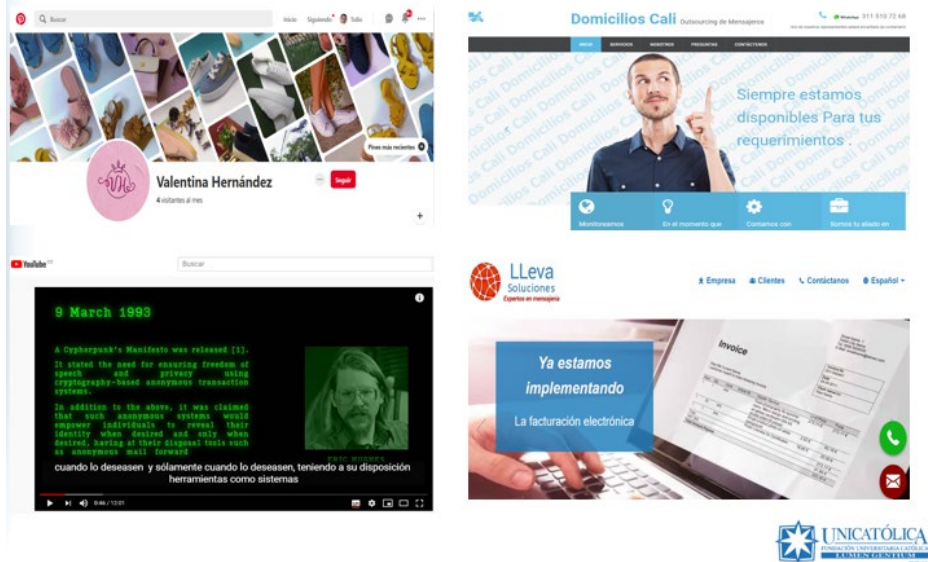


Fig. 10. Pantalla de Estados del Proyecto

7. Aprendizajes

¿Están llamadas las universidades a generar procesos de gestión del conocimiento siendo la empresa, el gobierno y la sociedad civil actores activos? ¿Es pertinente que la oferta universitaria obedezca a las demandas del entorno? Son estos algunos de los interrogantes principales que surgieron del relacionamiento con los actores. Es claro al analizar la teoría y confrontarla con los intereses de los actores, que la universidad debe conciliar los objetivos propios de la educación con las demandas sociales, pues el conocimiento es la vía para la transformación de la sociedad y si persisten las tensiones tradicionales y la desarticulación no será posible el cierre de brechas que el mundo entero persigue mediante instrumentos como la Agenda 2030, por ejemplo. Los modelos que propicien la articulación son, por tanto, una necesidad imperativa en el nuevo contexto, y deben ser contextualizados, flexibles y sistémicos, con el fin de que puedan ser replicados conforme a la pertinencia de aquellos que los puedan adoptar.

Se necesita formar seres humanos capaces de cooepitir (cooperar en lugar de competir), de resolver problemáticas complejas, de asimilar el cambio permanente, de afrontar y aprovechar las oportunidades del cambio tecnológico, pero sobre todo, seres con ética y valores, pensando siempre en las generaciones futuras. Es determinante el rol de las universidades desde sus funciones misionales, no con un rol pasivo, sino en articulación con todos los actores, asimilando y buscando soluciones a las problemáticas de la humanidad. El EBT es apenas una de las múltiples oportunidades que podemos entrever en la ruta que marcan las nuevas revoluciones tecnológicas.

Agradecimientos

A la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium (UNICATÓLICA) por el respaldo y financiación del proyecto de investigación “Implementación de un Modelo de Emprendimiento de Base Tecnológica para UNICATÓLICA”

Al semillero de investigación AYNI, dirigido por el docente ing. Víctor Hernández,

quien lideró el aspecto técnico del desarrollo del proyecto y orientó a los estudiantes del programa de ingeniería de sistemas, también integrantes del semillero de investigación AYNI, Manuel Alejandro Ortega y Marlyn Martínez Gómez en el desarrollo de la plataforma.

Referencias

- 1** Alborno, M. (2011) Prólogo de “El estado de la Ciencia 2011. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos”, RICYT, Buenos Aires. URL: www.ricyt.org
- 2** Carayannis, G.E., et al (2012) The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship* 1:2. Washington.
- 3** Ciprés, M., R. Grangel Seguer et al (2017) ¿Cómo potenciar el emprendimiento y la innovación mediante el desarrollo de proyectos de base tecnológica en el contexto docente universitario? CEF. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*. Núm. 6. Ene – abril de 2017.
- 4** Cruz, A. (2016) Innovación de Base Científica-Tecnológica desde las Universidades de Iberoamérica. *Journal of Technology Management & Innovation*. Volumen 11, 1-5. Universidad Alberto Hurtado, Facultad de Economía y Negocios. Santiago de Chile.
- 5** Domínguez, M. y García, F. (2009) La sexta revolución tecnológica: El camino hacia la singularidad en el siglo XXI. *El Hombre y la Máquina* No. 33 • Julio-Diciembre de 2009. Universidad Autónoma de Occidente. Cali.
- 6** Feldman and Kogler (2008) *The competitive advantage of regions and nations: Technology transfer through foreign Direct investment*. Great Britain. MPG Books Group, UK.
- 7** Gardner, H. (1993) *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. Basic Books, división de Harper Collins Publisher Inc., Nueva York
- 8** Guerrero, M. y Urbano, D. (2016). *Emprendimiento e innovación: realidades y retos de las universidades españolas*.
- 9** MIT (2019). Annual Report. Disponible en: <http://web.mit.edu/annualreports/>
- 10** INNOVASPAIN (2018) MIDE quiere situar a Madrid en el podium de la innovación europea. Capturado en: <https://www.innovaspain.com/mide-plataforma-madrid-innovacion/>
- 11** Klaus Schwab (2016) Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos). Recuperado de <http://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>
- 12** OCDE (2010). Working Paper 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries. EDU Working paper no. 41.
- 13** Tecnológico de Monterrey - Observatorio de innovación educativa, (2018) La innovación debe nacer en las universidades de investigación, según encuesta. Recuperado de https://observatorio.itesm.mx/edu-news/innovacion-universidades-de-investigacion?format=amp&__twitter_impression=true
- 14** UNESCO (2016a) *Hacia las sociedades del conocimiento*. Paris.
- 15** UNESCO (2016b) *Resumen del Informe de seguimiento de la educación en el mundo. La educación al servicio de los pueblos y el planeta: Creación de futuros sostenibles para todos*. Paris.
- 16** UNESCO (2017) *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivos de aprendizaje*. Paris.
- 17** Ryerson University (2019) Science Discovery Zone. Disponible en: <https://www.ryerson.ca/discoveryzone/about-us/>
- 18** Rubio de las Alas-Pumariño, T. (2014). *Recomendaciones para mejorar el modelo de transferencia de tecnología en las universidades españolas*. Conferencia de Consejos Sociales. Colección estudios e informes 05. Las Palmas de Gran Canaria.
- 19** Zorro, C. (2015) *Las perspectivas de la globalización en un mundo cambiante: Una mirada desde Colombia*. *Revista internacional de cooperación y desarrollo*. Vol. 2 No. 2. Julio – diciembre. Bogotá.

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

Experiencias de inclusión digital en la Universidad de Guadalajara: elementos para la agenda de TIC de las universidades de América Latina

José Guadalupe Morales Montelongo
profesor-investigador de la Universidad de Guadalajara jose.gpe.morales@academicos.udg.mx

Luis Alberto Gutiérrez Díaz de León
profesor-investigador de la Universidad de Guadalajara luis.gutierrez@academicos.udg.mx

Edna Minerva Barba Moreno
profesor-investigador de la Universidad de Guadalajara
edna.barba@academicos.udg.mx

Jorge Lozoya Arandia
profesor-investigador de la Universidad de Guadalajara
jorge.LArandia@academicos.udg.mx

Resumen. En el contexto de una pandemia global se identifica un importante crecimiento en el uso de los servicios y herramientas digitales como alternativa a las medidas de distanciamiento social. Sin embargo, estas herramientas tienen importantes barreras para su uso por parte de los adultos mayores, un segmento que es particularmente vulnerable debido a los riesgos de tener complicaciones en caso de contraer Covid-19. El presente trabajo busca sensibilizar sobre la importancia de la inclusión digital de las personas con discapacidad y limitaciones físicas derivadas de la edad, y en particular de los estudiantes y profesores universitarios que día a día se enfrentan a esta realidad. En el último lustro, la Universidad de Guadalajara ha impulsado diversas iniciativas en el ámbito de la inclusión digital de los estudiantes y profesores, que enmarcados en el escenario de una red universitaria multicampus brindan interesantes resultados, experiencias y aprendizajes. Asimismo, acercar el tema en importantes foros y diversos reconocimientos a la institución por esta labor han contribuido a impulsar la mejora en los niveles de accesibilidad de los portales web de las IES de México, en beneficio de sus comunidades universitarias. De lo anterior se derivan una serie de reflexiones y recomendaciones que podrían ser replicadas en otras universidades, e integradas en las agendas de los directores de TIC de las universidades de América Latina, beneficiando a sus comunidades y a la sociedad en general.

Palabras Clave: Accesibilidad, inclusión digital, accesibilidad web, responsabilidad social.

Eje temático: Responsabilidad social: Tecnologías verdes y servicios incluyentes.

1. Introducción

La Universidad de Guadalajara es la segunda institución de educación superior más grande en México con una matrícula de más de 287 mil 760 estudiantes tanto en el área metropolitana de Guadalajara como en distintas regiones del estado de Jalisco. Cuenta con 15 centros universitarios, 6 de ellos temáticos y 9 multidisciplinarios ubicados en las distintas regiones. Asimismo, integra un Sistema de Educación Media Superior (SEMS) con más de 174 planteles de bachillerato y un Sistema de Universidad Virtual (SUV).

Actualmente la institución atiende a 3,067 estudiantes con algún tipo de discapacidad, quienes cursan desde nivel bachillerato hasta doctorado, de acuerdo con las cifras siguientes: mil 387 cursan el nivel bachillerato, 103 el nivel profesional medio, 21 cursan un programa de Técnico Superior Universitario, mil 484 el nivel superior, 45 cursan maestría, 21 especialidad y 6 doctorado [1].

En el marco del Plan de Desarrollo Institucional 2014-2030 que visualiza a la institución como una universidad incluyente, equitativa e impulsora de la movilidad social [5], se desarrollan diversos programas que atienden a esta importante comunidad.

En este sentido, la institución ha impulsado desde 2014 iniciativas en el tema de la inclusión digital y la accesibilidad web, logrando consolidar el portal web institucional www.udg.mx con el nivel de accesibilidad recomendado AA [3]. Esto habilita al portal web para interactuar de manera adecuada con las herramientas de asistencia integradas en los smartphones y dispositivos móviles que auxilian a las personas con discapacidad. Estas primeras experiencias y resultados fueron compartidos en este foro en la edición 2015.

El presente trabajo busca brindar una retrospectiva acerca de las diversas iniciativas, experiencias y resultados del último lustro en temas de inclusión digital con la intención de llevar a la reflexión y sugerir algunas prácticas que podrían ser replicables en IES de América Latina en beneficio de sus comunidades y la sociedad en general.

Las TIC como medio para superar las limitaciones físicas

Las tecnologías de información y comunicación (TIC) se han colocado en el medio para informarse y comunicarse en el contexto de la actual pandemia y el distanciamiento físico entre las personas que han recomendado las autoridades.

Sin embargo, las TIC se han venido integrando gradualmente como herramientas ideales para mejorar la inclusión digital de las personas con limitaciones físicas temporales, derivadas de la edad adulta, y quienes viven con discapacidad. Asimismo, cada día nuevas soluciones, herramientas de asistencia y aplicativos buscan impulsar su participación activa en la sociedad y en las actividades en condiciones de igualdad y equidad.

De esta manera, se tiene un importante esfuerzo en el ámbito de las tecnologías móviles, donde los fabricantes de tecnología móvil incorporan este tipo de herramientas como parte de regulaciones establecidas por organismos internacionales para acceder a los mercados de consumo. En este contexto, empresas líderes como Apple, Google e IBM disponen de sitios web que describen la manera en que estas prácticas de inclusión y accesibilidad están integradas en sus productos y servicios [7][8][9].

Diversas herramientas se han desarrollado e integrado en las tecnologías recientes. Por ejemplo, entre las herramientas básicas más útiles para las personas con disminución visual están los lectores de pantalla como el VoiceOver disponible en los equipos iOS, y el Talkback en dispositivos Android. Estas aplicaciones son un avance importante para las personas con problemas visuales temporales o

permanentes, ya que permite escuchar textos en voz alta. Así, este tipo de herramientas permite conocer qué se está mostrando en la pantalla del dispositivo móvil.

Asimismo, los avances recientes brindan una gama de posibilidades para la interacción con equipos a través de la voz, como Voice Access, o bien utilizando teclados Braille.

En contraparte, en situaciones de movilidad limitada, es importante que la interacción con el portal web pueda ser completamente a través de la tecla “Tab”, brindando así posibilidades de navegación a personas con movilidad física reducida, y como una alternativa que evite la dependencia a un teclado o un ratón.

Asimismo, instituciones como la Universidad de Alicante en España, con larga data en el tema, han trabajado en comprender cómo impactan las diversas discapacidades en la navegación web de las personas [10], considerando de entrada diversos grados y tipos de limitaciones relacionadas con la vista, la audición, la movilidad y la discapacidad cognitiva, impulsando la generación de recomendaciones para superar estas limitaciones a través de contenidos web accesibles.

El estándar de accesibilidad web WCAG

En el ámbito de la inclusión digital, el esfuerzo del World Wide Web Consortium (W3C) es destacable, al lograr posicionar los Lineamientos de Accesibilidad de Contenidos Web (WCAG, por sus siglas en inglés), mismos que han sido actualizados en su versión 2.1, siendo una revisión “A” de los liberados en 2008.

Estos lineamientos, adoptados por la organización ISO bajo la norma no certificable ISO/IEC 40500, se han integrado en múltiples legislaciones nacionales y locales para impulsar servicios digitales brindados con condiciones de accesibilidad e inclusión en sus propios portales web. En el caso de México, la regulación se ha ampliado hacia los portales web y servicios de las empresas de servicios de telecomunicaciones.

De manera proactiva, y sin mediar el requisito, diversas universidades, instituciones y empresas han adoptado estos lineamientos en sus servicios y portales web, eliminando las barreras digitales para facilitar acceso de todos los integrantes de sus comunidades y audiencias.

Los cuatro pilares para la accesibilidad de los contenidos

Los Lineamientos de Accesibilidad de Contenidos Web establecen cuatro criterios para la accesibilidad de los contenidos, mismos que deben ser perceptibles, operables, comprensibles y robustos.

El criterio **perceptible** se refiere a que los contenidos deben ser percibidos a través de alguno de los sentidos de quien accede a ellos.

El criterio de **operable** implica que el usuario además de acceder a los contenidos pueda interactuar con la herramienta para navegar entre los contenidos, debiendo todo esto ser **comprensible**. El criterio de **robustez** implica que los contenidos estén preparados para que las herramientas de apoyo puedan interactuar con los contenidos de manera adecuada para su aprovechamiento [3].



Figura 1. Principios para la accesibilidad de los contenidos.
Fuente: elaboración propia con información de WCAG 2.1.

Estos pilares derivan en una serie de criterios y pautas específicas para establecer tres niveles de accesibilidad que pueden ser alcanzados de manera gradual, de conformidad con el nivel de cumplimiento de criterios específicos.

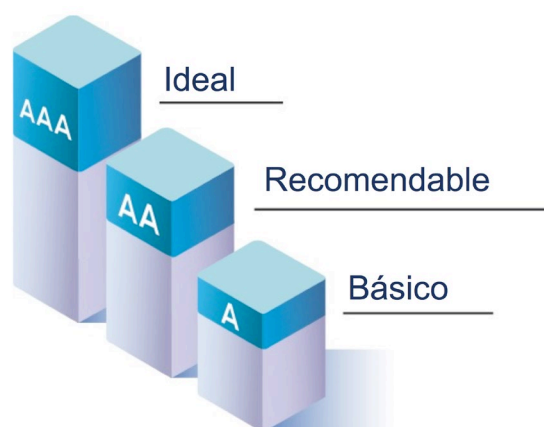


Figura 2. Niveles de accesibilidad.
Fuente: elaboración propia con información de WCAG 2.1.

De esta manera, el cumplimiento de los criterios básicos permite acceder al primer nivel básico de accesibilidad A. El cumplimiento de otros criterios adicionales, por ejemplo, la adición de subtítulos en el material audiovisual, permitirá acceder al nivel recomendado AA. Finalmente, cumplir todos los criterios establecidos llevará al nivel ideal AAA.

Al ser estos de aplicación gradual, los niveles se van logrando conforme se cumplen los criterios. En general, se sugiere establecer el nivel AA como el nivel mínimo en los portales web, ya que algunos contenidos es posible que no logren ser adaptados para cumplir el nivel AAA.

Con este contexto, se presentan enseguida una serie de experiencias e iniciativas que emprendió la institución en el ámbito de la inclusión digital.

2. Experiencias de inclusión digital universitaria

En los últimos cinco años, la Universidad de Guadalajara ha impulsado diversas iniciativas de inclusión digital desde las instancias de tecnologías de información en el marco de una red universitaria que está presente en las diversas regiones del occidental estado de Jalisco, en México.

Inclusión digital a través de herramientas de apoyo

La institución, a través del Programa Institucional de Inclusión, que apoya a distintos grupos vulnerables, entre los cuales, se encuentra la población con discapacidad, tiene el objetivo de brindar a todos los estudiantes condiciones equitativas de aprendizaje, independientemente de sus antecedentes sociales, culturales y de sus diferentes habilidades y capacidades.

De esta manera, y con el objetivo de contribuir al abatimiento de las barreras digitales y mejorar su integración al proceso de enseñanza-aprendizaje, la Coordinación General de Tecnologías de Información, instancia para la gestión de TIC en la institución, impulsó una iniciativa para otorgar en préstamo una serie de tabletas electrónicas que integran herramientas de accesibilidad tales como VoiceOver, un lector de pantalla enriquecido basado en signos gestuales sobre la pantalla que permite navegar a través de sus funcionalidades.

En un primer esfuerzo se buscó identificar y elegir las mejores herramientas para la inclusión digital de los estudiantes y profesores con discapacidad o limitaciones físicas, se tuvo interacción con las comunidades del tema, poniendo a su consideración el apoyo a través de la adquisición de herramientas de software (ej. Jaws), tabletas electrónicas (que ya integran herramientas para mejorar la accesibilidad digital) o dispositivos hardware específicos (ej. líneas Braille), con la intención de conocer su opinión y valoración.

Estos trabajos derivaron en un acercamiento y sensibilización del tema, identificar sus preocupaciones en la interacción diaria y generar colaboraciones específicas. Su retroalimentación y valoración permitió identificar que las tabletas electrónicas brindaban el mayor costo-beneficio, debido a su portabilidad e integración en el aula de clase, y mejorando su movilidad y autonomía personal.

La asignación de estos equipos benefició a estudiantes y profesores, viéndose representados el nivel bachillerato y el nivel superior, así como de los campus metropolitanos y regionales, y del sistema de universidad virtual. Esto permitió dar pasos para mejorar el acceso y uso de la información, la eliminación de barreras tendientes a promover la inclusión de la comunidad universitaria.

Este esfuerzo contribuyó al egreso exitoso de dos estudiantes, uno de ellos con calificación de sobresaliente. Asimismo, ha facilitado su proceso de enseñanza-aprendizaje, y a su permanencia en quienes aún cursan un programa educativo.

Entre los resultados del programa, se tiene que tres de los estudiantes egresaron exitosamente, siendo uno de ellos galardonado como estudiante sobresaliente. El acceso a libros y recursos informativos, así como la creación de documentos y presentaciones fueron las actividades más realizadas. La tableta también permitió mejorar la autonomía personal, pudiendo interactuar exitosamente con su correo electrónico, sistemas de chat y redes sociales.

Entre los hallazgos, se confirmó que el dispositivo móvil y sus aplicaciones lograron sustituir a los voluminosos equipos laptop que normalmente transportaban estos estudiantes cuando acudían a los espacios educativos, pues al reducir el volumen del dispositivo mejoró su movilidad y redujo el riesgo de ser víctimas de robo en el transporte público.

En este ejercicio, algunos estudiantes con sordera y ceguera de la Universidad de Guadalajara reportan que el uso de la tableta ha representado un cambio sin

precedentes en sus dinámicas de estudio, si bien para algunos resultó al principio una tarea compleja, ha auxiliado y optimizado considerablemente sus tiempos de lectura, así como la impartición de conferencias y charlas.

Red de portales web accesibles

La iniciativa de portales web accesibles consta de esfuerzos en paralelo para (1) sensibilizar a quienes están involucrados en el portal web; (2) trabajar en la implementación de ajustes para cumplir los lineamientos WCAG; y (3) mantener y mejorar la accesibilidad alcanzada.

Sin embargo, en primera instancia, el trabajo se concentró en el portal principal www.udg.mx, logrando aprendizajes importantes y prácticas para su implementación. Con esta experiencia en proceso de maduración luego de alcanzar el nivel de accesibilidad AA en el portal institucional [3], se emprendió el esfuerzo para replicar estas características en los principales portales de la Universidad, siendo estos administrados por 15 centros universitarios y dos sistemas de educación.

Estos esfuerzos se enmarcan en el contexto de la Red Universitaria, donde el despliegue local de las tecnologías de información en cada campus o sistema de educación es liderado por un responsable de TIC que implementa las estrategias más adecuadas para atender a su comunidad universitaria.

Así, en los 15 centros universitarios se cuenta con una Coordinación de Tecnologías para el Aprendizaje (CTA) que se encarga del despliegue de los servicios al interior del campus, y el Sistema de Educación Media Superior con más de 174 espacios de bachillerato en la institución, con el Coordinador de Cómputo e Informática y el Sistema de Universidad Virtual con un Director de Tecnologías.

Estos campus y sistemas de educación son de autonomía relativa, por lo que sus propias instancias de TIC no están subordinadas a la Coordinación General de Tecnologías de Información, instancia general de TIC de la institución, sino que, a través del Consejo Técnico de Tecnologías de Información (CTTI), como un espacio de deliberación y acuerdo para la adopción de las tecnologías en la institución, se discuten, promueven y acuerdan las mejores soluciones a las realidades particulares de cada una de las instancias locales de TIC.

Estas instancias de TIC se encargan, cada una en lo específico, de la gestión del portal web de su propio centro universitario y sistema.

De esta manera, el modelo web busca estandarizar la imagen de la institución en Internet, organizar visualmente los contenidos y la información publicada para que los estudiantes y académicos accedan a la información a través de portales estandarizados.

La manera en que la institución abordó estas particularidades fue al establecer un modelo web universitario que homologa la imagen visual y asigna una colorimetría por campus, derivado de un análisis de la temática del campus y, en su caso, el contexto regional en que se localiza.

Asimismo, como vehículo para estandarizar la experiencia visual y de contenidos universitarios se utilizó el CMS de fuente abierta Drupal 7, al integrar una distribución específica para la institución, y dirigida a que las instancias y dependencias pudieran contar con un portal estándar y accesible en pocos días, para concentrarse así en el contenido.

Esta distribución de Drupal fue enriquecida con plantillas web accesibles que incluye la organización y estandarización de contenidos con la imagen institucional, y está preparada para cumplir con los criterios mínimos para

alcanzar cifras de accesibilidad web superiores al 80%.

Asimismo, incluye los metadatos que deben ser alimentados para mantener y mejorar la accesibilidad del portal web, constituyéndose en elemento clave para el éxito de la iniciativa en la Red.

Portal web accesible como espacio virtual colaborativo

Alcanzar la accesibilidad web del portal es un primer paso importante donde participan las instancias de comunicación y de tecnologías del centro universitario o sistema. En este primer momento participa de manera importante el personal técnico encargado del diseño web, la programación y la administración de los portales. De esta manera, el portal web queda preparado técnicamente para interactuar con las herramientas de apoyo que utilizan las personas que viven con alguna discapacidad motriz, visual, auditiva o cognitiva.



Figura 3. Red de colaboración en accesibilidad web de la Universidad de Guadalajara.

Fuente: elaboración propia.

Una vez concluidos los trabajos técnicos, la accesibilidad web queda a cargo de los editores y publicadores de contenidos en el portal, que en cada publicación deben plasmar los criterios de accesibilidad e inclusión. En este punto se integra el portal web a la red de sitios web universitarios accesibles e incluyentes, mismos que son evaluados periódicamente para mantener estos esfuerzos.

De esta manera, mantener y mejorar la accesibilidad e inclusión de los contenidos es un compromiso que se refuerza al subir cada contenido web.

Como resultado de este esfuerzo, este enfoque colaborativo permitió implementar una metodología para habilitar equipos de trabajo que aborden la dimensión accesible e incluyente de los contenidos que acercan a sus comunidades a través de los portales web.

De este modo, el 90% de los internautas que navegan en los principales portales web de la Universidad de Guadalajara lo hacen en portales web accesibles nivel AA.

El esfuerzo para habilitar grupos de trabajo en la Red Universitaria ha permitido mantener niveles de accesibilidad promedio por encima del 90%, medido con herramientas de terceros, y logrando que casi la mitad de los portales se mantengan en el 100% a lo largo del tiempo.

Con la construcción de capacidades para gestionar la accesibilidad web, y la

maduración de las metodologías empleadas, se logró emprender la generación de grupos de trabajo que replican las capacidades en sus propios portales web locales.

Construcción de servicios digitales accesibles

En alineación con los esfuerzos de inclusión digital, fue liberado el servicio de Ventanilla Virtual Universitaria que está presente a través de diferentes plataformas (web, kiosco digital y aplicaciones móviles).

En particular el hardware del kiosco dispone de un teclado troquelado en braille y un diseño adecuada para su operación por personas que utilizan silla de ruedas para desplazarse.

En el transcurso de dos años este kiosco procesó más de 200 mil trámites, convirtiéndose en el medio para organizar la entrega de la nueva credencial institucional para estudiantes.

Acercamiento del tema en foros y espacios directivos

Con la intención de compartir y profundizar en el tema se participó en diversos foros y eventos, buscando que empresas, gobiernos y universidades se sumaran a estos esfuerzos, para sensibilizarlos además acerca de su importancia.

En 2017 la Universidad de Guadalajara fue convocada para participar en el foro “América Accesible IV: TIC para TODOS” realizado en 2017 en San José, Costa Rica, donde se presentaron los avances en accesibilidad web e inclusión digital [17]. Este evento es impulsado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés).

En el mismo año, para impulsar la sensibilización acerca del tema, la UdeG participó en la convocatoria CIO100 con proyecto “Portal Web Institucional Accesible”, siendo reconocida en la categoría *Gobierno* en un foro donde participan los directores de tecnologías de información de distintos niveles (federal, estatal, municipal), así como instituciones, universidades y organismos públicos [16].

Adicionalmente, la Universidad participó en la convocatoria de la revista u-Gob con el proyecto “Ventanilla Virtual Universitaria” en donde fue reconocida en la categoría de Gobierno Digital, y destacó por los elementos de inclusión digital para todos los universitarios. [20]

En el marco de la convocatoria 2018 de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior de México (ANUIES) para la presentación de prácticas replicables, la Universidad de Guadalajara fue acreedora al reconocimiento ANUIES-TIC 2018 en la categoría de TIC y Responsabilidad Social, por la práctica denominada “Inclusión digital universtaria: red de colaboración para el impulso de contenidos web y servicios accesibles e incluyentes”. [4][19]

Las prácticas que reciben reconocimiento de la ANUIES se integran al repositorio para su difusión y consulta, con la intención de constituir una base de conocimiento de prácticas replicables con posibilidades de acceder a la asesoría por parte de las IES que lo requieran.

Reducción de la brecha digital y suma de esfuerzos

La empresa consultora Hearcolors publicó en su portal web el Ranking de Accesibilidad Web Universidades de 2016 donde identifica el liderazgo de la Universidad de Guadalajara entre las universidades de México [18].

Este ranking refiere que fueron utilizados los lineamientos WCAG 2.0 para evaluar el portal web oficial de cada una de las 18 Instituciones de Educación Superior de México. Entre los resultados destaca que “el promedio de accesibilidad al contenido de los portales de algunas Universidades en México es de 45%” [18].

Con una brecha importante entre los dos primeros lugares de la lista, la institución identifica la necesidad de acercar el tema a foros y mesas de trabajo para impulsar un trabajo de sensibilización acerca de las dificultades y barreras digitales que día a día viven los estudiantes y profesores con alguna discapacidad, en el ánimo de contribuir a mejorar la accesibilidad de los portales web en beneficio de la comunidad universitaria

Afortunadamente en los últimos tres años cada vez más universidades se han sumado al esfuerzo por atender la problemática en beneficio de esta importante comunidad, por lo que la brecha se va cerrando, a la par que refleja el trabajo de las IES en el tema.

Esto se aprecia en el ranking 2019 publicado por la empresa Accessibility Lab, donde evalúa los portales web de 12 universidades de México.

Tabla 3. Ranking de Universidades en México (2019).
Fuente: Fragmento del listado publicado por Accessibility Lab [15].

Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Universidad de Guadalajara	94.00
2	Universidad Nacional Autónoma de México	79.81
2	Universidad Autónoma de Chiapas	79.81
3	Universidad Autónoma de Querétaro	76.92
4	Universidad Anáhuac	74.04
5	Instituto Politécnico Nacional	71.15
5	Universidad Autónoma de Nuevo León	71.15
6	Universidad del Valle de México	70.19
7	Universidad Tecnológica de México	67.71
8	Universidad Veracruzana	66.35
9	Universidad La Salle	66.00
10	Universidad Autónoma de Yucatán	65.38

Así, en la Tabla 1 se aprecia que la brecha entre las dos primeras posiciones se ha reducido en 60% respecto a la reportada en 2016 por Hearcolor. También destaca que cinco de ellas alcanzan niveles de accesibilidad mayores al 74%. Esto es una buena noticia en favor de la usabilidad de Internet que beneficia a todos.

3. Elementos para una agenda de inclusión digital

De acuerdo a lo expuesto, la Universidad de Guadalajara es una institución con multicampus y sistemas de educación con autonomía relativa, por lo que es importante identificar las particularidades y potencialidades para emprender una iniciativa de largo aliento que brinde a la institución elementos de responsabilidad social, con la finalidad de abonar de manera importante a la inclusión digital de los estudiantes y profesores.

Con base en los esfuerzos ya referidos, se han logrado aprendizajes y prácticas que podrían ser replicadas en otras instituciones, mismas que se buscan delinear en esta sección.

Consolidar un modelo web accesible y un medio para motivar su adopción

Una presencia web de la institución en Internet, estandarizada y con un diseño visual alineado en todos sus portales, contribuye a brindar confianza y una experiencia consistente al navegar entre los portales web de las distintas dependencias y campus. De aquí que un modelo web sea estratégico para la institución donde conviene sea impulsado desde las altas autoridades.

Así, el modelo web estandariza la imagen visual institucional en todos los portales, así como las consideraciones de organización de información y contenidos mínimos. Su adopción por parte de las dependencias, cabe mencionar, puede ser facilitada a través de un CMS que concrete estos lineamientos a través de plantillas web institucionales, donde los contenidos se ajusten a cualquier tamaño de pantalla (adaptativo). De esta manera, una instancia universitaria podría disponer de un portal web básico, accesible e incluyente, en el término de una semana.

Habilitar la construcción de capacidades y redes de colaboración interna

Contar con un medio dinámico para la interacción con el equipo que coordina los trabajos en cada campus permite una atención fluida y colaboraciones para generar estrategias conjuntas para la resolución de dudas, estandarizar criterios de ajustes razonables, entre otros.

De aquí pueden derivarse colaboraciones entre los participantes de distintos campus, al generar trabajos provechosos alrededor de los servicios que brindan.

Adopción del tema por los directivos y sus equipos de trabajo

La accesibilidad e inclusión digital es un tema que abona a los indicadores cualitativos de las instituciones de educación superior. Por lo cual, emprender iniciativas de este tipo requiere acercar elementos de sensibilización a los directivos, de manera que identifiquen los impactos y la transformación de la experiencia de los estudiantes y profesores con limitaciones físicas o alguna otra discapacidad.

De aquí que los directivos de tecnologías y comunicación deben identificar el tema y cómo contribuyen sus equipos para lograr avances en el mismo.

Con este compromiso inicial, es importante sensibilizar a quienes integran los equipos multidisciplinarios para lograr un compromiso con el proyecto, e impulsar la accesibilidad para alcanzar el nivel buscado en un primer momento, y posteriormente mantener y mejorar el nivel.

Evaluación continua y difusión de los beneficios a las autoridades y la comunidad universitaria

El portal web accesible debe ser evaluado periódicamente y ser informados de los resultados. Es importante mantener informada a la alta dirección acerca de los impactos y esfuerzos para la reparación de la accesibilidad, de manera que sean considerados en los informes periódicos que se emiten por parte de las autoridades de la institución.

Este ejercicio institucional permite dar seguimiento periódico al nivel de accesibilidad interna de los principales portales web de la institución e impulsar sus avances.

Los rankings publicados por terceros acerca de los niveles de accesibilidad de los portales web universitarios son un vehículo para posicionar el tema en la comunidad universitaria y reconocer los avances en la materia.

Difusión del compromiso y responsabilidad social por la inclusión digital

Actualmente las universidades e instituciones de educación superior de México no están obligadas a la observancia de los lineamientos de accesibilidad web e inclusión digital vigentes.

De esta manera, el cumplimiento de la normativa WCAG, en un esfuerzo de responsabilidad social y su difusión en los diversos ámbitos, puede impulsar la sensibilización acerca del tema en los ámbitos públicos y privados.

En el caso de México, una serie de normativas en el ámbito federal y en algunos gobiernos estatales obligan a que los portales web en sus respectivos ámbitos sean accesibles. Así, el Portal Único del Gobierno (www.gob.mx) refiere cumplir recomendaciones de accesibilidad [13].

Actualmente, los operadores y concesionarios de servicios de telecomunicaciones están obligados a publicar su contrato de adhesión en formato accesible, y algunos elaboraron audios y videos con lengua de señas mexicana [12]. Asimismo, el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), organismo regulador del tema en México, dispone de una herramienta de acceso público que brinda un catálogo de dispositivos móviles que brinda las características de accesibilidad partiendo del tipo de limitación o discapacidad [14].

Sin embargo, no se identifican esfuerzos hacia la inclusión digital que motive la participación de los adultos mayores y las personas con alguna discapacidad para su integración a través de los servicios digitales.

Conclusiones

Los esfuerzos para fortalecer la inclusión digital dentro de las comunidades universitarias traen grandes beneficios para los estudiantes y profesores que se enfrentan a un mundo que inadvertidamente coloca barreras digitales, dificultando el acceso a los servicios y a la información. La accesibilidad de los portales web es un mecanismo para reducir e incluso remover esas barreras.

Sin embargo, estas barreras parten de un diseño incompleto de los sistemas y los portales web, ya que no contempla su usabilidad por todas las personas. Sin embargo, nuestros propios estudiantes que diseñarán los sistemas y los servicios no han sido sensibilizados al respecto, con lo que se tiene una gran oportunidad para construir bases sólidas en el tema con los futuros profesionales.

Finalmente, ahora más que nunca debemos estar más atentos, más conscientes de nuestros alcances porque el regreso post-Covid significará una transformación importante, sí, en los procesos de enseñanza aprendizaje convencionales y no, pero aún más en los estudiantes y docentes como individuos.

Agradecimientos y comentarios finales

Las iniciativas y experiencias contenidas en este trabajo fueron impulsados por la visión del Rector General y del Consejo de Rectores de la Universidad de Guadalajara, abonando a la inclusión digital de los estudiantes y profesores con discapacidad. Estos fueron implementados través de la Coordinación General de Tecnologías de Información, cuyos servicios recientemente se integraron en la Coordinación General de Servicios Administrativos e Infraestructura Tecnológica de la Universidad de Guadalajara.

Importante reconocer y agradecer la participación de todos los universitarios que contribuyeron en la consecución de estos resultados, así como los responsables de TIC de la Red Universitaria.

Referencias

- 1** 58 estudiantes con discapacidad son beneficiados con recursos de la Carrera Leones Negros 2018. Universidad de Guadalajara. 20 de febrero de 2019. <http://udg.mx/es/noticia/58-estudiantes-discapacidad-son-beneficiados-recursos-carrera-leones-negros-2018>
- 2** La tecnología, un medio para superar la discapacidad. La Gaceta de la Universidad de Guadalajara. José Guadalupe Morales Montelongo. 6 de mayo de 2019. http://www.gaceta.udg.mx/G_notal.php?id=24538
- 3** La estrategia de la Universidad de Guadalajara en la implementación de accesibilidad web en los portales universitarios. J.G. Morales Montelongo, F. Neville Calixto, L.A. Gutiérrez Díaz de León. Actas TICAL 2015.
- 4** Premio ANUIES a UdeG por buenas prácticas. La Gaceta de la Universidad de Guadalajara. 15 de octubre de 2018. http://www.gaceta.udg.mx/G_notal.php?id=23865
- 5** Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2014-2030. Universidad de Guadalajara. <http://www.copladi.udg.mx/content/pdi-2014-2030>
- 6** Accesibilidad en Android: 21 aplicaciones para personas ciegas o con problemas de visión. <https://www.xatakandroid.com/aplicaciones-android/accesibilidad-en-android-21-aplicaciones-para-personas-invidentes>
- 7** Google Accesibilidad. <https://www.google.com/intl/es-419/accessibility/products-features/>
- 8** Apple Accesibilidad. <https://www.apple.com/mx/accessibility/>
- 9** IBM Accesibilidad. <https://www.ibm.com/accessibility/es/es/>
- 10** Accesibilidad web. Universidad de Alicante. <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=discapacidad>
- 11** Diario Oficial de la Federación. 23 de diciembre de 2016. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5466859&fecha=23/12/2016
- 12** 66% de operadores telecom, con formatos para personas con discapacidad. El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/66-de-operadores-telecom-con-formatos-para-personas-con-discapacidad>
- 13** Declaración de Accesibilidad gob.mx. <https://www.gob.mx/accesibilidad>
- 14** Catálogo de dispositivos móviles accesibles. Instituto Federal de Telecomunicaciones. http://movilesaccesibles.ift.org.mx/catalogo_desktop/app/web/busqueda.php
- 15** Ranking de Universidades en México. Accessibility Lab. Disponible en <http://www.a11y1ab.com/rankings>
- 16** Contenidos accesibles para todos. Portal CIO México. Disponible en: <http://cio.com.mx/contenidos-accesibles-todos-luis-alberto-gutierrez-diaz-coordinador-general-ti-universidad-guadalajara/>
- 17** América Accesible IV: TIC para Todos. Sesión 5: Universidad de Guadalajara: Avances en accesibilidad web e inclusión digital (2017). Disponible en: https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/Americas/Documents/EVENTS/2017/16948-CR/AA_IV-UdeG-es.pdf
- 18** Ranking de Accesibilidad Web Universidades Febrero 2016. Hearcolors. Disponible en: <https://www.hearcolors.com.mx/?p=articulo&id=501>
- 19** ANUIES TIC. Inclusión digital universitaria: red de colaboración para el impulso de contenidos web y servicios accesibles e incluyentes. Disponible en: <https://anuiest-tic.anuiest.mx/web/blog/inclusion-digital-2/>
- 20** Portal u-Gob. Categoría Gobierno Digital: Proyectos ganadores de los Premios u-GOB 2017. Disponible en <https://u-gob.com/categoria-gobierno-digital-proyectos-ganadores-de-los-premios-u-gob-2017/>

Diseño de recursos para Aula Invertida en Programación I

Inés Friss de Kereki,

Facultad de Ingeniería, Universidad ORT Uruguay, Cuareim 1451,
11100 Montevideo, Uruguay
kereki_i@ort.edu.uy

Resumen. La modalidad de aula invertida, en vez de clases magistrales, fue la opción pedagógica elegida para la materia de primer semestre Programación I en el nuevo plan de estudios de 2019 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad ORT Uruguay. En este formato, los estudiantes se preparan antes de la clase realizando ciertas actividades y en la propia clase se aplica y discute lo aprendido. Entre otros, los materiales a utilizar en el curso consisten de videos, cuestionarios y libros digitales. En este trabajo se describe el proceso de diseño y elaboración de dichos materiales para los nuevos contenidos y metodología, se describen buenas prácticas y lecciones aprendidas y se presentan resultados a través de dos cohortes en un año.

Palabras Clave: Aula invertida, Programación

Eje temático: Transformando la experiencia de aprendizaje del estudiante

1. Introducción

En 2019, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad ORT Uruguay se comenzó a utilizar un nuevo plan de estudios. En particular, la asignatura Programación I, correspondiente al primer semestre de las carreras de Ingeniería en Sistemas, Eléctrica, Electrónica, Telecomunicaciones y Licenciatura en Sistemas, pasó a centrarse en a) promover el pensamiento computacional y b) desarrollar las habilidades básicas de programación utilizando un lenguaje de amplio uso (JavaScript). El plan anterior focalizaba en la programación orientada a objetos y el uso de Java.

Conjuntamente, se implementó un cambio de modalidad. En vez de dictar clases magistrales, donde en clase el docente presenta un tema y los estudiantes realizan aplicaciones como tarea domiciliaria, se pasó a utilizar el formato de aula invertida. En dicho formato, los estudiantes previamente a cada clase realizan ciertas actividades y en clase se discute, aplica y profundiza sobre esos conceptos e ideas, modificándose también el rol docente, para pasar de ser el centro a guiar el aprendizaje.

Ello implicó el rediseño del curso, no sólo en función de los nuevos contenidos, sino fundamentalmente en la forma de entrega. En este marco, en este trabajo se presenta detalladamente el proceso realizado para el diseño de los materiales del curso y su uso en dos cohortes de Programación I (marzo-julio 2019 y agosto-diciembre 2019), así como las buenas prácticas y lecciones aprendidas que podrían ser de utilidad para futuros cursos que se orienten a la modalidad invertida.

El trabajo está organizado de la siguiente forma. En la próxima sección se profundiza sobre el aula invertida y la enseñanza de la programación. Luego, se describen el proceso realizado y los materiales desarrollados, con énfasis en recomendaciones que entendemos útiles y aplicables a variados cursos. Posteriormente se presentan los resultados del uso de dichos recursos y finalmente, se ofrecen conclusiones y líneas de trabajo futuro.

2. Aula invertida y Enseñanza de Programación

El aula invertida ("flipped class" en inglés) es un modelo instruccional donde los estudiantes se familiarizan con ciertos contenidos antes de la clase y en la clase se hacen actividades centradas en los estudiantes, fomentando el aprendizaje activo [1]. Reduce las clases magistrales y requiere que los estudiantes revisen materiales previamente [2]. En forma simplificada, se puede describir como "lo que se hacía tradicionalmente en clase ahora se hace como tarea domiciliaria y aquello que se hacía como tarea domiciliaria se completa en clase" [3]. Para Bishop y Verleger [4] es una expansión del currículo, más que una reorganización de las actividades.

Para invertir una clase, se deben manejar dos aspectos: cómo ubicar o crear contenido para usar fuera de clase y cómo usar el tiempo de clase, refiere Gehringer [5]. Se emplean actividades grupales de aprendizaje dentro del aula y actividades realizadas en forma asincrónica como videos, cuestionarios y, o, problemas [4]. Lim y colegas [6] detallan los componentes de las clases para aula invertida: antes de clase señalan el uso de videos y cuestionarios, durante la clase: resolución de problemas, presentaciones y cuestionarios, y después de clase: cuestionarios y tareas. El uso de videos cortos en el aula invertida es frecuente [7]. Van Alten y colegas en su trabajo refieren que, de 114 estudios relativos a clases invertidas, 95% de ellos incluyen actividades basadas en video [8]. Como señalan Long y colegas [1], si se utilizan videos, el modelo de aula invertida requiere otras actividades para asegurarse que sean vistos esos videos y que los estudiantes estén preparados para las actividades en clase.

El aprendizaje inicial de la programación no es sencillo [9]. Dentro de las dificultades citadas por los estudiantes en cursos introductorios de programación están las relacionadas a motivación, involucramiento, resolución de problemas y sintaxis del lenguaje de programación [10]. A su vez, los docentes se enfrentan a muchos desafíos, como la necesidad de métodos y herramientas apropiadas para enseñar programación inicial [9, 10], la naturaleza de la programación y las características de los estudiantes [9]. Combinar actividades en línea con actividades presenciales parece ser un enfoque apropiado para manejar esos desafíos [9]. Este punto es compartido por Kung y Kung [11]: las clases de Programación son candidatas perfectas para el formato invertido porque las clases involucran gran cantidad de actividades para practicar los principios de la programación y dominar un lenguaje específico.

En resumen, el aula invertida así como la enseñanza de la programación presentan varios desafíos. Como señalan Guerrero y Sánchez [12], si bien el tiempo y trabajo que implican el aula invertida son arduos, luego que estén generados los materiales servirán para siguientes semestres. Es en ese contexto que se presenta este trabajo con la finalidad de colaborar y apoyar la tarea docente de preparación de aula invertida para cursos de Programación y similares.

3. Proceso de diseño y elaboración de recursos

El temario del nuevo curso de Programación 1 en el plan de estudios es: a) Nociones de Pensamiento Computacional: abstracción, descomposición de problemas, generalización, reconocimiento de patrones, algoritmos; b) Elementos básicos de lenguajes de programación: variables, asignación, expresiones aritméticas y lógicas. Estructuras de control. Funciones y procedimientos. Strings. Arrays y manejo de colecciones simples. Recorridas, búsqueda y ordenación; c) Nociones de prueba de programas; d) Manejo de entrada y salida, estructuras básicas de almacenamiento de datos. Objetos y clases; y e) Introducción a Web, nociones HTML ("Hyper Text Markup Language") y CSS ("Cascading Style Sheets": hojas de estilo en cascada). El lenguaje de programación es JavaScript. El curso dura 15 semanas, con 4 horas en salón de clase y 2 horas en laboratorio por semana. Para aprobar el curso se deben obtener 70% de los puntos disponibles. La evaluación consiste en 2 parciales individuales (15 y 35 puntos), actividades (15 puntos) y un trabajo de programación de mayor alcance, en equipos de dos estudiantes, de duración un mes y medio, con dos entregas (5 y 30 puntos).

Como se detalló, el plan de estudios contiene los tópicos curriculares a nivel de títulos. A partir de esa especificación, se definieron con detalle los temas que se abordarían y se escribió un libro orientado a la parte teórica (dirigido a los docentes) con la perspectiva deseada, incluyendo ejemplos, para determinar el alcance y profundidad de cada uno de esos temas. Con ese material, fue posible establecer para cada semana, cómo se organizarían los temas y los recursos para el aula invertida, esto incluye, por ejemplo, qué temas se presentarían en video como parte de los elementos a usar antes de las clases y qué actividades se realizarían durante y después de las clases.

El proceso de diseño y elaboración de recursos se presenta en forma esquemática en la Fig. 1. Se describirá lo relativo a: a) videos y b) cuestionarios (recursos para antes de clase), c) actividades (para la propia clase) y d) libros (para clase y después de clase).

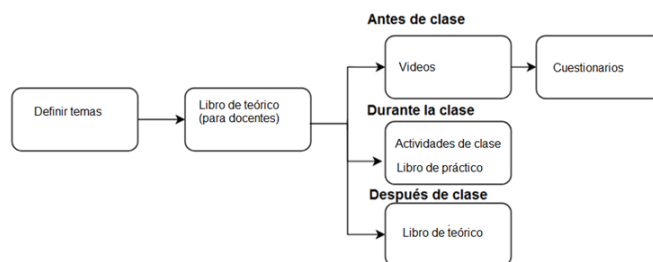


Fig. 1. Proceso de diseño de recursos para un curso con Aula Invertida

a) Videos

La lista de temas que se estableció para realizar videos se presenta en la Tabla 1. Varios autores [1, 13, 14, 15] indican que los estudiantes prefieren videos cortos y atrapantes y deben presentar los contenidos en forma clara y concisa. Si bien como señala Gehringer [5]: "muchos profesores graban sus propios videos" con el objetivo de proveer continuidad y que ciertos tópicos serán cubiertos, en nuestro caso, se tienen esos mismos objetivos de continuidad y temáticas pero se decidió que los videos sean producidos por el equipo de Tecnología Educativa de la Universidad, con la finalidad de que sean de alta calidad de imagen y sonido, aspectos relevantes citados por Hibbert [16]. Alario y colegas [17] también recomiendan incluir videos de distintos tipos (que combinen animaciones, presentaciones, etc.).

Tabla 1. Videos

Video	Tema	Detalle
1	Introducción	Introducción al curso y objetivos
2	Pensamiento Computacional	Definición, Descomposición, Reconocimiento Patrones, Abstracción, Algoritmo
3	Algoritmo y estructuras de control	Definición, estructuras "while", "if"
4	Variables	Definición, asignación, estructura "for"
5	Corrida a mano	Noción de “loop”
6	Expresiones aritméticas y lógicas	Variables booleanas, operadores, expresiones
7	Codificación básica en JavaScript	Uso de consola, “snippets” de código
8	Strings	Operaciones
9	Funciones	Definición, parámetros
10	Arrays	Definición, recorrida
11	Búsqueda	Búsqueda en Arrays
12	Ordenación	Distintos algoritmos de ordenación
13	Introducción Web	Conceptos
14	Introducción HTML	Principales tags
15	DOM (DOM: modelo de objetos del documento)	Árbol de nodos del documento
16	Vinculación HTML-JavaScript	Uso de scripts, eventos
17	Vinculación HTML-JavaScript	Uso de tablas y listas dinámicas
18	Depuración	Caja negra, caja blanca, datos de prueba
19	Introducción a CSS	Principales elementos
20	Tags semánticos	Nuevos tags de HTML5, diseño responsivo
21	Objetos y clases	Array asociativo, objetos, clases
22	Ejemplo: Agenda	Ejemplo completo
23	Referencias y comparación	Profundización en manejo de referencias y comparación de elementos

El "storyboard" o guion es una herramienta esencial en el diseño de videos, contiene qué se va a decir, describe los elementos visuales y la secuencia del material, entre otros aspectos [18]. Para cada video, se escribió el texto completo a filmar con el contenido teórico y de ejemplos correspondientes, incluyendo además el detalle de los efectos, animaciones, textos en pantalla y código a mostrar. Este proceso fue realizado por dos docentes. Durante las filmaciones, participaron en total 5 docentes, para lograr mayor compromiso con el nuevo enfoque y favorecer su colaboración en la producción. Esta variedad de docentes no afectaría el curso: Jensen y colegas [7] indican que no encontraron diferencias en rendimiento académico entre estudiantes que vieron videos de su propio docente o de otros docentes.

Cada video fue filmado utilizando "prompter", donde se visualiza el texto a presentar y con fondo de telón verde para poder incluir efectos y fondos durante la

edición posterior. En este caso particular de videos orientados a la enseñanza de la programación, donde es de interés mostrar efectivamente el desarrollo de código y su prueba, hemos detectado varias buenas prácticas y lecciones aprendidas.

En detalle, estas recomendaciones relativas a la filmación de videos refieren a:

a1) Organización del espacio. Durante la filmación de cada video, en vez de estar un único docente frente a la cámara y ser completamente responsable de presentar el contenido así como realizar la codificación y ejemplos necesarios, conviene que estén presentes dos docentes: uno frente a cámara (“presentador”) y otro de apoyo. En la Fig. 2 se observa esta organización desde el punto de vista del docente presentador, que está frente a la cámara y en la Fig. 3 desde la ubicación del docente de apoyo. El docente presentador visualiza el “prompter” (el cual es gestionado por otra persona del equipo de producción) y también observa un monitor grande, fuera de cámara, donde se proyecta el código que está describiendo. El teclado y monitor sobre su mesa solamente están a efectos de la puesta en escena. El docente de apoyo se ubica fuera de cámara, controla el guion y la presentación en sí y también realiza la codificación en el momento necesario. De esta forma, se agiliza la filmación y contribuye a detectar en forma temprana errores posibles que hayan quedado en el texto a filmarse o en la propia filmación, para hacer las correcciones necesarias. En la edición se compaginan la parte del docente con el código y pruebas realizadas.

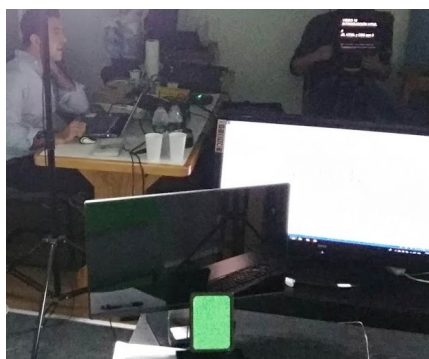


Fig. 2. Organización del espacio para la filmación: perspectiva desde el docente “presentador”. Se ve a la izquierda al docente de apoyo y a la derecha el prompter.



Fig. 3. Organización del espacio: perspectiva del docente de apoyo, se visualiza el docente que presenta los temas y, a la izquierda de la imagen, el asistente del prompter.

a2) Acerca de los archivos y carpetas de trabajo. Durante el proceso, los archivos con los ejemplos de código que se generan deben ser nombrados y ubicados en ciertas carpetas. Es de gran importancia asegurarse que el nombre tanto de los archivos como de las carpetas sean apropiados y que no incluyan referencias temporales ni personales, para lograr mayor generalidad y de esta forma acortar los tiempos de edición, ya que de haber datos no necesarios, deben ser "blureados" (ver Fig. 4). En nuestro caso concreto, como lección aprendida, hubiera resultado de utilidad tener este aspecto en cuenta durante las propias filmaciones ya que fue necesario en edición hacer las correcciones necesarias.

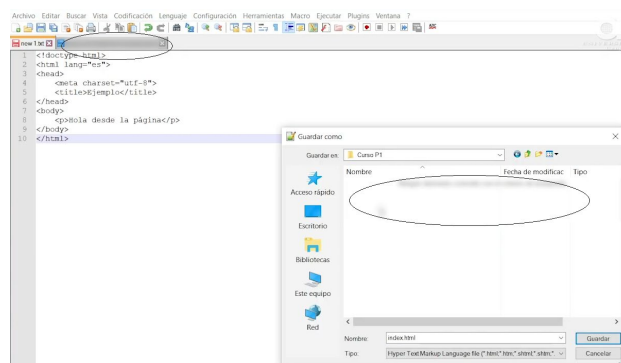


Fig. 4. "Blureado" de datos personales y, o, temporales.

a3) Orden de los temas a filmar. Nos resultó conveniente grabar los videos en el mismo orden en el cual se presentan el curso, ya que varios ejemplos hacen referencia a código presentado antes.

a4) Pretesteo de los ejemplos. Para evitar pérdidas de tiempo en las filmaciones, todos los ejemplos de código deben ser probados previamente en su totalidad en el mismo equipo en el cual se filmará después, para prever eventuales configuraciones o versiones diferentes del software.

En la Tabla 2 se resumen estas buenas prácticas y lecciones aprendidas en relación a los videos. Luego de editados y revisados por dos docentes, los videos fueron subidos al canal de la Facultad y enlazados desde la plataforma Moodle [19]. Los videos estuvieron todos disponibles al comienzo del curso. Se pueden observar ejemplos de los videos producidos en [20] y [21].

Tabla 2. Resumen de buenas prácticas y lecciones aprendidas relativas a videos de programación

Aspectos relativos a Videos	Detalle
a1) Organización del espacio	Dos docentes: uno presenta, otro codifica y controla. Uso de "prompter" y pantalla adicional con el código.
a2) Archivos y carpetas	Utilizar nombres apropiados, "blurear" fechas y datos innecesarios.
a3) Orden de los temas	Seguir el orden del guion para tener todos los ejemplos previos disponibles.
a4) Pretesteo de ejemplos	Probar en la propia computadora de la filmación todos los ejemplos.

b) Cuestionarios

Siguiendo las recomendaciones de Long [1], como parte de las actividades a realizar por los estudiantes previamente a las clases, varios videos tienen un cuestionario online asociado para responder. Estos cuestionarios se ubicaron en la plataforma Moodle [19] y se corrigen automáticamente. Están disponibles durante dos semanas. Alhazbi [22] sugiere que las actividades previas sean puntuadas, por esta razón, cada cuestionario representa 0.5 puntos de los 100 disponibles del curso.

Las buenas prácticas y lecciones aprendidas del proceso de definición y creación de los cuestionarios son:

b1) Utilizar una categoría por video. A los efectos de organizar dichos cuestionarios, nos resultó una buena práctica definir en Moodle [19] una categoría por cada video y crear de 7 a 10 preguntas por cada categoría. Cada cuestionario presenta 5 preguntas elegidas al azar de la categoría. En el diseño de las preguntas se tuvo en cuenta las recomendaciones de Walker [23], en cuanto a que se alinean con los objetivos del tema, ser conciso y focalizarse en lo general en vez de detalles muy específicos.

b2) Elegir el formato adecuado para las respuestas. La temática del curso incluye HTML y CSS, por lo cual algunas respuestas tiene código HTML, con errores a propósito. Si se indica en Moodle [19] que el formato de la respuesta es “HTML”, cuando se visualice en un navegador podría verse incorrectamente, dependiendo cómo interprete cada uno de ellos ese código erróneo. Hay que elegir el tipo de respuesta de “formato de texto plano”.

b3) Armado del cuestionario. Conviene indicar que la selección de preguntas para cada cuestionario sea al azar, para lograr mayor variedad.

En la Tabla 3 se presentan estas buenas prácticas y lecciones aprendidas en forma resumida.

Tabla 3. Resumen de buenas prácticas y lecciones aprendidas relativas a cuestionarios

Aspectos relativos a Cuestionarios	Detalle
b1) Categoría por video	Definir una categoría de preguntas por cada video.
b2) Formato de respuestas	Elegir formato de texto plano para caso de respuestas que incluyan HTML y, o, CSS.
b3) Armado del cuestionario	Selección al azar de preguntas para cada cuestionario.

c) Actividades de clase

En el formato invertido, en cada clase se repasa lo visto en los videos y cuestionarios previos. Luego se realizan múltiples actividades. Al final de cada clase se hace un cierre del tema y se indican las actividades (incluyendo videos y cuestionarios) para preparar la próxima clase.

En particular, en la clase, se realizan variados ejercicios de aplicación práctica, muchos de ellos basados en ejercicios tomados del ICPC [24] en forma similar a las recomendaciones de García y colegas [25] con algoritmia específica asociada a los temas teóricos, actividades online con Kahoot [26], con Quizizz [27], Educaplay [28] y Jeopardy [29]. Se incluyen además cuestionarios en clase con puntaje para el curso.

Como buenas prácticas y lecciones aprendidas en cuanto a los materiales de clase destacamos:

c1) Único usuario. Nos resultó útil generar un único usuario "docenteProgramación" en todas esas herramientas, disponible para todos los docentes. De esta forma, todos acceden a exactamente los mismos recursos y pueden además colaborar en su ampliación y ajustes.

c2) Guías didácticas. Se desarrollaron guías para uso de otros materiales, tales como ejemplos detallados para codificación en la consola para JavaScript, mostrando cada ejemplo y qué puntos eran relevantes tener en cuenta, para no omitir casos importantes. Las guías, así como todos los materiales para los docentes están disponibles en el sitio de la materia, en un área privada para docentes.

c3) Variedad de herramientas. En el curso se trató de incluir variedad de herramientas, con el objetivo de motivar e involucrar a los estudiantes.

El resumen de estas prácticas relativas a actividades para la clase se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Resumen de buenas prácticas y lecciones aprendidas relativas a actividades en clase

Aspectos relativos a actividades de clase	Detalle
c1) Único usuario	Utilizar un usuario compartido entre todos los docentes para acceso a los recursos (Kahoot, Quizizz, etc.).
c2) Guías didácticas	Disponer guías compartidas con ejemplos detallados para uso en clase.
c3) Variedad	Incluir variedad de herramientas.

d) Libros

A partir del libro teórico orientado a docentes, se diseñaron dos libros para los estudiantes: uno con la parte teórica y otra con los prácticos. El libro de práctico se utiliza principalmente durante la clase práctica. También tiene ejercicios adicionales para después de clase. Igualmente, tanto el libro teórico como el de práctico pueden ser utilizados como apoyo a la preparación previa del estudiante para la siguiente clase, así como para profundizar luego de trabajarse un tema. Los contenidos de ambos libros fueron preparados por dos docentes con alta experiencia y estuvieron disponibles para los estudiantes al comienzo del curso.

Las buenas prácticas y lecciones aprendidas en relación al proceso de creación de ambos libros, que presentan similares características son:

d1) Organización del proceso. Se organizó el proceso de la siguiente forma: un docente escribía en un documento compartido los temas a tratar en la parte teórica y otro los revisaba. En el caso de la parte práctica se realizó el mismo esquema de trabajo. El libro de práctico contiene ejercicios, algunos de los cuales se realizan en clase y los demás quedan de tarea domiciliaria. Ambos libros están en formato pdf en el sitio de la materia en el Web institucional.

d2) Formato Multimedia. Además de ponerlos disponibles en pdf, se decidió utilizar la herramienta ExeLearning para presentarlos en formato multimedia [30].

Esta herramienta gratuita de uso intuitivo permite incluir árbol de navegación, textos, imágenes, sonidos, videos, cuestionarios de múltiples formatos, ejecutar código e incluir código descargable. Todos estos elementos fueron utilizados. Es de destacar la sencillez para incorporar, por ejemplo, textos desde otros documentos. Además, dispone de una amplia comunidad de usuarios donde resolver dudas.

d3) Estética. Nos resultó una buena práctica definir desde el comienzo la estética a utilizar para cada uno de los elementos a incluir con la meta de contribuir a apoyar el aprendizaje también desde el punto de vista visual (igualmente aplicable al formato pdf). Por ejemplo, para el seudocódigo se eligió fondo en color gris, para el código en JavaScript, azul, para HTML el color de fondo naranja y para CSS, verde. (Ver Fig. 5 y Fig. 6).

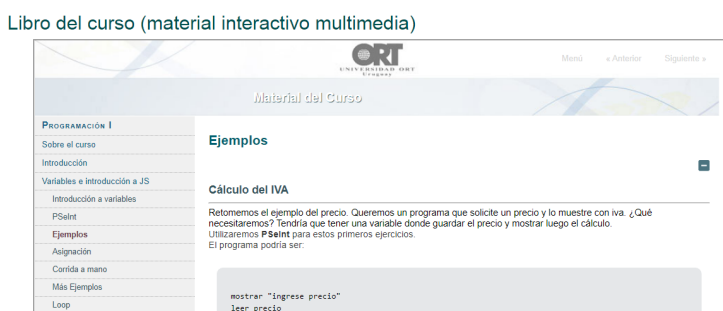


Fig. 5. Libro multimedia de teórico, con ejemplo de seudocódigo



Fig. 6. Libro multimedia teórico, con ejemplos de HTML y CSS

d4) Manejo de links. Cuando se actualiza un archivo en la plataforma Moodle [19], no se mantiene el mismo link original. Esta característica hace que si, por ejemplo, se subió a la plataforma un archivo con solución de ciertos ejercicios y se lo vinculó desde el documento de ExeLearning [30], en caso de tener que actualizar el archivo hay que actualizar también ese link en el documento ExeLearning, lo que genera un re trabajo.

d5) Manejo de imágenes. La herramienta ExeLearning [30] no dispone de gran flexibilidad para la ubicación de imágenes en una página, esto hace que limite el diseño de las páginas. Conviene simplificar el diseño.

d6) Ajustes finos. En el caso que se deseen lograr ciertas características en el documento ExeLearning [30], por ejemplo, alineaciones diferentes, se requiere conocimientos de HTML y CSS para lograr esos ajustes “finos” o específicos. El docente que prepara el libro, no solamente debe conocer de la temática del curso en sí, sino además debe conocer esas otras herramientas. En nuestro caso no fue

problema, pues justamente el curso a dictar incluye esos temas, pero es un punto a tener en cuenta para cursos de otras temáticas.

d7) Impresión. Según nuestros conocimientos, al momento no hay opción para imprimir todo el contenido directamente desde ExeLearning [30]. Disponen la opción de imprimir el pdf.

En forma resumida, estas recomendaciones se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen de buenas prácticas y lecciones aprendidas relativas a libros

Aspectos sobre Libros	Detalle
d1) Organización del proceso	Documento compartido, con dos docentes, para escribir y revisar.
d2) Formato multimedia	Además del pdf, disponer formato multimedia.
d3) Estética	Definir la estética de los contenidos
d4) Manejo de links	Tener en cuenta la actualización de recursos que cambian links en Moodle.
d5) Manejo de imágenes	Simplificar el diseño de las páginas.
d6) Ajustes finos	La herramienta ExeLearning [30] requiere conocimientos de HTML y CSS para ajustes especiales.
d7) Impresión	La herramienta ExeLearning no ofrece la posibilidad de impresión total del documento, disponer pdf.

4. Utilización de los recursos y resultados

Todos los materiales fueron testeados y validados en dos talleres previos al primer dictado dirigidos a docentes y asistentes docentes. A partir de dichos talleres, se hicieron los ajustes necesarios. El formato de aula invertida se utilizó durante todo el curso en dos cohortes: en la primera correspondiente al período de marzo-julio 2019, donde hubo 299 estudiantes distribuidos en 12 grupos [31] y en la segunda cohorte del curso de agosto-diciembre 2019, que contó con 120 estudiantes en 4 grupos.

Ambas cohortes tuvieron resultados de aprobación similares a los cursos previos: alrededor de 67% para la cohorte que empezó en marzo 2019 y 55% para la que comenzó en agosto 2019 (ver Tabla 6), lo cual es un resultado que podemos considerar destacable debido a la magnitud del cambio del curso.

Tabla 6. Resultados generales del curso (1er y 2do semestre 2019)

Año	1er semestre 2019	2do semestre 2019
2016 (Plan anterior)	197 estudiantes, 70.6% aprobaron	83 estudiantes, 56,6% aprobaron
2017 (Plan anterior)	200 estudiantes, 68% aprobaron	86 estudiantes, 57% aprobaron
2018 (Plan anterior)	262 estudiantes, 72.1% aprobaron	98 estudiantes, 49% aprobaron
2019 (Plan nuevo)	299 estudiantes, 67% aprobaron	120 estudiantes, 55% aprobaron

Los estudiantes manifestaron conformidad con la propuesta metodológica: en una encuesta anónima no obligatoria realizada al final del primer dictado del

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
"La ruta digital de una Universidad inteligente"
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

curso, de 116 respuestas obtenidas, 112 estudiantes (96%) indicaron conformidad "excelente", "muy buena" o "buena" [31]. En la segunda cohorte, de 23 respuestas, 19 fueron positivas (83%).

En relación a los recursos, se realizó una encuesta anónima no obligatoria en la semana 4-5 de cada curso a los estudiantes. Se les consultó su opinión sobre el material en general, videos y cuestionarios (ver Tabla 7). Las opiniones son favorables: en ambas cohortes y en los tres ítems se obtuvieron valores de "excelente", "muy bueno" o "bueno" en alto porcentaje: alrededor de 87% o más.

Tabla 7. Encuesta sobre uso de recursos: materiales en general, videos y cuestionarios (1er y 2do semestre 2019)

Elemento		1er semestre 2019	2do semestre 2019
Material en general	Total de respuestas	166	54
	Excelente, Muy Bueno, Bueno	163 respuestas, 98.1%	50 respuestas, 92.6%
	Regular, Pésimo, No opino	3 respuestas, 1.9%	4 respuestas, 7.4%
Videos	Total de respuestas	166	54
	Excelente, Muy Bueno, Bueno	154 respuestas, 92.8%	49 respuestas, 90.7%
	Regular, Pésimo, No opino	12 respuestas, 7.2%	5 respuestas, 9.3%
Cuestionarios	Total de respuestas	165	54
	Excelente, Muy Bueno, Bueno	144 respuestas, 87.3%	50 respuestas, 92.6%
	Regular, Pésimo, No opino	21 respuestas, 12.7%	4 respuestas, 7,4%

Con referencia a los libros, se detectó alta conformidad también, pero en la primera cohorte se constató que muchos estudiantes no utilizan específicamente el libro teórico (68 respuestas entre 166, 41% de quienes respondieron la encuesta), situación similar también para el libro de práctico (45 respuestas de 165, 27.3%) (ver Tabla 8). Para la segunda cohorte, se hizo especial énfasis en su uso, lográndose reducir el "no uso" a 9.3% y 13% respectivamente (teórico, práctico). Si bien ambos formatos (pdf y multimedia) fueron utilizados, no se detectó marcada preferencia por uno de ellos.

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
"La ruta digital de una Universidad inteligente"
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

Tabla 8. Encuesta sobre recursos: libros (1er y 2do semestre 2019)

Elemento		1er semestre 2019	2do semestre 2019
Libro teórico	Total de respuestas	166	54
	Excelente, Muy Bueno, Bueno	83 respuestas, 50%	45 respuestas, 83.3%
	Regular, Pésimo, No opino	15 respuestas, 9%	4 respuestas, 7.4%
	"No usé"	68 respuestas, 41%	5 respuestas, 9.3%
Libro práctico	Total de respuestas	165	54
	Excelente, Muy Bueno, Bueno	111 respuestas, 67.2%	41 respuestas, 75.9%
	Regular, Pésimo, No opino	9 respuestas, 5.5%	6 respuestas, 11.1%
	"No usé"	45 respuestas, 27.3%	7 respuestas, 13%
Formato de libros	Total de respuestas	165	54
	"Utilicé ambos (pdf, multimedia) y me resulta igual"	35 respuestas, 21.2%	12 respuestas, 22.2%
	"Utilicé ambos y prefiero pdf"	18 respuestas, 10.9%	12 respuestas, 22.2%
	"Utilicé ambos y prefiero multimedia"	26 respuestas, 15.8%	11 respuestas, 20.4%
	"Utilicé sólo pdf"	17 respuestas, 10.3%	10 respuestas, 18.5%
	"Utilicé sólo multimedia"	21 respuestas, 12.7%	2 respuestas, 3.7%
	"No utilicé libros"	40 respuestas, 24.2%	2 respuestas, 3.7%
	Prefiero no opinar	8 respuestas, 4.9%	5 respuestas, 9.3%

Además, se les consultó sobre su estrategia de uso de los videos, como pregunta de respuesta abierta. De acuerdo al énfasis principal en cada respuesta, se pueden agrupar en conceptos similares a: "Tomo notas mientras los miro" (sin indicar cantidad de veces de visualización ni si prueban el código), "A veces pruebo el código", "Mientras tomo notas, pruebo el código, en forma paralela", "Sólo miro el video una vez, sin tomar notas", "Miro el video muchas veces, sin anotar", "No miro los videos", "Escucho los videos" y otras respuestas no relacionadas directamente (ej. "Sí", "Hoy es mi primera clase", "Ya sabía programar", etc.). Las estrategias más referidas son tomar notas y probar el código. En la Tabla 9 se presenta el desglose de las respuestas.

Tabla 9. Estrategia de uso de los videos

Concepto fundamental	1er dictado (142 respuestas)	2do dictado (40 respuestas)
“Toma notas”	43	15
“A veces pruebo los ejemplos”	9	7
“Mientras tomo notas, voy probando el código”	41	7
“Veo una única vez cada video, sin tomar notas”	16	2
“Veo varias veces cada video, sin tomar notas”	19	8
“No miro los videos”	2	0
“Escucho los videos”	1	0
"Memorizo los videos"	0	1
Otras respuestas	11	0

En relación a los docentes, en las reuniones finales de evaluación de los dictados expresaron su conformidad con la propuesta y presentaron oportunidades de mejora de los materiales en cuanto a reorganización de dos prácticos específicos y a la incorporación de más ejercicios para las clases prácticas para los estudiantes que ya tienen conocimientos previos.

5. Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se presentó el proceso de diseño de materiales para utilizar en un curso de Programación 1 con el formato de aula invertida y sus resultados. En particular, se detalló desde el comienzo: escritura de un libro para docentes donde se definieron los temas detalladamente y su profundidad, selección de temas para videos, producción de videos y cuestionarios, escritura del libro de teórico y de práctico para los estudiantes así como la preparación de otros materiales de uso en clase. Se presentaron varias buenas prácticas y lecciones aprendidas en el proceso que pueden ser extrapolables a otros cursos en los que se desee aplicar el formato invertido.

Los resultados de los dos dictados del curso fueron similares a los de planes previos, lo cual es destacable frente al impacto del cambio en relación al contenido y modalidad. Las encuestas anónimas realizadas en dos cohortes presentan resultados que se asocian a alto grado de conformidad con la propuesta metodológica y los materiales. Se presentaron también las estrategias que utilizan los estudiantes en relación al uso del video para la preparación de cada clase.

Además de las oportunidades de mejora detectadas en los cursos (ejemplo: reordenación de temas de algunos prácticos), se planea como trabajo futuro implementar dichos cambios, poner a disposición de los estudiantes una versión resumida de los “scripts” elaborada a partir de los “scripts” originales y también, dado que se indicó frecuentemente que se van probando de manera simultánea los ejemplos, se planea incluir el código descargable de los ejemplos de los videos así como fomentar la discusión en clase sobre estrategias de uso de videos. Se continuará con el seguimiento.

Referencias

- 1** Long, T., Logan, J. y Waugh, M.: "Students' Perceptions of the Value of Using Videos as a Pre-class Learning Experience in the Flipped Classroom". En: TechTrends, Vol 60, 245-252 (2016)
- 2** Cupak, J. y Riabov, V.: "Applying "Flipped Classroom" methodology in Computer Science Courses", En: InSight: Rivier Academic Journal, Vol. 13, Num 2 (2017)
- 3** Bergmann, J. y Sams, A.: "Flip your classroom: reach every student in every class every day", ISTE ASCD, USA (2012)
- 4** Bishop, J. y Verleger, M.: "The Flipped Classroom: a survey of the Research". En: 120th ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, USA (2013)
- 5** Gehringer, E.: "Resources for "flipping" classes". En: 122nd ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle, USA (2015)
- 6** Lim, C., Kim, S., Lee, J., Kim, H. y Han, H.: "Comparative case study on designing and applying flipped classroom at universities". En: IADIS Proc. of 11 Int. Conf. Cognition and Exploratory Learning in digital Age, Portugal (2014)
- 7** Jensen, M., Howard, A., y Jensen, S.: "Flipped Classes: do instructors need to reinvent the wheel when it comes to course content?". En: 122nd ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle, USA (2015)
- 8** van Alten, D., Phielix, C., Janssen, J y Kester, L.: "Effects of flipping the classroom on learning outcomes and satisfaction: a meta-analysis". En: Educational Research Review 28 (2019)
- 9** Alammary, A.: "Blended learning models for introductory programming courses: A systematic review". En: Plos One, 14(9) (2019)
- 10** Pessoa, R., Lisboa, G. y Pontual, T.: "A Systematic Literature Review on Teaching and Learning Introductory Programming in Higher Education". En: IEEE Trans. on Education, vol. 62, No. 2 (Mayo 2019)
- 11** Kung, H. y Kung, L.: "Flipped learning activities for an introduction to Java course". En: Issues in Information Systems, Vol 18, Issue 3, 29-39 (2017)
- 12** Guerrero, W. y Sánchez, H.: "Aula invertida y el aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria". En: 2017 Int. Conf. on Information Systems and Computer Science, Ecuador (2017)
- 13** Fyfield, M., Henderson, M. y Phillips, M.: "25 principles for effective instructional video design". En: Ascilite 2019, Singapur (2019)
- 14** Brame, C.: "Effective educational videos", Vanderbilt University Center for Teaching, https://cft.vanderbilt.edu/wp-content/uploads/sites/59/Effective_Educational_Videos.pdf
- 15** Guo, P. J., Kim, J., y Rubin, R. : "How video production affects student engagement: an empirical study of MOOC videos". En: L@S '14 Proceedings of the first ACM conference on Learning @ scale conference, USA (2014)
- 16** Hibbert, M.: "What makes an online instructional video compelling?", Educause review online, <https://er.educause.edu/articles/2014/4/what-makes-an-online-instructional-video-compelling> (2014)
- 17** Alario Hoyos, C., Pérez-Sanagustín, M., Delgado, C. y Muñoz-Merino, P. J.: "Recommendations for the design and deployment of MOOCs: insights about the MOOC digital education of the future deployed in MiríadaX". En: TEEM '14 Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturalism, Pags 403-408, España (2014)
- 18** Columbia Center for Teaching and Learning: "Creating effective Educational Videos", <https://ctl.columbia.edu/resources-and-technology/teaching-with-technology/diy-video/effective-videos/>
- 19** Moodle, <http://moodle.org>
- 20** Universidad ORT Uruguay: Video sobre Algoritmos, <https://youtu.be/c00akbsLR0c>
- 21** Universidad ORT Uruguay: Video sobre Arrays, <https://youtu.be/rpOFvdmNR3Q>

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
"La ruta digital de una Universidad inteligente"
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

- 22** Alhazbi, S.: "Using Flipped Classroom approach to teach Computer Programming". En: 2016 IEEE Int. Conf. on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, Thailand (2016)
- 23** Walker, D: "Effective Online Quiz Design", University of Sussex, <https://blogs.sussex.ac.uk/tel/2015/08/04/effective-online-quiz-design/>
- 24** International Collegiate Programming Contest (ICPC), <https://icpc.baylor.edu>
- 25** Garcia de Oliveira, A., Martins, R., Goncalves, T., y Barbosa, E.: "Applying Flipped Classroom and Problem-Based Learning in a CS1 Course". En: 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), USA (2015)
- 26** Kahoot, <https://kahoot.it/>
- 27** Quizizz, <https://quizizz.com/>
- 28** Educaplay, <https://www.educaplay.com/>
- 29** Jeopardy, <https://jeopardylabs.com/>
- 30** ExeLearning, <https://ExeLearning.net/>
- 31** Friss de Kereki, I., y Adorjan, A.: "Flipped classroom in a CS1 course", EDUCON 2020 - IEEE Global Engineering Education Conference, Portugal (2020)

TET Cultural: Tetraedro en Realidad Aumentada para el aprendizaje de las artes plásticas

Nataly Riaño Carmona ^a, Sarakarina Solano Galindo^b

^a Grupo de Investigaciones Visuales del Caribe VIDENS, Facultad de Bellas Artes
Universidad del Atlántico, Km 7 antigua vía a Puerto Colombia, Atlántico Colombia
nriano@mail.uniatlantico.edu.co

^b Grupo de Investigación ingeoBiocaribe, Departamento de Pedagogía,
Universidad Simón Bolívar, Cl.58 #55-132, Barranquilla, Atlántico, Colombia
sarakarinasg@gmail.com

Resumen. Este artículo describe uno de los tres productos desarrollados en el trabajo de grado titulado ARTIC KIT EDUCACIÓN, presentado para optar al título de Maestra en Artes Plásticas en la Universidad del Atlántico, el cual tiene como propósito principal la implementación de las TIC como herramienta para el aprendizaje, diseñando y desarrollando un kit educativo con tres (3) productos tecnológicos experimentales: Videojuego, realidad aumentada (AR), realidad virtual (VR) que estimule el interés por el arte del Caribe colombiano.

TET Cultural: Tetraedro en Realidad Aumentada para el aprendizaje de las artes plásticas, es una aplicación móvil para visualizar archivos de autor con realidad aumentada e introducir su uso como estrategia pedagógica para resaltar a los mayores artistas expositores de la región Caribe Colombiana. El presente texto comprende tanto el estado del arte como las acciones concretas en términos de resultados del proyecto. Así mismo describe el desarrollo final de la app.

Palabras Clave: Realidad Aumentada, TET Cultura, Innovación educacional, tecnología, educación, Vuforia.

Eje temático: Transformando la experiencia de aprendizaje.

1. Introducción

Las técnicas de realidad aumentada (AR) permiten superponer contenido generado por computadora, como objetos multimedia 2D y 3D interactivos, en tiempo real, en una vista de objetos del mundo real [1]. La realidad aumentada (AR) se ha propuesto como una tecnología disruptiva y habilitadora dentro del paradigma de fabricación de la Industria 4.0 [2]. El surgimiento e implementación por parte de las instituciones de educación superior de Nuevas Tecnologías Educativas y Mediaciones Pedagógicas, y la relación entre la interactividad educativa y la forma como el conocimiento ha sido organizado y expuesto, están exigiendo que los estudiantes se familiaricen con su contexto y pongan en práctica su conocimiento sobre situaciones reales en dimensiones culturales, organizacionales e históricas actuales [3]. Las bellas artes tienen la facultad de mejorar la calidad de vida de las personas y comunidades. Durante décadas, han sido una potente herramienta que impulsa el desarrollo emocional e intelectual de quienes encuentran en la expresión artística un lenguaje y un vértice donde comprender el mundo y conectarse con los otros [4]. Las prácticas artísticas, como ejes centrales y parte activa de los procesos educativos, permiten desde el intercambio cultural y la construcción comunitaria de saberes el fortalecimiento de los procesos de aprendizaje y creación. Así, las personas no solamente disfrutan de la experiencia sensorial que les brinda el arte, sino que se convierten en actores activos de estas prácticas y conocedores de los diferentes lenguajes expresivos de las artes. Es decir, el arte se constituye como un derecho de todos los ciudadanos [5].

Las tasas de crecimiento de las sociedades actuales y los rápidos avances tecnológicos han llevado a la necesidad de acceder a información dinámica [6]. Con la evolución del hombre, su cotidianidad y los adelantos tecnológicos, podemos observar que las artes no han estado ajenas a esta importante evolución, por lo que hemos explorado las posibilidades de las TIC, a partir de sus grandes potencialidades como material multimedia interactivo para la formación en el área de la educación artística. Durante el presente proyecto se obtuvo un producto tecnológico experimental, que parte del concepto de juego y la realidad aumentada (AR), cuyo objetivo principal es visibilizar el arte del Caribe colombiano con el objetivo de que la sociedad mantenga un material valioso de formación de públicos, que a su vez puedan implementar en el aula de clase, en los museos y demás espacios donde solo requieren un dispositivo móvil y las plantillas para poder realizar actividades artísticas.

Para reforzar la gran importancia del arte y la cultura en la sociedad contemporánea y brindar a los jóvenes oportunidades desde cualquier parte, de adquirir nuevos conocimientos e interactuar con el patrimonio artístico y cultural, a través de su natural interés por los dispositivos tecnológicos, tomando a las nuevas tecnologías como un artefacto cultural contemporáneo de alto impacto que hace parte del diario vivir de las nuevas generaciones.

Así mismo, la app “TET cultural”, se enmarca dentro de una estrategia didáctica para el fortalecimiento de la educación artística, está comprobado que los videojuegos y las nuevas tecnologías emergentes, como: VR y AR, ayudan a mejorar la memoria, la coordinación, la lógica y la concentración, ya que obligan a los usuarios a mantener su plena atención, favoreciendo sus habilidades en relación a la solución de problemas, puesto que es un factor indispensable para poder pasar los niveles y así ganar el juego.

Finalmente, es preciso reflexionar respecto al rol potenciador dentro del siglo XX de las tecnologías de la comunicación y de la información (TIC), provocando una gran cantidad de cambios en la sociedad y por extensión en todos sus ámbitos: Empresarial, militar, médico, social y, por supuesto, en lo educativo. Por lo tanto, los avances más recientes permiten el uso de estas tecnologías para fines

personales y profesionales [7]. Para poder acercarnos a las nuevas generaciones, debemos acoger las TIC como un elemento y recurso integrado dentro y fuera del aula. Puesto que es un recurso que tiene mucho alcance.

2. Descripción del problema

Actualmente las Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC, dan la posibilidad de cambiar drásticamente los procesos de transmisión de conocimiento. Así que, desde la posibilidad de acceder a un aplicativo, solo con tener un dispositivo móvil se abren múltiples oportunidades para la educación. Teniendo en cuenta lo anterior, las TIC han tenido una entrada en la educación en los últimos años en muchos países del mundo y en Colombia se ha comenzado a implementar las TIC en la educación, planteándose un gran reto para vincular en los procesos de enseñanza y formación estas valiosas herramientas tecnológicas, con el fin de lograr un mejor desarrollo del aprendizaje y del pensamiento para los jóvenes. El papel que deben desempeñar las TIC en la educación es de facilitadoras, como un puente directo mediante el cual se hace más asequible el conocimiento a todas las personas del mundo que cuenten con acceso a internet.

En el presente proyecto de realidad aumentada, se toma el concepto de los Serious Games como un nuevo concepto aplicado a los videojuegos enfocados únicamente en aprendizaje, donde se prioriza el contenido y la producción, con el objetivo de generar mayor interés y comodidad para el usuario [8].

3. Metodología

El presente artículo científico de investigación - creación tecnológica de innovación, hace una implementación y adaptación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación como una herramienta importante para el aprendizaje, por lo cual, por medio del diseño y desarrollo de un producto tecnológico experimental, el cual maneja una orientación teórico-práctico, se desarrolla una aplicación para dispositivos móviles, desarrollada en softwares especializados para el desarrollo de videojuegos, realidad aumentada y realidad virtual: UNITY®, KRITA y demás programas informáticos que se mencionan más adelante. En aplicación a esto, se plantea una secuencia, con el fin de seguir una metodología concreta, garantizando el cumplimiento de los objetivos proyectados y por consiguiente el objetivo general planteados en el presente proyecto.

Para el desarrollo de la aplicación experimental, se implementaron herramientas open source (código abierto), aplicaciones que ofrecen al usuario un modo de uso gratuito según la utilidad e ingreso que la aplicación final genere y aplicaciones licenciadas en la Universidad del Atlántico en su laboratorio de desarrollo de contenidos digitales Vivelab Atlántico, Se utilizaron softwares especializados para el desarrollo de videojuegos y aplicaciones que implementan la realidad aumentada y realidad virtual, como el motor de videojuegos UNITY®, un software enfocado para ilustración KRITA, ADOBE PHOTOSHOP, VISUAL STUDIO y BLENDER 3D, un programa informático, especializado en el modelado tridimensional, animación, iluminación, renderizado, texturizado y simulaciones computacionales.

También se aplicó la librería de VUFORIA, una librería que se implementó en el archivo de desarrollo en UNITY® de desarrollo de softwares de realidad aumentada compatibles con dispositivos móviles.

4. Componentes

El proyecto partió de diferentes componentes y cada uno se categorizó por elementos reales y virtuales, los cuales, los elementos virtuales, se mencionan detalladamente a continuación en la tabla 1.

Tabla 4. Componentes virtuales del aplicativo experimental.

Nº	Componente	Software/Plataforma
1	Diseño de interfaz gráfica	Adobe Photoshop
2	Diseño de elementos visuales - logo	Adobe Photoshop/Krita
3	Elaboración de plantillas en forma de tetraedro	Krita
4	Modelado 3D de obras de arte	Blender
5	Recopilación de elementos visuales	Unity
6	Desarrollo del aplicativo	Unity
7	Biblioteca para realidad aumentada	Vuforia
8	Programación en el lenguaje C#	Visual Studio
9	Compilación de SDK de la APP	Unity
10	Aplicativo publicado para Android	Google Play Store

Fuente: Elaboración propia 2020.

Los elementos físicos o reales, son los requeridos para ejecutar y poder dar un óptimo uso de la aplicación experimental TET Cultural, se mencionan detalladamente a continuación en la tabla 2:

Tabla 2. De componentes físicos del aplicativo experimental.

Nº	Componente	Herramienta/Material
1	Instalación de aplicativo publicado para Android	Smartphone o tablet
2	Plantillas impresas	Cartulina
3	Armado del tetraedro	Tijera y pegamento

Fuente: Elaboración propia 2020.

Es importante mencionar que el desarrollo de la presente aplicación en AR se pensó inicialmente para dispositivos de gama media a baja, con el fin de poder alcanzar a más población. Por lo tanto, los componentes básicos requeridos para poder ejecutar la app son los siguientes a continuación (Ver tabla 3).

Tabla 3. De requerimientos para instalación del aplicativo.

N°	Componente	Especificación mínima
1	Smartphone	Gama media
2	Cámara principal	> 2.50 megapíxeles
3	Almacenamiento de memoria	77 MB
4	Acelerómetro	Ninguna
5	Acceso a internet para descarga	Ninguna

Fuente: Elaboración propia 2020

5. Desarrollo del aplicativo móvil

El desarrollo del aplicativo móvil TET Cultura, se plantea en 4 fases, las cuales son: Investigación y estudio de la historia del arte del caribe colombiano, diseño pedagógico y visual de la aplicación móvil, desarrollo y programación y publicación en la plataforma de venta de apps de Google.

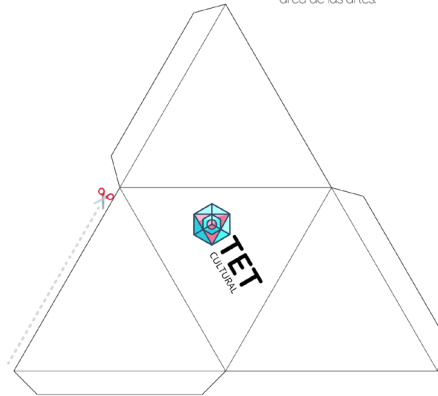
Para la investigación y estudio de la historia del arte del caribe colombiano, se realizó un estudio manejando una línea de tiempo y se seleccionaron artistas icónicos del arte del caribe colombiano, tomando en cuenta su trayectoria, importancia, impacto a la sociedad que lo rodea y aporte del artista en la época donde realizaba sus actividades creativas. Como resultado final, los artistas seleccionados fueron cinco (5) personajes hitos en la historia del arte del Caribe Colombiano: Cecilia Porras, Delfina Bernal, Álvaro Barrios, Ángel Loochkartt, Alejandro Obregón.

En la fase de diseño se comenzó por decidir la figura geométrica a desarrollar para las plantillas, la cual se definió por utilizar el tetraedro como figura central. Para el diseño y elementos cromáticos de color se definió por un diseño amigable y adaptado a un público joven, puesto que el objetivo del proyecto es que el aplicativo sea de interés para diferentes tipos de personas. El objetivo de la realización de una plantilla es que se pueda aplicar a cualquier otros desarrollos futuros relacionados con el presente proyecto, a continuación se muestra la plantilla para la implementación de los artistas. (figura 1).

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

**ARTIC KIT
EDUCACIÓN**

Aplicación de tecnologías digitales innovadoras como herramienta en procesos formativos en el área de las artes.



Juguete armable de que aplica la tecnología de la realidad aumentada en forma de tetraedro para dispositivos móviles, que fomenta el interés de los jóvenes y adultos por el arte del Caribe Colombiano.



FACULTAD DE
BELLAS ARTES

Fig. 1. Plantilla de TET Cultural. Fuente: Elaboración propia 2020.

En un archivo en el servicio de alojamiento Drive de Google, se encuentran las cinco (5) plantillas en formato PDF para su impresión y posterior uso con el aplicativo móvil. Los tetraedros son armables y cuentan con tres (3) marcadores con información sobre el artista correspondiente y dos (2) obras representativas de su vida, por último, cuenta con un (1) marcador donde se describe el proyecto de TET CULTURAL. A continuación se muestra la plantilla para la implementación de los artistas (figura 2).



Fig. 2. Marcador 1 y 2 de TET CULTURAL. Fuente: Plantillas de elaboración propia 2019 y artistas: Cecilia Porras y Delfina Bernal.

Cada lado del tetraedro, representa un marcador de realidad aumentada, por lo cual refleja una información tridimensional en el espacio real, que se muestra por medio de la cámara del dispositivo, dando esa alusión de realidad mixta. El AR ofrece la capacidad de superponer imágenes tridimensionales en el entorno real [9], por lo

que en la siguiente figura 3, podemos ver el marcador y la información virtual que arroja al utilizar el aplicativo móvil.

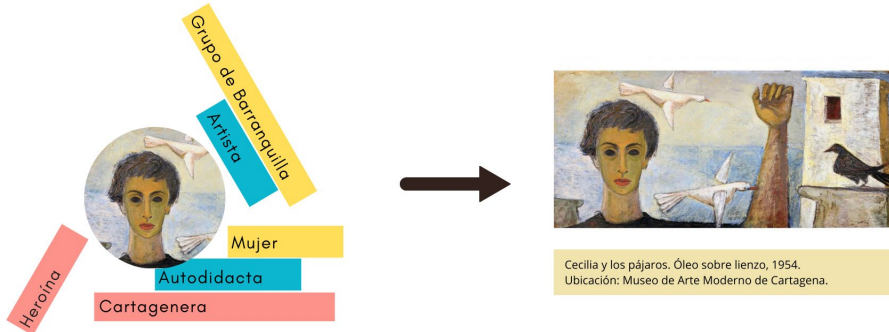


Fig. 3. Marcador 1 de Cecilia Porras. Fuente: Elaboración propia 2019 y obra de Cecilia Porras: Cecilia y los pájaros de 1954.

En la anterior figura, se muestra a la artista reconocida del Caribe Colombiano Cecilia Porras, en marcador nos resume lo que era el artista, una mujer autodidacta, heroína del arte de la ciudad de cartagena e integrante del selecto grupo de Barranquilla y la información que nos refleja tridimensional es una obra titulada: Cecilia y los pájaros del año 19574, cuya obra se encuentra en el Museo de Arte Moderno de Cartagena.

El desarrollo de la aplicación se realizó en el reconocido software UNITY®, implementando la librería/Biblioteca de VUFORIA para la realidad aumentada y su programación se realizó bajo el lenguaje C# en VISUAL BASIC. El aplicativo móvil tiene un peso total de 77 MB. La publicación se hizo en la plataforma de Google Play Store, el aplicativo es gratuito y fue categorizado y verificada por la misma plataforma como una APP educativa y apta para todo público. (ver figura 4).

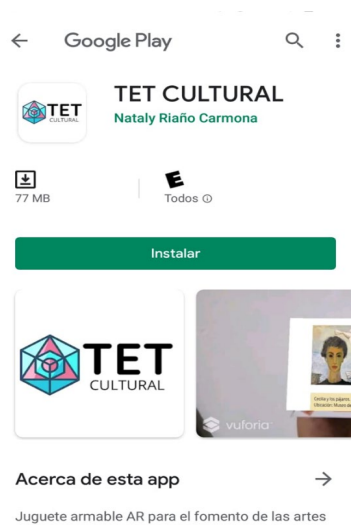


Fig. 4. Visualización del aplicativo en la Google Play. Fuente: Elaboración propia y Google Play 2019.

La clasificación de la edad del aplicativo en realidad aumentada fue categorizada por la misma plataforma Google Play, pero el desarrollo del aplicativo experimental se realizó enfocado a niños de 12 años de edad en adelante. (Ver Figura 5).

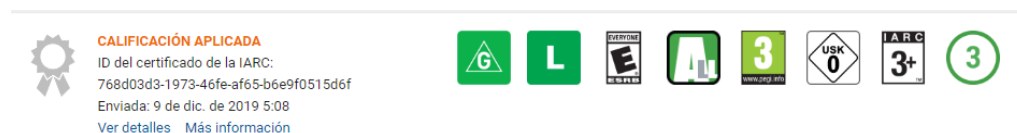


Fig. 5. Clasificación de edad aplicada en TET Cultural. Fuente: Google Play Console 2019.

6. ¿Qué es el TETCultural?

Es un juguete armable que aplica la tecnología de la realidad aumentada en forma de tetraedro para dispositivos móviles, que fomenta el interés de los jóvenes y adultos por el arte del Caribe Colombiano. La Realidad Aumentada es una nueva tecnología que ha surgido a partir de la Realidad Virtual, aunque con planteamientos diferentes. Actualmente, constituye un nuevo recurso que se ha implantado en diversas áreas de conocimiento por las posibilidades y planteamientos novedosos que ofrece. Al igual que la Realidad Virtual, el campo del arte ha visto una fuente de inspiración atendiendo a los nuevos conceptos que plantea [10].



Fig. 6. Logo e icono de TET Cultural. Fuente: Elaboración propia 2019.

Más allá de las nuevas tecnologías y, sobrepasando nuestra capacidad de digestión científica, las tecnologías emergentes se ponen al servicio de mentes creativas que necesitan adaptarse a un nuevo y aleatorio mercado laboral. Aunque los criterios para su valoración aún son desconocidos, la Realidad Aumentada se constituye como una nueva realidad física que transita de una experiencia pasiva a otra interactiva [11].

Se desarrollaron una serie de marcadores que al apuntar con el celular y el aplicativo activo, nos mostraran notas importantes sobre arte en Barranquilla. Los marcadores se plantean por medio la figura geometría: Tetraedro, tomando como referencia la tecnología de Merge Cube y marcadores planos que se desarrollan utilizando el motor de desarrollo UNITY 3D. El aplicativo que se desarrolló cuenta con 5 tipos de figuras, la cual cada una representa a un artista del Caribe Colombiano, este desarrollo toma el nombre como TET CULTURAL.

Estos combinan la forma de los juegos y juguetes educativos tradicionales, convirtiéndolos en una experiencia digital, con el objetivo de que por cada lado del cubo desarrollado se pueda tener una experiencia propia utilizando la tecnología de realidad aumentada. Por medio de marcadores planteados en cada lado del cubo

podemos ver a la obra distorsionada y al acercar el dispositivo la podemos visualizar. Cada serie tiene el fin de que conozcamos y podamos distinguir algunos artistas del caribe colombiano.

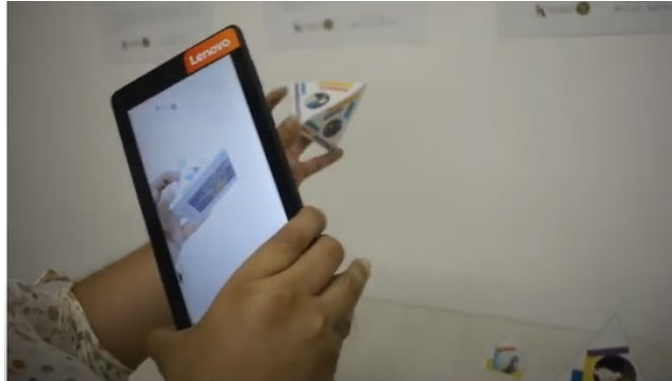


Fig. 7. Aplicativo TET CULTURAL en ejecución. Fuente: Elaboración propia 2019.

Estos marcadores que forman la figura geométrica: Tetraedro, son armables, por lo que los que deseen acceder al contenido digital, se puede apreciar el formato PDF para impresión, donde el público puede tener su propia versión de TET CULTURAL.



Fig. 8. Instructivo de uso del aplicativo. Fuente: Elaboración propia 2019.

7. Validación y lanzamiento del aplicativo

El lanzamiento del proyecto se realizó el 10 de diciembre del 2019 en la fundación Nueva Acrópolis Barranquilla, una organización internacional humanista, filosófica y cultural que tiene sedes en diferentes países.



Fig. 9. Fotografía del evento de lanzamiento del aplicativo. Fuente: Elaboración propia 2019.

8. Conclusiones

En la actualidad cada vez es más normalizado, encontrar elementos que aplican la tecnología de la Realidad Aumentada en la vida cotidiana, puesto que la sociedad ha comenzado a reflexionar respecto al rol potenciador dentro que tienen las tecnologías de la comunicación y de la información (TIC), provocando una gran cantidad de cambios en la sociedad y por extensión en todos sus ámbitos.

Debido a la transformación digital a la que se han visto abocadas las instituciones, este tipo de proyectos representan un relevante progreso para la incorporación de las TIC en las estrategias didácticas para el aprendizaje activo de los estudiantes. Además de generar una valiosa experiencia en términos de diseño de contenido educativo y requerimientos técnicos para la implementación de la realidad aumentada, para proponer nuevos escenarios virtuales de aprendizaje, como en este caso la simulación de un museo interactivo mediante la app TET cultural, que conlleva una verdadera democratización del conocimiento y gestión de conocimiento entorno a la educación artística, abriendo el camino hacia la identificación, reconocimiento de los artistas que marcaron la historia del arte plástica en la Región Caribe Colombiana.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por el Vivelab Atlántico y la Universidad del Atlántico y forma parte de la Tesis ARTIC KIT EDUCACIÓN. Gracias a la fundación Nueva Acrópolis Barranquilla, por su apoyo en el préstamo del espacio para el lanzamiento del proyecto

Las autoras desean expresar su agradecimiento por su aportes de conocimientos y apoyo a: Jesús Ramírez, Edwin Marquez y a Gonzalo Zapata, integrantes del semillero TRINITY.

Referencias

- 1 R. Azuma, "A Survey of Augmented Reality", MIT Press Journals, 2020.
- 2 K. van Lopik, M. Sinclair, R. Sharpe, P. Conway and A. West, "Developing augmented reality capabilities for industry 4.0 small enterprises: Lessons learnt from a content authoring case study", *Computers in Industry*, vol. 117, p. 103208, 2020. Available: 10.1016/j.compind.2020.103208.
- 3 Ramírez-Otero, J. R. y Solano-Galindo, S. (2017). ARprende: una plataforma para realidad aumentada en educación superior, en Séptima Conferencia de Directores de Tecnología de Información, TICAL 2017 Gestión de las TICs para la Investigación y la

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
"La ruta digital de una Universidad inteligente"
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

Colaboración. San José, Colombia.

- 4** Caja de herramientas para la educación artística. Santiago de Chile: Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, 2016.
- 5** "Educación Artística", Mincultura.gov.co , 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.mincultura.gov.co/areas/artes/educacion-artistica/Paginas/default.aspx>. [Acceso: 10 de diciembre de 2019].
- 6** G. Lampropoulos, E. Keramopoulos and K. Diamantaras, "Enhancing the functionality of augmented reality using deep learning, semantic web and knowledge graphs: A review", *Visual Informatics*, vol. 4, no. 1, pp. 32-42, 2020. Available: 10.1016/j.visinf.2020.01.001.
- 7** J. Negrillo-Cárdenas, J. Jiménez-Pérez y F. Feito, "The role of virtual and augmented reality in orthopedic trauma surgery: From diagnosis to rehabilitation", *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 191, p. 105407, 2020. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105407>. [Consultado el 26 de mayo de 2020].
- 8** Riaño, N., 2019. Implementation of a Social Constructivist Educational Model and a Significant Learning for the Development of Video Games for the Teaching of Colombia Caribbean Art. Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Education and Multimedia Technology - ICEMT 2019.
- 9** J. Cho, S. Rahimpour, A. Cutler, C. Goodwin, S. Lad y P. Codd, "Enhancing Reality: A Systematic Review of Augmented Reality in Neuronavigation and Education", *World Neurosurgery* , vol. 139, pp. 186-195, 2020. Disponible: 10.1016 / j.wneu.2020.04.043.
- 10** Ruiz, D. (2011). La Realidad Aumentada y su dimensión en el arte. *Arte y Políticas de Identidad*, 5, 129–144. Retrieved from <http://revistas.um.es/api>.
- 11** Realidad Aumentada en el mundo del arte y la cultura | Neosentec. (n.d.).

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

Implementación de las Fases 1 y 2 del modelo de gestión estratégica para el desarrollo de un *Smart Campus* basado en conceptos de *Smart City* en una universidad en Cartagena, Colombia

Iván Monterrosa-Castro
Programa de Administración de Empresas
Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco
Barrio España Cra. 44 #30a-91 Cartagena, Colombia
imonterrosa@tecnologicomfenalco.edu.co

Mónica Ospino-Pinedo
Programa de Ingeniería de Sistemas
Universidad de Cartagena
Campus Piedra de Bolívar Calle 30 # 48-152. Cartagena, Colombia
mospinop@unicartagena.edu.co

Resumen El presente artículo presenta el proceso llevado a cabo para la implementación de las fases 1 y 2 de un modelo de gestión eficiente y sostenible para el desarrollo de un campus inteligente basado en conceptos de *Smart City* en una universidad en Cartagena, Colombia. Para su desarrollo se siguió una metodología de tipo mixta que requirió de una investigación descriptiva y documental para la búsqueda de información relacionada con el área de estudio en lo concerniente a conceptos *Smart City*, obteniendo el conocimiento a través de artículos, revistas, trabajos electrónicos y consultas en internet que posteriormente se analizó con base en los objetivos planteados. Luego se aplicó un estudio diagnóstico a la población del campus usando la encuesta como técnica de recolección de datos. La implementación de las fases 1 y 2 de este modelo deja como resultados relevantes análisis mediante matriz DOFA y matriz Sullivan del estudio diagnóstico en cuanto a servicios y tecnologías del campus universitario con relación a los conceptos de *Smart City* y *Smart Campus*..

Palabras Clave: *Smart city*; *smart campus*; modelo de gestión estratégica.

Eje temático: Tecnologías disruptivas en la Universidad. Smart campus.

1. Introducción

El concepto de "Smart City", en español, Ciudad Inteligente, es considerado un concepto emergente y evolutivo que propende por el desarrollo sostenible de las ciudades, el cual a su vez genere un gran impacto en su calidad de vida, productividad y competitividad. Esto a través de múltiples tecnologías, dentro de las que se pueden resaltar las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) asociadas con el también emergente concepto de Internet de las Cosas IoT.

Las ciudades inteligentes son una realidad actual y futura para el mundo. Hoy día existen diferentes iniciativas con etiqueta "Smart" y múltiples aproximaciones de este concepto, sin embargo, no deja de ser un concepto en desarrollo, auge y basado en proyectos piloto liderados aún por selectas ciudades en el mundo.

En los últimos años la sociedad ha sufrido procesos de modernización y, con ella, también las instituciones educativas y sus procesos de formación cobijadas bajo ciudades, gracias al uso y desarrollo de las TIC; este acercamiento entre la ciudadanía y las instituciones por medio de la tecnología, ha fomentado el desarrollo y evolución del concepto Smart City en un sentido amplio y el de Smart Campus, campus inteligente, aplicado al contexto universitario.

"Smart City" y "Smart Campus" son dos conceptos que van de la mano y pueden conllevar el uno al otro, ya que las ciudades abarcan centros o instituciones de educación superior y un campus universitario se puede concebir como una pequeña ciudad, por ofrecer servicios y cobijar personas en su recinto, por tanto, si una ciudad adopta el concepto Smart, las instituciones que pertenezcan a ella se verán sumadas a él y/o viceversa.

Según estudios, América Latina no cuenta con campus universitarios inteligentes aún, pero en Colombia, existen proyectos de universidades encaminadas al logro de este concepto, como es el caso de la Universidad de los Andes, en la ciudad de Bogotá, y la Universidad Pontificia Bolivariana, en la ciudad de Medellín; sin embargo, más universidades del país deben irse acogiendo a este nuevo concepto, en pro de la calidad de vida de su población y la sostenibilidad con el medio ambiente.

En este trabajo se presentan los resultados de la implementación de las fases 1 y 2 del modelo de gestión estratégica propuesto para el desarrollo de un Smart Campus basado en conceptos de Smart City en una universidad en Cartagena, Colombia.

El trabajo está compuesto por las siguientes partes: Introducción, Referentes Teóricos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Recomendaciones y, por último, la sección de Referencias.

2. Referentes Teóricos

La palabra "inteligente" se utiliza para describir la capacidad de un objeto al considerar la inteligencia que se le ha implantado. Por ejemplo, un teléfono inteligente significa que el teléfono es capaz de soportar muchas actividades intelectuales a través de varios servicios prestados. El concepto de la palabra "inteligente" no solo se limita a una sola instancia, sino que contiene muchos aspectos de la vida cotidiana del ser humano [1]. La Smart city o ciudad inteligente es uno de estos aspectos.

Las ciudades se consideran centros para innovaciones basadas en datos y, por lo tanto, el concepto de ciudad inteligente parece proporcionar el contexto adecuado para analizar la interacción entre las TIC y las innovaciones dentro de las redes urbanas [2]. Una ciudad inteligente se puede entender como el uso de tecnología de

punta de optimización de análisis de decisiones y tecnología de la información para integrar humanos, bienes, negocios, transporte, comunicaciones, energía y otros elementos principales, con el propósito de realizar la gestión urbana, los servicios urbanos y las operaciones urbanas. más integral, más suave y más humano [3] [4].

El término “Intelligent Building” ha sido definido desde 1980. En el año 1988, se tenía la siguiente definición: “Un edificio que controla totalmente su propio entorno” [5]; en 1990 la empresa Powell Industries expresó con relación a la definición anterior: “lo que parece implicar que es el control técnico de calefacción, aire acondicionado, iluminación, seguridad, protección contra incendios, servicios de telecomunicaciones y de datos, ascensores y otras operaciones similares de un edificio que son importantes. Un control dado, por lo general, a la gestión de sistemas informáticos. Tal definición para un edificio inteligente convencional no sugiere la interacción del usuario en absoluto” [6].

El concepto de ‘inteligencia’ aplicado a edificios y objetos tiene dos connotaciones; la primera de ellas, se aplica al diseño y a la arquitectura, definiendo una construcción inteligente como aquella que es una construcción eficiente, es decir se puede hacer mucho con la mínima cantidad de recursos. La segunda de ellas, se adapta a lo que comúnmente aplica en los aparatos electrónicos en su capacidad de ejecutar aplicaciones y que puede aprender del comportamiento del usuario y de los cambios del entorno [7].

En los últimos años, se ha prestado mucha atención al diseño y la realización de los Smart campus (Campus inteligentes), que es un paradigma de ciudad inteligente en miniatura con sus infraestructuras, instalaciones y servicios únicos. La realización de la visión completa del campus inteligente necesita un sistema cibernético instrumentado, interconectado e inteligente que aproveche las TIC y las infraestructuras físicas en el campus [8].

El concepto de Campus Inteligente (“Smart Campus”) se deriva del significado básico de edificio inteligente (“Smart Building”). De este modo, el campus inteligente es una tendencia emergente que permite a las instituciones educativas combinar tecnologías inteligentes con infraestructura física para mejorar los servicios, la toma de decisiones, la sostenibilidad del campus, etc. [9].

La definición moderna de smart campus no ha sido cónica para una comprensión masiva. Muchos investigadores, transmiten la definición basada en diferentes enfoques. Al agruparlos, se pueden obtener tres enfoques para describir un Smart campus: la tecnología, la adaptación del concepto de ciudad inteligente y el desarrollo de una organización o proceso empresarial [10].

Por otra parte, para llegar al concepto de Smart campus, conocido hoy día, se han experimentado tres etapas: campus tradicional, e- Campus y Digital Campus. Siendo Smart Campus, la etapa más alta en un sistema de información educativo cuya evolución está basada en la construcción y desarrollo de un campus digital [11].

Existen tres características principales que permiten diferenciar a un Smart campus: 1) La enseñanza, gestión y servicios, no sólo son inteligentes si no humanizados; 2) todos los recursos son usados en demanda y 3) todos los recursos son compartidos. Con lo anterior las personas en un Smart campus trabajarán y estudiarán de manera conveniente y efectiva.

Muchas universidades a nivel global, han comenzado a experimentar con iniciativas de Smart City, aplicándolas en el contexto universitario (Smart Campus), buscando propiciar la sostenibilidad y el eficiente manejo de los recursos

dentro del recinto educativo. Es el caso del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) [7], Helsinki Metropolitan University of Applied Sciences, Instituto Superior Técnico (Lisboa), Lappeenranta University of Technology (Finlandia) [12], entre otros, por mencionar solo unos casos.

En Colombia, también se han venido desarrollando en los últimos años algunos iniciativas de Smart Campus. Dentro de éstas destacan: la iniciativa de la Universidad de Pamplona (Pamplona) [13], la iniciativa de la Universidad de los Andes (Bogotá) [14], la iniciativa de la Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín) [15], la iniciativa de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá) [16] y la iniciativa de la Universidad del Magdalena (Santa Marta) [17].

3. Metodología

Para la realización de este trabajo, se tomó en cuenta el modelo de gestión estratégica para el desarrollo de un Campus Inteligente, basado en conceptos de *Smart City* que se había propuesto para la institución universitaria en Cartagena, Colombia, implementando las fases 1 y 2 del mismo. Estas fases son a saber: Fase 1: Diagnóstico actual y planificación; Fase 2: Definición y desarrollo de las áreas *Smart* del Campus [18].

La metodología implementada para el desarrollo de este proyecto siguió las siguientes fases:

1. Identificación de los conceptos de *Smart City* que se puedan aplicar al campus universitario: para esto, se establecieron cuáles son los principales criterios que definen una *Smart City* y posteriormente se hizo una clasificación para determinar cuáles de esos criterios pueden ser aplicados dentro de un campus universitario.
2. Realización de un estudio diagnóstico en cuanto a infraestructura, servicios, aplicaciones y usuarios del campus universitario en la ciudad de Cartagena con relación a los conceptos de *Smart City*: luego de tener identificados los criterios que son pertinentes aplicar a un campus universitario, se desarrolló un estudio diagnóstico al campus por medio de matriz DOFA y matriz Sullivan.
3. Posterior al estudio diagnóstico, se procedió a desarrollar una propuesta de carácter integral e integradora para definir, de acuerdo a las tecnologías de información actuales y futuras, un marco genérico de acción hacia un campus inteligente universitario para la institución.

4. Resultados y Discusión

La Tabla 1 lista los elementos influenciadores de la *Smart City* aplicables a un *Smart Campus*, con su respectivo enfoque.

Tabla 1. Elementos influenciadores de la *Smart City* aplicables a un *Smart Campus* [18].

Concepto <i>Smart City</i>	Enfoque <i>Smart Campus</i>
Proceso de Urbanización	Es una de las tendencias que ha provocado que más del 50% de la humanidad viva en ciudades. Actualmente la población ciudadana accede a educación superior por tanto constituye un elemento influenciador.
Revolución Digital	Las TIC enmarcada en la hiperconectividad, y apalancada por redes sociales, movilidad, cloud computing y big data son parte activa de un <i>Smart Campus</i> para todos sus procesos de gestión, enseñanza y aprendizaje dando valor a los servicios que éste ofrece.

Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
 en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
 4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
 “La ruta digital de una Universidad inteligente”
 En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020

Visión holística o global	Un <i>smart campus</i> no se debe limitar a una aplicación sectorial de su inteligencia, sino que ésta se encuentra presente en todos los ámbitos del campus y se refleja en su propia gestión, que unifica y coordina transversalmente ámbitos y actores.
La tecnología como factor disruptivo	Un <i>Smart campus</i> no se concibe sin el uso de la tecnología que hace posible recoger grandes cantidades de datos, procesarlos y compartirlos en tiempo real en forma de información relevante.
Un nuevo modelo de relaciones	Un <i>Smart campus</i> cambia el modelo de relaciones existentes. Desde el punto de vista tecnológico, de aprendizaje, enseñanza, en términos sociales, permite nuevas formas de participación y en el ámbito municipal facilita la adopción de políticas urbanas más ágiles y transparentes. Este nuevo modelo de relaciones abre la puerta a una comunicación más fluida entre todos los actores (ciudadanos, empresas, instituciones, visitantes, inversores, etc.) y, a su vez, profundiza en su integración con otros Campus, la ciudad y entes territoriales.

La Tabla 2 lista las áreas propuestas por la Unión Europea (UE) y la empresa International Data Corporation (IDC) para Smart City, las cuales son aplicables para el campus universitario y que, por lo tanto, coadyuvan al modelo de gestión estratégica para el desarrollo de un *Smart Campus*.

Tabla 2. Áreas de la Smart City aplicables a un Smart Campus [18].

Área <i>Smart City</i>	Enfoque <i>Smart Campus</i>
<i>Smart Environment</i> (Medio Ambiente)	Esta área se ocupará del aspecto "Verde (ambiental)" del campus, con el fin de promover y adoptar un "Campus Verde" (<i>Green Campus</i>), "Campus Sostenible" (<i>Sustainable Campus</i>), "Campus de Energía Inteligente" (<i>Smart Energy Campus</i>) o "Campus de la Energía Renovable" (<i>Renewable Energy Campus</i>), considerados para promover una vida saludable y sostenible tanto en los ambientes interiores como exteriores del campus.
<i>Smart Mobility</i> (Movilidad)	Esta área será la encargada de la gestión de la movilidad dentro del campus, con el fin de facilitar el desplazamiento de todos los actores presentes en el campus (docentes, alumnos y demás personal), ofreciendo infraestructura y movilidad más respetuosa con el medio ambiente (reduciendo contaminación y ruidos), así como el uso de diferentes medios de transporte alternativos (bicicletas, vehículos eléctricos) y gestión eficaz de plazas de aparcamiento de vehículos.
<i>Smart Living</i> (Seguridad, Sanidad y Salud)	Esta área es la encargada del aspecto seguro, social y saludable del campus. El ámbito social del campus es un tema importante dentro de él, debido al consumo masivo de las tecnologías de redes sociales que se vive actualmente e implica las actividades curriculares, extracurriculares y actividades sociales que se dan al interior del campus. El campus debe ser capaz de proporcionar en cualquier momento y lugar servicios de salud a su personal, infundir mentalidad y fomentar la importancia de la educación física y estilos de vida saludable, este ámbito gestiona también los servicios de

Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020

	video vigilancia inteligente, sistemas de seguridad del personal dentro del campus.
Smart Governance (Gobierno)	Este área debe velar por el gobierno de la institución, como una corporación de negocios, con un conjunto de políticas de gobierno especificadas en el campus, lográndolo, por ejemplo a través de una plataforma de gobierno del campus que podría manejar la gestión interna y externa del campus; un sistema de gobierno de procesos que podrían ayudar a ver, analizar, optimizar, rastrear y localizar los procesos institucionales de extremo a extremo; una plataforma de gestión de recursos que pueda gobernar el funcionamiento del campus a corto, mediano y largo plazo; un sistema de gestión de flujo de trabajo y el aprendizaje.
Smart Buildings (Edificios Inteligentes)	Considera las medidas y políticas que inciden en la eficiencia energética y la sostenibilidad de los edificios del campus También inciden las normativas y legislación que favorecen el desarrollo sostenible.

La Tabla 3 lista los servicios de la *Smart City* aplicables a un *Smart Campus* y sus enfoques relacionados.

Tabla 3. Servicios de la *Smart City* aplicables a un *Smart Campus* [18].

Servicios Smart City	Enfoque Smart Campus
Movilidad	<p><u>Gestión del Tráfico en Tiempo Real</u>: Brindar información en tiempo real al personal del campus sobre el tráfico en las zonas aledañas al campus.</p> <p><u>Gestión de aparcamientos</u>: Sensores distribuidos por el campus que permiten identificar las plazas libres de aparcamiento, monitorización de los parquímetros y facilitar la ocupación de las plazas, evitando así desplazamientos inútiles y minimizando el tiempo de circulación de los vehículos.</p> <p><u>Gestión del uso de bicicleta</u>: Promover iniciativas del uso de la bicicleta e instaurar servicio de parqueadero preferencial para ciclo usuarios.</p> <p><u>Compartición de Vehículos</u>: Brindar un programa especial para quienes tienen carro y/o moto transporten a otros estudiantes, indicando diariamente su ruta para movilizar gratuitamente a otras personas.</p>
Medio Ambiente	<p><u>Smart Energy Grid</u>: Servicios para la gestión eficiente de la energía en el campus. Servicios de paneles solares, sustitución de luminarias por otras con tecnologías de bajo consumo, como LED y/o halogenuro,</p> <p><u>Smart Metering</u>: Contadores inteligentes con los que es posible controlar y seguir en tiempo real el consumo de agua y luz (encendido y apagado automático). Puntos de cargadores USB, recargadores de botellas de agua para reducir el uso de los desechables, bebederos., etc.</p> <p><u>Recogida y tratamiento de residuos</u>: Servicios y programas de reciclaje, sensorización de los distintos elementos del servicio de recogida para conocer en tiempo real variables como el llenado de contenedores o la localización exacta de los vehículos de recogida. La automatización de los procesos en planta de recepción,</p>

Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020

Servicios Smart City	Enfoque Smart Campus
	tratamiento y separación de residuos. <u>Gestión de los parques y/o zonas verdes del campus:</u> Servicios de automatización de zonas verdes a través de programadores y temporizadores el momento en el que se riega.
Gestión de los edificios e inmótica	Servicios para gestionar de manera eficiente la calefacción, ventilación, aire acondicionado, iluminación, ascensores, gestión del agua y en general, la energía y la refrigeración del equipamiento tecnológico de los edificios del campus.
Gobierno	Plataforma inteligente de gestión de recursos para gobernar a corto, mediano y largo plazo la operación del campus. E-Administración: todos los servicios que facilitan la relación con la Administración de manera online, ya sea para acceder a la información básica, como para realizar trámites. (Sistema de Admisión, sistema de información estudiantil, portal para estudiantes, portal para profesores, portal para administrativos) E-Participación: Servicios o canales de participación tanto de la población del campus como población externa, que fomentan la comunicación.
Seguridad	<u>Video vigilancia:</u> sistemas de seguridad y vigilancia automáticos que proporcionen identificación y reconocimiento, análisis y monitoreo automáticos de video vigilancia, seguimiento y rastreo de actividades anormales, alertas y alarmas de seguridad automatizadas en caso de cualquier violación de la seguridad, sistema inteligente de acceso y control, como sistema de tarjetas inteligentes. <u>Prevención y detección:</u> Servicios que combinan redes de sensores que ayudan a detectar de manera temprana los incendios, así como redes de comunicación que permiten contactar con los centros de emergencia de manera inmediata.
Salud	<u>Tele monitorización y telemedicina:</u> la telemedicina, la tele asistencia, salud móvil, atención sanitaria a distancia, el cuidado preventivo, etc. Con esto, el campus puede ser capaz de proporcionar en cualquier momento y lugar servicios de salud a su personal. Un sistema inteligente de información en salud electrónica vinculada a la red sanitaria interna y / o externa para ofrecer servicios como el seguimiento personalizado de la salud, el seguimiento de estilo de vida saludable individual, sistema de alerta de epidemia temprana, o incluso para alertar y facilitar la transición al hospital en los casos de emergencia.
Aprendizaje y enseñanza	E-learning y teletrabajo: Alumnos y profesores ya no tienen que estar presentes en el mismo lugar y al mismo tiempo, como es lo tradicional, la realización de los clases, cursos y evaluación se pueden realizar de forma remota mediante, herramientas digitales, conferencias, clases, tutoriales en vivo, pueden llevarse a cabo en lugares distantes, programa de cursos personalizados pueden ser elegidos y seleccionados mediante un contenido abierto compartido. Adicional, se suma el servicio de Smart Classroom y Smart Labs, dotados de tecnologías que permitan facilitar el

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

Servicios Smart City	Enfoque Smart Campus
	proceso de aprendizaje y enseñanza desde el alumno a los profesores.

La Tabla 4 lista las tecnologías *Smart City* aplicables a un *Smart Campus* y sus enfoques relacionados.

Tabla 4. Tecnologías de la *Smart City* aplicables a un *Smart Campus* [18].

Tecnologías Smart City	Enfoque Smart Campus
Recolección de Datos	Sensores, RFID, NFC, Cámaras, códigos QR, Dispositivos móviles (Celulares, Tablets, PDAs), IT/multi-media (multi-media projector, projection screen, LAN/Internet, audio equipment etc.), lecture halls, seminar halls, conference rooms etc.
Transmisión de Datos	WiFi, Telefonía IP, IP Fax, GSM Gateway, Fibra Óptica, Zig-Bee, Zwave, PLC NEC, GSM/GPRS
Almacenamiento y Análisis de Datos	Data Warehouse, Data Mining, Open Data, Big Data.

Por medio de una encuesta virtual se indagó acerca del nivel de conocimiento e implementación de las TICs y de conceptos Smart que tiene actualmente la población en el campus para determinar niveles de servicios y/o aplicaciones e infraestructura. La población consta de un universo constituido por estudiantes, profesores y administrativos del campus. Se tomó una muestra de 135 personas de este universo. Esta encuesta se dividió en dos secciones: “Preguntas Generales Sobre TICs” y “Preguntas Generales Sobre Conceptos *Smart*”.

Luego de tener identificados los criterios que son pertinentes aplicar a un campus universitario, se desarrolló un estudio diagnóstico al campus por medio de matriz DOFA y matriz Sullivan.

Luego de analizada la información suministrada para las dos variables de la Matriz Sullivan, se puede observar que el campus universitario ofrece una gran parte de sus servicios a su población haciendo uso de las TIC y que éstas son de vital importancia ya que hacen parte de una estrategia corporativa para mantenerse competitivo, por lo tanto, estaría ubicado en el cuadrante superior derecho de la matriz, tal como se observa en la Fig. 1.

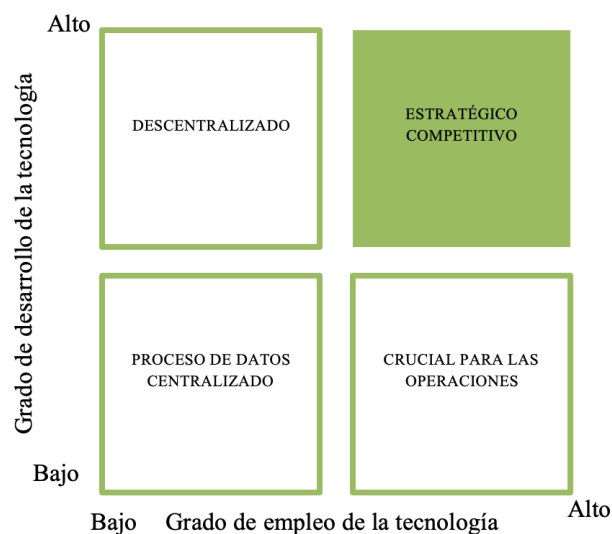


Fig. 1. Matriz de desarrollo-empleo de las TIC en el campus universitario [18].

El análisis de la suministrada para las dos variables de la Matriz Sullivan, permite observar que el campus universitario ofrece cierta cantidad de servicios SMART que son de importancia. Sin embargo, se deben implementar más iniciativas y servicios como parte de una estrategia corporativa para mantenerse competitivo. El campus estaría ubicado en el cuadrante inferior derecho de la matriz, tal como se observa en la Fig. 2.

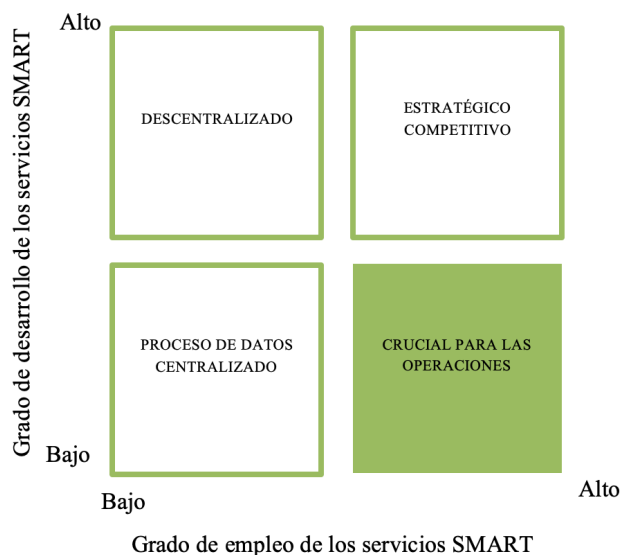


Fig. 2. Matriz de desarrollo-empleo de los servicios SMART en el campus universitario [18].

La situación actual identificada en la fase anterior por medio del análisis DOFA y Matriz de Sullivan y las áreas que se encontraron aplicables para un Smart Campus, teniendo en cuenta los factores para la implementación, permitieron identificar las áreas y enfoques para un *Smart Campus* en esta institución, los cuales se ilustran en la Fig. 3. Estos ejes son comunes en la mayoría de estudios realizados sobre *Smart Campus* y pretenden dar una visión global de todos los aspectos de una comunidad conectada en el futuro en los factores socio-económicos y medioambientales. Estos ámbitos junto con las fuerzas facilitadoras

(personas, recursos y TI) forman el marco conceptual del Smart Campus.

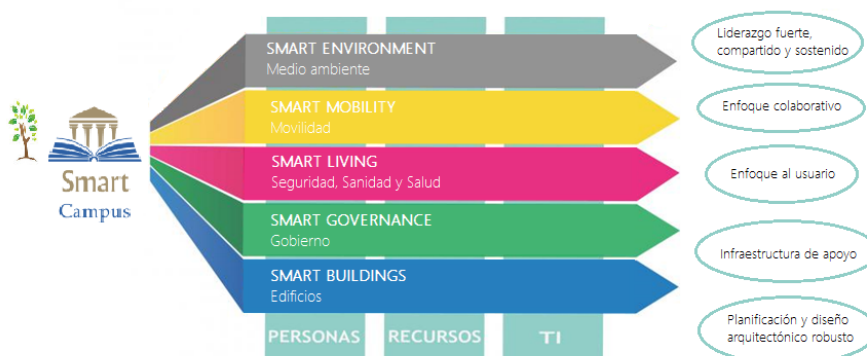


Fig. 3. Marco conceptual del SMART Campus [18]

5. Conclusiones y Recomendaciones

Al desarrollar el análisis DOFA y por medio de Matriz de Sullivan del campus universitario se pueden ver las siguientes necesidades prioritarias en cuanto al grado de actualización de la tecnología en el campus:

1. Desarrollar iniciativas que integren las TIC dentro del currículo mediante actividades que promuevan su desarrollo, uso y conocimiento dentro del campus, apoyándose en instituciones u organismos externos que apoyen con patrocinios y/o capacitaciones.
2. Incorporación de últimas tecnologías en los salones de clase y laboratorios, que incluye actualización de los equipos, aumento en el número de salas, herramientas y equipos de acuerdo a la demanda de los programas del campus.
3. Optimización de la plataforma virtual en cuanto a rendimiento y aspectos visuales que permitan una mejor interacción con el usuario.

Por Su parte, en lo concerniente al grado de empleo de la Tecnología en el campus, se identificaron como necesidades prioritarias las listadas a continuación:

1. Desarrollar iniciativas que integren el estudio y aplicación de conceptos *Smart* dentro del currículo y mediante actividades que promuevan su desarrollo, uso y conocimiento dentro del campus, apoyándose en instituciones u organismos externos que apoyen mediante patrocinios y/o capacitaciones a promover conceptos *Smart*.
2. Incorporación de servicios *Smart* en los espacios del campus de acuerdo a los que se identifiquen posteriormente en la implementación de las siguientes fases del modelo.

Se debe seguir trabajando en la creación de una cultura para compartir este nuevo modelo de campus de tal manera que se dé un trabajo colaborativo entre todos los miembros de la comunidad académica, a saber: profesores, estudiantes, directivos y la población en general.

Por último, se recomienda a la institución universitaria, gestionar alianzas con las diferentes universidades del país que ya han implementado iniciativas *Smart* en sus campus con el fin de aprender de éstas y mirar la fiabilidad y aplicabilidad al campus.

Referencias

- 1** M. Al-Nadwi, N. Refat, N. Zaman, M. Rahman, M. Bhuiyan y R. Razali, «Cloud Enabled e-Glossary System: A Smart Campus Perspective,» Security, Privacy, and Anonymity in Computation, Communication, and Storage. SpaCCS 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol. 11342, 2018.
- 2** OECD, «Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being,» OECD, 2015.
- 3** Q. Lei y G. Jing, «Development of smart city community service integrated management platform,» International Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 15, n° 6, June 2019.
- 4** M. Liu, T. Wang y H. Wei, «Real-time analysis of embedded CNC system based on uCOS-II,» Jisuanji Gongcheng/Comput Eng, vol. 32, n° 22, 2006.
- 5** M. Stubbings, Intelligent Buildings: An IFS Executive Briefing, Blenheim: Bedford: Springer-Verlang, 1988.
- 6** A. Buckman , M. Mayfield Stephen y B. Beck , «, (2014), "What is a Smart Building?", Smart and Sustainable Built Environment, Vol. 3 Iss 2 pp. 92 - 109,» Emerald Sight, vol. 3, n° 2, pp. 92-109, 2014.
- 7** N. Jason, N. Azarmi, M. Leida, F. Saffre, A. Afzal y P. Yoo, «The Intelligent Campus (iCampus) –End to end Learning lifecycle of a knowledge ecosystem,» EBTIC, pp. 332-337, 21 08 2010.
- 8** C. Tang, S. Xia, C. Liu, X. Wei, Y. Bao y W. Chen, «Fog-Enabled Smart Campus: Architecture and Challenges. In: Li J., Liu Z., Peng H. (eds) Security and Privacy in New Computing Environments. SPINCE 2019,» Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol. 284, 2019.
- 9** D. Rico-Bautista, Y. Medina-Cárdenas, L. Coronel-Rojas, F. Cuesta-Quintero, E. Barrientos-Avendaño, R. León y . G. Maestre-Góngora, «Smart university: Strategic map since the adoption of technology,» RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, vol. 2020, n° E28, pp. 711-724, 2020.
- 10** W. Muhamad, N. Kurniawan y S. Yazid, «Smart campus features, technologies, and applications: a systematic literature review.,» 2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI), 2017.
- 11** N. Xiao, «Constructing Smart Campus Based on the Cloud Computing Platform and the Internet of Things,» 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering (ICCSEE 2013) Proceedings, vol. 1, n° 4, pp. 1576-1578, 2013.
- 12** M. Nina, A. Oliveira y J. Medina, «SMART CAMPUS: Building-user Interaction Towards Energy Efficiency Through ICT-based Intelligent Energy Management Systems,» European Project Space on Information and Communication Systems, pp. 11-30, 2014.
- 13** Universidad de Pamplona. Plan de acción institucional 2005-2006, una universidad para una sociedad inteligente e intercomunicada. Pamplona, 2005.
- 14** Portafolio.. Universidad de los Andes apuesta por el campus inteligente. Portafolio, pág. 22, 2014.
- 15** Llano, M. La Micro-Red: una ciudad eficiente, en miniatura. Revista Universitas Científica, 24-29, 2015.
- 16** David L. Alvarez, J. F. Sistema de Gestión de Energía en Tiempo Real del Campus de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Mundo electrónico, 48-57, 2015.
- 17** Prieto, S. La Incorporación de Tecnologías Educativas en la Universidad del Magdalena bajo un enfoque de Smart Campus. Cuarta Conferencia de Directores de Tecnología de Información, TICAL2014 Gestión de las Tics para la Investigación y la Colaboración. Cancún, 2014.

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

18 N. Maza-Figueroa y M. Orozco-Acevedo, Modelo de gestión estratégica para el desarrollo de un campus inteligente basado en conceptos de *Smart city* en la Universidad de Cartagena – Campus Piedra de Bolívar, Cartagena, 2017.

Capítulo 2
Desarrollos rápidos y flexibles para adaptarse a un entorno cambiante

Construyendo microservicios eficientes: Caso de estudio de la Universidad de Cuenca

Johnny Ávila^a, Geovanny Campoverde^a, María Eugenia Fajardo^a, Víctor Saquicela^a

^a Dirección de Tecnologías de Información y Comunicación, Universidad de Cuenca,
Cuenca – Ecuador

johnny.avilam@ucuenca.edu.ec, geovanny.campoverde@ucuenca.edu.ec,
mariaeugenia.fajardo@ucuenca.edu.ec, victor.saquicela@ucuenca.edu.ec

Resumen. El uso de microservicios en el desarrollo de software se ha incrementado notablemente en los últimos años, dejando atrás aquellas aplicaciones monolíticas difíciles de mantener para dar paso a sistemas modulares, con componentes reutilizables y fácilmente actualizables. El éxito de este nuevo paradigma radica en las novedosas tecnologías que implementa, logrando concentrar herramientas de seguridad, persistencia, auditoría, conectividad y programación en un único componente llamado microservicio. El presente trabajo, desarrollado como un caso de estudio real de la Universidad de Cuenca para la creación de Sistemas de Información, es el resultado de la investigación, análisis e implementación de las mejores prácticas para construir microservicios eficientes, con un alto nivel de seguridad, monitoreo y control de la información.

Palabras Clave: Microservicios, Arquitectura de Software, Spring Boot, Java.

Eje temático: Desarrollos rápidos y flexibles para adaptarse a un entorno cambiante.

1. Introducción

El desarrollo de sistemas de información ha crecido exponencialmente en la última década. Cada día, nuevas empresas de software nacen con propuestas y proyectos innovadores, implementando las tecnologías más novedosas, que a su vez les permitan integrarse fácilmente con otras tecnologías logrando así entregar software de calidad. Todo esto es posible gracias a nuevos paradigmas de desarrollo que han hecho que el concepto de aplicaciones monolíticas quede en el pasado para dar paso a aplicaciones modulares y fáciles de mantener.

Las aplicaciones monolíticas dificultan enormemente la capacidad de visualizar la dimensión que tiene el software, así como la dificultad de mantenimiento de este, en donde, el código se vuelve tan cohesivo que resulta imposible poder adaptarlo con otros sistemas; o que otros sistemas puedan adaptarse y reutilizar características de las aplicaciones [3]. En contraste a esto, las aplicaciones modulares utilizan arquitecturas que permiten una baja cohesión y un alto acoplamiento permitiendo que los sistemas sean fácilmente modificables, que tengan una gran capacidad de crecimiento y que a su vez puedan entregar funcionalidades a ser reutilizadas e integrar componentes de otros sistemas fácilmente.

Al nuevo modelo de desarrollo se conoce como arquitectura basada en microservicios. En [4] se señala que un microservicio no es otra cosa que una unidad de código que provee un conjunto de servicios en común capaz de conectarse con otras unidades e intercambiar información por medio de canales de comunicación como servicios REST o API's. Estas unidades de código están creadas para que puedan trabajar independientemente o en grupos de unidades formando sistemas complejos y fáciles de mantener.

En el presente documento se expone el trabajo investigativo y práctico de un caso de estudio real en la Universidad de Cuenca (Ecuador), en donde se han implementado sistemas de información basados en microservicios, empleando las mejores prácticas en desarrollo de software que involucran aspectos como: persistencia de información, comunicación, seguridad, monitoreo, auditoría, caché y pool de conexiones.

Adicionalmente, se espera que este trabajo sirva como guía para la implementación de microservicios eficientes en otras universidades e instituciones en general.

2. Antecedentes y trabajos relacionados

Al hablar de sistemas de información y más aún en el campo de la educación; en el cual se involucran diversas áreas para el óptimo funcionamiento tales como: recursos humanos, financieros, investigación, vinculación con la sociedad, planificación, entre otros; se puede determinar que los sumamente complejo y costoso que resulta gestionar un sistema que cubra las necesidades de cada área; sobre todo si no se tiene una adecuada división de los diferentes módulos que lo conforman.

Cuando se tienen aplicaciones monolíticas en algún punto se llega a perder el control del mantenimiento del código fuente por lo que implementar un nuevo requerimiento o gestionar un cambio podría desencadenar en el esfuerzo de muchos equipos de trabajo, lo cual, no es deseable bajo ningún concepto [3].

Hasta el año 2016, en la Universidad de Cuenca se venía dando mantenimiento y creando nuevas funcionalidades sobre sistemas monolíticos que crecían verticalmente, provocando que nuevos desarrollos se tornen cada vez más complejos lo que implicaba grandes cambios en el código e inclusive el trabajo de

un número considerable de personas. Adicional a esto, se agregaba la dependencia que el código tenía con los desarrolladores, siendo en ocasiones imposible realizar cambios porque podía afectar la funcionalidad de otros aplicativos o componentes internos.

Otro problema que se presentó con los sistemas antes mencionados fue la limitante del modelo de integración, puesto que su diseño nunca fue definido de manera holística. Es decir, si se quería reutilizar algunas funcionalidades de un sistema en otro, la única solución era replicar el código en el nuevo sistema o utilizar pasarelas de información que claramente podían convertirse en un posible punto de fallo. Este doble esfuerzo por copiar el código significaba trabajo adicional para los equipos de mantenimiento, quienes en algunas ocasiones podían realizar cambios que dejaban inconsistente a la información. Adicional a esto, se debe acotar que la seguridad que tenían las aplicaciones monolíticas era mínima y presentaba muchas fallas y vulnerabilidades.

Por lo tanto, la mejor solución planteada, fue reprogramar los sistemas informáticos utilizando una arquitectura de microservicios permitiendo de esta manera que los aplicativos desarrollados sean muy fáciles de mantener y que adicionalmente no presenten problemas de integración con otros sistemas internos y externos.

A continuación, se presenta la arquitectura de un microservicio, así como todos los componentes y herramientas que utiliza. Se presenta un *background* de todas las tecnologías utilizadas y cómo estas se integran para formar un microservicio robusto, escalable e independiente. Cabe mencionar que toda la información ha sido abstraída de la investigación y experiencia de los equipos de desarrollo y de los proyectos informáticos implementados en la Universidad de Cuenca.

3. Arquitectura de microservicios planteada

Como se ha mencionado antes, los microservicios son pequeñas unidades de código capaces de abstraer la funcionalidad completa de un componente, de tal manera que sea fácilmente mantenible y adaptable con otras unidades para formar sistemas informáticos robustos y escalables.

El uso de las tecnologías para desarrollar microservicios dependerá básicamente del nivel de conocimiento de uno u otro lenguaje, así como el licenciamiento de herramienta y servidores en donde se desplegarán para su funcionamiento en un ambiente de producción. Para este caso de estudio práctico, se han seleccionado herramientas de software libre que cubren todas las necesidades que se requieren para el óptimo funcionamiento de los microservicios.

De la unión de todos estos componentes y tecnologías nace el modelo arquitectónico de microservicio utilizado en los sistemas desarrollados en la Universidad de Cuenca. La Figura 1, muestra cómo se integran estos componentes para formar un microservicio robusto y escalable.

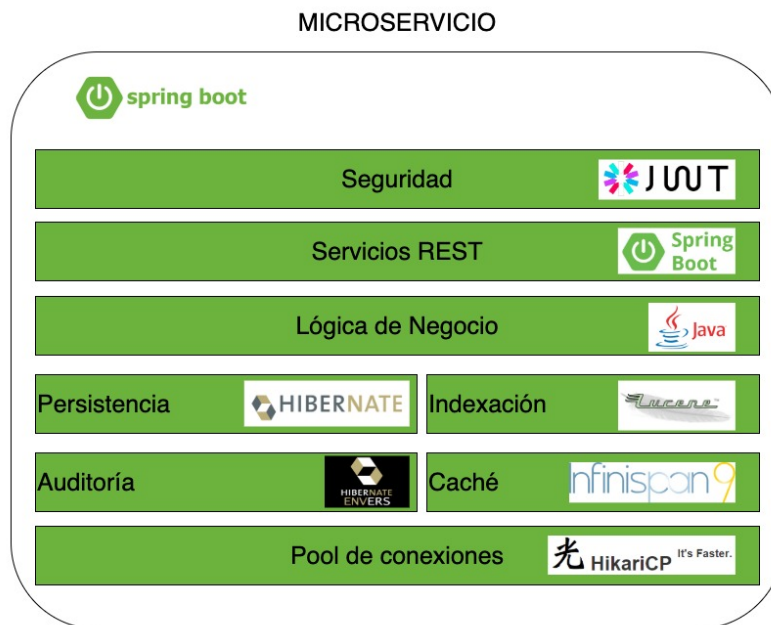


Fig. 1. Arquitectura de un microservicio

Se observa que un microservicio está dividido por capas en donde se tiene que: la capa de seguridad está manejada por JWT (Json Web Token)[8] la capa de servicios Rest utiliza un componente llamado Spring Web que pertenece al marco de trabajo de Spring Boot[5], la capa de lógica de negocio está desarrollada en Java utilizando componentes adicionales de Spring Boot, la capa de persistencia utiliza Hibernate[6] para la conexión a repositorios de información, la capa de auditoría es controlada por Hibernate Envers[9], la capa de indexación es administrada por Apache Lucene[25] y el pool de conexiones es gestionado por HikariCP[11].

En las siguientes secciones se explica detalladamente cómo se integran cada una de las tecnologías mencionadas en las capas descritas, de tal manera que al trabajar en conjunto forman la arquitectura completa de un microservicio.

3.1 Microservicios con Java SpringBoot

Spring Boot es un framework para el desarrollo de aplicaciones basadas en microservicios que surge de la evolución de su predecesor Spring[13], como una alternativa a los tradicionales sistemas Java Enterprise conocidos como JEE y J2EE [1]. Spring Boot facilita la creación de aplicaciones independientes y listas para producción que pueden ser construidas y arrancadas con un mínimo esfuerzo y utilizando un número realmente pequeño de configuraciones [2].

Entre los aspectos principales a destacar de Spring Boot, es que viene previsto de una serie de características no funcionales requeridas comúnmente en todas las aplicaciones, tales como: servidores embebidos, métricas de funcionamiento, herramientas de seguridad y monitoreo, health checks y configuraciones externalizadas. Gracias a esto, las aplicaciones basadas en Spring Boot no necesitan ser desplegadas en un servidor de aplicaciones convencional como Tomcat[14] o Glassfish[15], sino que pueden ser ejecutadas rápidamente utilizando comandos simples de Java. Sin embargo, en caso de requerir, también provee herramientas para construir los tradicionales archivos war y desplegarlos en un servidor de aplicaciones.

En cuanto a lo funcional, Spring Boot soporta una inmensa variedad de recursos o librerías *third party* con la gran ventaja de la auto configuración, es decir, que se pueden habilitar y usar librerías directamente a través de anotaciones sin la necesidad de crear archivos de configuraciones para cada una de ellas como tradicionalmente se hace en los diferentes frameworks. Un ejemplo claro de esto es la utilización de las librerías de la especificación JPA [16] que son usadas para la persistencia de datos tanto en base de datos relacionales como NoSQL[17], simplemente agregando las dependencias necesarias y anotando las clases según las especificaciones.

Además de esto, Spring Boot provee conjuntos de dependencias que habilitan ciertas características de acuerdo a las necesidades de desarrollo agrupadas en una sola dependencia; a esto se le conoce como *Starter Dependencias*[1]. Como un ejemplo de esto, si se necesita construir una aplicación que provea una API REST utilizando el paradigma Modelo Vista Controlador, que utilice formato JSON para la comunicación y que además esté desplegada en un servidor de aplicaciones Tomcat, bastaría únicamente con utilizar la dependencia auto configurada `org.springframework.boot:spring-boot-starter-web`.

Debido a las características antes expuestas, así como a las características de las aplicaciones basadas en microservicios expuestas más detalladamente en [4] Spring Boot se ha convertido en un framework muy popular de Java para la construcción de este tipo de aplicaciones, por lo que ha sido adoptado por la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad de Cuenca como estándar para la construcción de Aplicaciones Web basadas en microservicios.

3.2 Servicios REST

Los servicios REST [18] son bien conocidos y ampliamente usados en la industria del desarrollo de software, debido a su simplicidad tanto al momento de construir los servicios como al consumirlos. Es importante recalcar que REST no es un estándar sino una serie de recomendaciones y restricciones de arquitectura para crear aplicaciones escalables. Entre sus principales características, se puede destacar que los servicios REST adoptan todos los preceptos de la web, su arquitectura y beneficios, así como su protocolo principal HTTP el cual provee las funcionalidades necesarias para la comunicación entre los diversos componentes de los sistemas de información construidos usando la arquitectura de microservicios. Entre las funcionalidades provistas por el protocolo HTTP se tiene:

- Acciones (GET, POST, PUT, DELETE, etc.)
- Uso de caché
- Redirección y Reenvío (Forwarding)
- Encriptación y Seguridad.

Cada una de estas funcionalidades es clave en la construcción de servicios seguros, escalables, accesibles y rápidos. Además de lo descrito, la web se compone de una serie de estándares, protocolos y tecnologías que son adoptadas también por los servicios REST para su uso.

Haciendo analogía con las aplicaciones tradicionales, los servicios REST serían la capa de vista o presentación en un modelo de programación por capas como MVC [19], con la diferencia de que REST no hace uso de interfaces de usuario elaboradas. Al contrario, REST presenta sus resultados en texto simple o en formatos livianos que pueden ser fácilmente accedidos e interpretados tanto por los componentes del sistema, como otros servicios o interfaces de usuario.

En este aspecto, Spring cuenta con gran soporte para la construcción de servicios REST de una manera rápida y sencilla. Para ello, se aprovechan las características antes mencionadas del framework como son la autoconfiguración y los paquetes de dependencias *starter*. Por otro lado, Spring no restringe su capa de presentación al uso exclusivo de servicios REST puesto que se puede aprovechar las librerías de Spring MVC para crear interfaces de usuario más elaboradas en HTML. Sin embargo, debido a las características de las aplicaciones basadas en microservicios, no es necesario contar con interfaces de usuario complejas ya que eso complicaría la interpretación de los datos desde los demás componentes del sistema.

Comunicación mediante servicios REST

Como se mencionó anteriormente, los microservicios son unidades pequeñas e independientes de código que interactúan (se comunican) con los demás componentes del sistema para implementar las funcionalidades deseadas, para esto, en todos los casos, la comunicación se realiza a través de servicios REST.

En esta sección se describe cómo se realiza la comunicación entre los componentes REST desarrollados en la Universidad de Cuenca bien sea de manera interna, es decir comunicación entre microservicios en la misma red, o externa, comunicación desde los frontends o microservicios en otra red.

- **Comunicación Externa**

Si bien, toda la lógica de las aplicaciones o sistemas de información se realiza al interior de cada uno de los microservicios y puede ser ejecutada a través de los servicios REST, para el usuario final esto no representa una alternativa amigable y sencilla de ejecutar; los usuarios deberían conocer la forma de llamar a cada servicio y ser capaces de interpretar los resultados que se devuelven en los formatos establecidos para dar un significado a la información obtenida. Este proceso, en la mayoría de los casos, no representa una tarea fácil para las personas por lo que existe la necesidad de crear frontends para realizar las peticiones adecuadas a los servicios y a la vez presentar la información resultante al usuario en una forma comprensible y amigable.

Con la finalidad de conocer la forma correcta en que una llamada a un servicio debe ser ejecutada se utiliza su descripción sintáctica, aquí, los creadores de los servicios indican de manera explícita información o metadatos correspondientes a cada servicio expuesto como su ruta de acceso, los datos y el formato de datos que recibe, la acción ejecutada (GET, POST, PUT), los resultados que produce, el formato de la salida de datos, entre otros. En este aspecto, SpringBoot cuenta con herramientas como Swagger[24] para realizar esta tarea de forma automática y exponer la descripción sintáctica de todos los recursos expuestos en un microservicio en una ruta que puede ser consultada por los desarrolladores.

Para realizar esta comunicación, cada microservicio expone sus servicios REST a través de una URL que por lo general se compone de la dirección del servidor en el que se está ejecutando el servicio, el puerto por el que escucha cada servicio y la dirección de la API que se desea consumir. De aquí, una alternativa es que las interfaces de usuario consuman los servicios directamente a través su URL. Sin embargo, no es recomendable tener varios puertos abiertos en un servidor porque se pueden representar serios problemas de seguridad.

Para lidiar con este tema, todas las peticiones realizadas a los microservicios sean estos desde un frontend web, una aplicación móvil o inclusive desde un microservicio externo se llevan a cabo a través de un proxy, el cual recibe la petición y la dirige al microservicio adecuado.

En la Figura 2, se muestra la arquitectura de las llamadas a los microservicios desde unos los diferentes clientes ubicados en una externa.

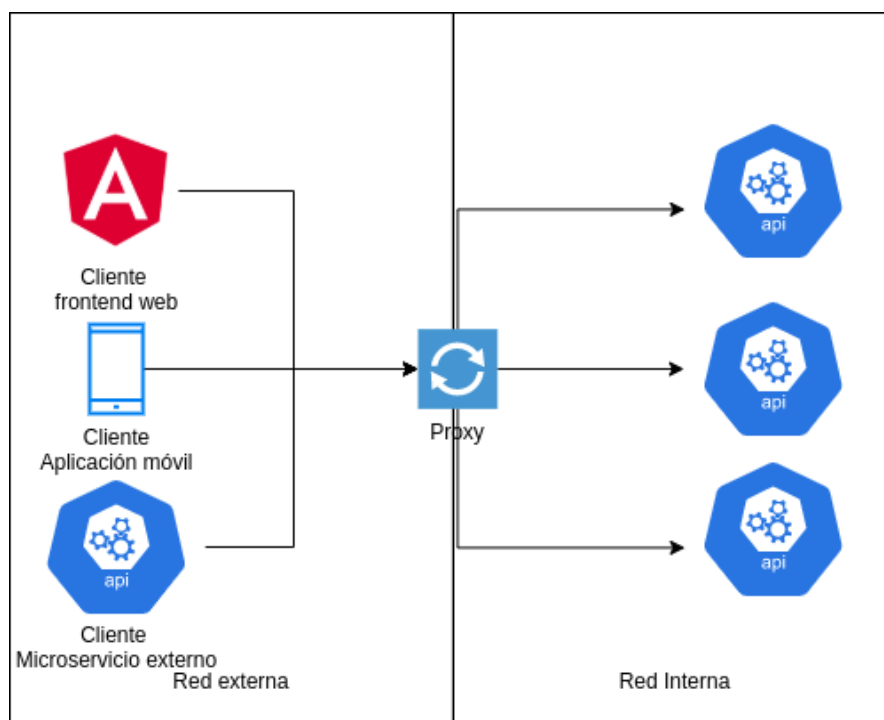


Fig 2. Comunicación desde una red externa a un microservicio

Como se puede observar, para consumir un servicio, un cliente externo realiza la petición a través de un servidor proxy el cual está conectado y exponiendo generalmente solo los puertos 80 y 443 en la red externa, pudiendo ser desde el internet o bien una VLAN [20] diferente a la que están conectados los microservicios. A la vez, el proxy está conectado a la red interna o a la misma VLAN en la que se están ejecutando y escuchando las peticiones a los servicios. De esta forma, todas las peticiones son enviadas por un único punto denominado proxy, el cual facilita la configuración y el control de acceso a los microservicios.

De acuerdo con el número de peticiones entrantes a los microservicios, para evitar cuellos de botella al enviar todas las peticiones por un único punto, en algunas ocasiones es necesario tener más de un proxy que reciba las peticiones y las envíe las a los servicios adecuados. Para esto, es necesario realizar un estudio de la carga que reciben los diferentes sistemas de información para agruparlos en diferentes proxys según se considere conveniente. Asimismo, se pueden implementar balanceadores de carga para sistemas con un gran número de acceso en los que se desee garantizar alta disponibilidad. Una propuesta de esta arquitectura se muestra en [4]

Otra ventaja es que el proxy puede ser configurado para trabajar con el protocolo HTTPS, es decir, que los datos que viajan entre el cliente y el proxy están encriptados aumentando la seguridad en el uso de los microservicios.

- **Comunicación Interna**

La mayoría de los sistemas de información están compuestos de más de un microservicio por lo que es necesaria una adecuada comunicación y coordinación entre cada uno de ellos para que la información resultante sea consistente y completa; en este sentido, Spring Boot soporta un amplio número de librerías para la comunicación entre microservicios. Por otro lado, es posible que una misma API expuesta en un microservicio sea consumida por otros microservicios. Desde el punto de vista de la programación, para lograr que los diferentes microservicios consuman una misma API, es necesario que cada uno de ellos contenga el código de la función que realiza la llamada. El problema de esto, aparte de que el código está repetido en cada microservicio, es que si la API a la que se quiere llamar cambia en algo su especificación es necesario realizar este cambio en todos los microservicios que la consumen.

Para solventar este problema, los equipos de desarrollo de la Universidad de Cuenca han construido librerías de comunicaciones comunes en cada sistema de información. Estas librerías contienen un catálogo de funciones disponibles en cada microservicio y el código necesario para su consumo y ejecución. De esta forma, toda la comunicación entre los diferentes microservicios es realizada a través de estas librerías, simplificando así que el consumo, mantenimiento y actualización de las API. Es decir, si por cambios en el sistema un servicio cambia la especificación de una API, únicamente será necesario realizar este cambio en la librería correspondiente con lo que cada microservicio actualizará su forma de acceder a dicho recurso.

3.3 Lógica de negocio

La lógica de negocios es el *core* de toda aplicación, aquí se programan todas las funcionalidades que debe tener un Sistema de Información. A pesar de que Spring Boot o cualquier Framework permite programar directamente la lógica del negocio en cada servicio REST, esto no es parte de las buenas prácticas de programación adoptadas por los equipos de desarrollo. En su lugar, se crea una capa intermedia que sirve para comunicar a los servicios REST con la persistencia. Esta capa toma los datos enviados al consumir los servicios, realiza los procesos y validaciones necesarias y los envía a la persistencia. De igual forma, toma los resultados emitidos por la persistencia son procesados y enviados como resultado a los servicios REST para que finalmente la información sea devuelta al usuario final. En este sentido, los servicios REST funcionan únicamente como una interfaz para gestionar el código almacenado en la lógica del negocio.

3.4 Persistencia

El uso de los datos es el principal componente de los Sistemas de Información, todo sistema necesita acceder, persistir y/o analizar la información existente en diferentes fuentes de datos bien sean, bases de datos relacionales, bases de datos NoSQL, documentales, entre otras [5]. Existen varios frameworks que facilitan a los desarrolladores la interacción con los datos, entre ellos, desde la versión 3.0 del Framework Spring (Predecesor de Spring Boot), se han creado proyectos de desarrollo especializados en cubrir las diferentes tecnologías de bases de datos descritas anteriormente, naciendo de aquí el proyecto Spring Data, cuyo objetivo principal es simplificar el uso y acceso a cada una de estas tecnologías. Spring Data no es más que el compendio de todos los subproyectos creados para cada base de datos en específico.

Para el desarrollo de software, la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad de Cuenca adoptó la tecnología Spring Data JPA como estándar para el acceso y uso de los datos. Spring Data JPA es una implementación de la tecnología JPA ampliamente documentada en [6] para el Framework Spring, que luego fue adoptado por Spring Boot.

JPA es un estándar para persistencia implementado por varios proveedores de datos u ORMs[21] entre ellos particularmente Hibernate, el cual facilita la persistencia en las bases de datos mapeando sus relaciones en objetos Java. Para lograr este objetivo, JPA hace uso de diferentes anotaciones sean para indicar que una clase en particular es una entidad, es decir una clase que mapea una relación de la base de datos en un objeto Java; un campo de la entidad, una asociación entre entidades, entre otros. La documentación completa de las anotaciones para JPA puede ser encontrada en [12].

Para utilizar la persistencia con JPA es necesario incluir la dependencia spring boot en el microservicio, en el cual mediante el uso de anotaciones, se describen las entidades o el modelo de datos que tendrá la aplicación. Adicionalmente, JPA permite la creación de repositorios que son interfaces mediante las cuales se realiza la interacción entre las entidades y la base de datos, es decir, un repositorio que sirve para consultar, actualizar o insertar los objetos mapeados o entidades en las relaciones de las bases de datos.

En la Figura 3, se muestra la arquitectura de JPA en la cual los modelos o entidades que representan las relaciones de las bases de datos hacen uso de los repositorios para interactuar con los datos.

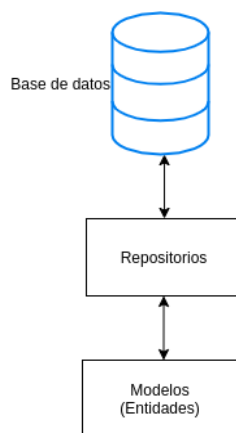


Fig 3. Arquitectura de JPA

Otra ventaja del uso de JPA es que es transparente al motor de base de datos que se utilice, es decir, que se puede trabajar con Postgres, MySQL, Oracle, entre otros; sin hacer cambios a las entidades o repositorios. Para esto es necesario únicamente incluir la dependencia de la base de datos con la que se desea trabajar y actualizar la configuración de los parámetros de conexión con la base de datos.

3.5 Seguridad

La seguridad en los microservicios es un tema clave y crucial puesto que en comparación con las aplicaciones monolíticas, la seguridad de una aplicación basada en una arquitectura de microservicios tiende a volverse más compleja de manejar a medida que el número de servicios incrementa. En [7] se indica que la seguridad en los microservicios debe ser abordada desde dos puntos: el primero está relacionado directamente con la cantidad de microservicios y el monitoreo de

red que se debe aplicar a cada uno; el segundo tiene que ver con la comunicación interna entre microservicios y como una vulnerabilidad en alguno de ellos podría comprometer otros microservicios o inclusive la seguridad de la máquina virtual en la cual se ejecutan.

Para analizar el primero punto se debe partir de la idea de que si bien una arquitectura de microservicios divide el problema en partes más pequeñas y simples de mantener, también granulariza el nivel de seguridad tantas veces como microservicios existan. El control de la seguridad en la red de cada uno de los microservicios en sistemas muy grandes puede volverse una tarea muy compleja cuando no se tienen mecanismos o herramientas adecuadas para el control. Asegurar la amplia red de microservicios necesita un análisis de los paquetes enviados y recibidos en cada interacción, verificando la existencia de anomalías en la comunicación y entrega de paquetes.

Por otro lado, el segundo punto se enfoca en la seguridad individual de cada microservicio y el problema que presentaría una vulnerabilidad en alguno de ellos. Sí la seguridad de un microservicio se ve adulterada muy probablemente entregará datos comprometidos a otros microservicios, haciendo que la información se vuelva inconsistente cuando se guarda en la base de datos. Otro escenario podría darse en el caso de que la falla de seguridad permita que el atacante pueda escalar hacia el nivel de sistema operativo, en donde la máquina virtual que ejecuta el microservicio quede a merced total de las acciones de los atacantes, pudiendo ejecutar acciones como eliminación de contenedores, instalación de malware, etc; lo cual podría causar inestabilidad en los microservicios, caída del sistema, caída del servidor e inclusive daños potenciales en el sistema de archivos del servidor virtual.

Tomando en cuenta estas observaciones de seguridad, en la propuesta presentada en la Figura 1, se propone el uso de JWT (Json Web Token) como mecanismo de control de acceso, seguridad y autorización para la comunicación e intercambio de información entre los microservicios. Como se explica en la web oficial [8], JWT es un estándar abierto utilizando en la transmisión segura de información entre las partes que hacen uso de él mediante un objeto JSON. Este objeto está compuesto por tres partes: el *header*, que contiene el tipo de token y el algoritmo de firmado utilizado; el *payload*, que contiene la información personal del solicitante; y el *signature*, que contiene el header codificado, el payload codificado y una palabra secreta.

Para utilizar JWT en un microservicio desarrollado con Spring Boot basta con implementar la dependencia Spring Security y está automáticamente heredaré el paquete Token capaz de manejar el estándar mencionado.

En la Figura 4, se muestra como se utiliza JWT en un microservicio.

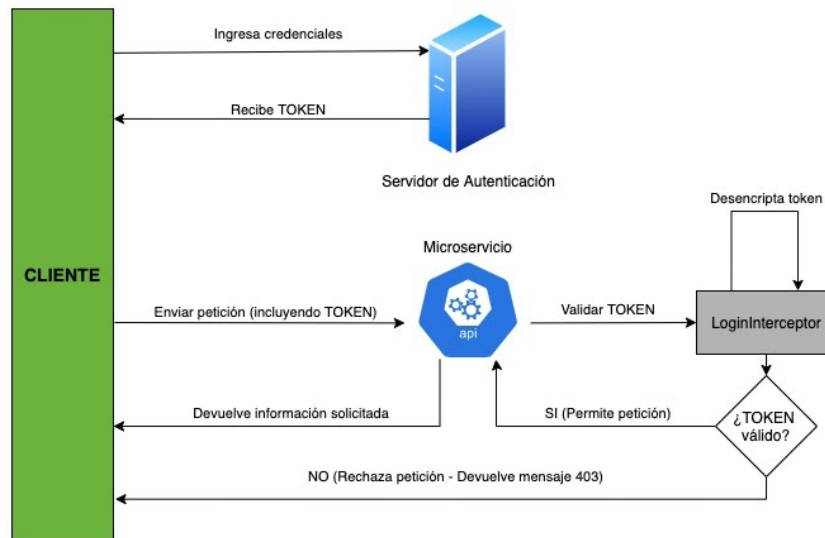


Fig 4. Implementación de JWT en un microservicio

Como se puede observar en, el token es generado previamente por el solicitante utilizando un servidor de autenticación, teniendo una validez de 30 minutos. Una vez se tiene el token, la petición es enviada al microservicio incluyendo el token en sus headers. Al llegar la petición al microservicio, una clase interceptora denominada LoginInterceptor se encarga de analizar el token y descriptar el mismo utilizando una palabra clave conocida como “secreto”. El descriptador dividirá el token en header, payload y signature. Al descriptar el token se verifica que sea válido y que no haya expirado. En caso de que el token sea válido la petición se hace efectiva y el LoginInterceptor procede a enviar la petición al servicio correspondiente, el cual a su vez devuelve la información al solicitante; caso contrario, el LoginInterceptor devuelve un mensaje 403 indicando que el token no es válido.

De esta manera se tiene un mecanismo de seguridad en donde no importa la cantidad de microservicios ni la comunicación interna entre ellos, puesto que todo se reduce a tener un token válido que sirva para exponer y comunicar información de manera segura.

3.6 Indexación

Las búsquedas tipo full texto son un componente importante incorporado en los sistemas de información desarrollados. Cuando se trata de hacer una búsqueda compleja de información en una base de datos, en muchos casos dicha información no puede ser encontrada utilizando las consultas clásicas de los motores de base de datos. Un ejemplo de búsqueda tipo full texto es la que se puede encontrar al realizar una consulta en Google, en donde casi siempre el resultado deseado no está escrito exactamente con las palabras de la consulta. Aunque el funcionamiento exacto de las búsquedas de Google aún se mantiene en secreto, es evidente que no usan una aproximación tipo SQL sino utilizan algoritmos complejos denominados motores de búsqueda. Afortunadamente, para realizar este tipo de consultas existen motores de búsqueda gratuitos y de código abierto como Apache Lucene, Elasticsearch[22] o Solr[23] que pueden ser implementados sobre Hibernate.

Para explicar mejor las búsquedas tipo full text se supondrá un escenario en el que se desea realizar una búsqueda con una o más palabras clave sobre una tabla de

personas a través de un botón de búsqueda y un solo cuadro de texto en una interfaz. La tabla almacena información de cada persona como: nombres completos, dirección, ocupación, teléfono. En un sistema tradicional es muy probable que se realice la búsqueda sobre cada uno de los campos de la tabla utilizando consultas tipo SQL y condicionales como LIKE para devolver resultados que coincidan exactamente con las palabras ingresadas. En este escenario si la palabra ingresada contiene por ejemplo faltas de ortografía o errores de tipeo, la consulta no devolverá los resultados deseados. En otros casos es posible que el usuario no conozca exactamente como se escribe un nombre de una persona, lo que llevará a la consulta al mismo resultado erróneo. Con las búsquedas full text, el motor de búsqueda analiza los datos almacenados para tratar de encontrar coincidencias no exactas pero más valiosas con las palabras buscadas. Aquí se trata de buscar palabras que suenen parecido, se escriban de forma similar, que puedan ser sinónimos o incluso que resulten de la conjugación de verbos. Luego el motor ordena los resultados por relevancia y los muestra al usuario final.

Para lograr esto, en breves rasgos, el motor de búsqueda realiza dos tareas: indexación y búsqueda. En primer lugar, se escanea la base de datos y se listan todas las palabras presentes junto con un enlace que indica en dónde pueden ser encontradas, los resultados de este proceso se guardan en un repositorio de índices que puede ser una base de datos, archivos planos o Elasticsearch. Una vez que se han creado los índices se realiza la búsqueda, pero no directamente sobre la base de datos, sino sobre los índices.

Para utilizar las búsquedas tipo full text en los microservicios desarrollados en Spring Boot se utiliza la implementación de Apache Lucene sobre Hibernate Search para este framework. Para ello, es necesario indicar explícitamente cada entidad en la que se desea implementar este tipo de búsqueda con la anotación `@Indexed`. Así mismo, se necesita declarar qué campos de cada entidad se desea indexar con la anotación `@Field`. Por otra parte, es necesario construir una función que indexe los datos cuando arranque el microservicio o cuando sea necesario hacerlo.

En algunas ocasiones se tiene más de una réplica de un microservicio indexando y realizando búsquedas sobre los datos, para mantener la consistencia en las búsquedas, es necesario que todas las réplicas se conecten a un solo repositorio de índices. En [4] se presenta un escenario en el que varias instancias de un mismo microservicio comparten un único repositorio de índices para realizar las búsquedas, para ellos se usa Elasticsearch para almacenar los índices creados sobre los que se realiza la consulta.

3.7 Cache

En muchas ocasiones, la ejecución de un servicio REST alojado en un microservicio devuelve resultados que son invariantes o muy poco variantes en el tiempo. Esto sucede por lo general cuando la función ejecutada únicamente realiza consultas a la base de datos o a otros microservicios y devuelve los resultados de dichas consultas, este tema puede no representar un problema si el tiempo de ejecución al realizar las consultas y devolver los datos es relativamente corto. Sin embargo, en algunos casos, el rendimiento del microservicio puede verse seriamente afectado cuando se ejecutan consultas complejas que necesiten de la unión de varias relaciones de la base de datos o entre datos proporcionados por diferentes servicios; en este caso el tiempo de ejecución puede incrementarse considerablemente lo cual representa un problema al momento de llevar a cabo las tareas requeridas en un sistema de información.

Para hacer frente a este problema, en los microservicios desarrollados se ha incluido el uso de una caché. La caché es un espacio de almacenamiento que reside entre el microservicio y la base de datos en donde se guarda información que puede ser consumida en el futuro. La principal función de la caché en los microservicios es almacenar el resultado de ejecuciones de funciones para que, en un futuro, al llamar a la función, se devolverá directamente el resultado de la caché y no se ejecutará todo el proceso de consulta de datos mejorando sustancialmente el tiempo de respuesta de los sistemas.

Es importante mencionar que, aunque la caché es una herramienta poderosa para mejorar el tiempo de respuesta en ciertas consultas, su uso debe estar sujeto a un análisis puesto que si se usa sobre datos que están en cambio constante puede generar inconsistencias debido a que en la base de datos puede existir información que se haya actualizado y dicho cambio no estar reflejado en la respuesta del microservicio. Esto generalmente sucede cuando el tiempo de actualización de caché es menor que el tiempo de actualización de los datos en la base de datos.

Para agregar el manejo de caché en los microservicios una vez más se aprovechan los beneficios de autoconfiguración que trae consigo el framework de Spring Boot, para lo cual únicamente es necesario habilitar esta funcionalidad mediante la anotación `@EnableCaching` y explicitar las funciones cuyo resultado se desea almacenar en caché con la anotación `@Cacheable`. Otro beneficio del framework es que puede utilizar varios proveedores de caché como ehCache, Infinispan, Redis, entre otros. En [4] se explica el uso de una caché compartida en Redis que es necesaria en el caso de que varias instancias en ejecución de un mismo microservicio necesiten compartir una única caché.

3.8 Auditoría

En el ámbito de los microservicios es importante recordar que un sistema estará conformado por varios de ellos y que cada microservicio será responsable de manejar adecuadamente el acceso y modificación de su información. La implementación de componentes de auditoría en los microservicios es una parte complementaria y fundamental de la seguridad. Conocer quién y cuándo realizó una acción en la información es crucial para determinar la integridad de los datos.

Afortunadamente existen implementaciones desarrolladas y listas para ser utilizadas en los microservicios dependiendo siempre de la tecnología en la que se encuentren desarrollados. Como se explica en [9], la mejor práctica para realizar auditoría es el uso de anotaciones propias que almacenen la información mínima posible para determinar quien y cuando realizó algún tipo de transacción en los registros de la información.

Para el caso específico de los microservicios desarrollados usando Spring Boot se plantea como solución el uso de un marco de trabajo para auditorías llamado Hibernate Envers. Esta solución permite mantener un registro total de las acciones realizadas en cada uno de los objetos donde se encuentre habilitada la opción de auditoría. Tales registros contendrán información relacionada a la fecha y hora de acceso, navegador utilizado, usuario y dirección IP desde la que se ha realizado la acción.

Los pasos para implementar Hibernate Envers en los microservicios son los siguientes:

- Agregar la dependencia *hibernate-envers* en el archivo pom.xml de la aplicación.

- Habilitar la auditoría de la aplicación en la clase principal de la aplicación mediante la anotación `@EnableAuditing`
- Crear la clase administradora de la auditoría, en donde se indicará fecha de creación, usuario de creación, fecha de actualización y usuario de actualización. Para obtener el nombre de usuario se debe únicamente tomar el TOKEN descifrado y obtener el usuario que inició la petición desde su payload.
- Agregar las anotaciones `@Audited`, `@CreatedDate`, `@LastModifiedDate`, `@CreatedBy` y `@LastModifiedBy`, en las clases que se desea auditar.
- Agregar opcionalmente, en el archivo de propiedades de la aplicación, el esquema donde se desea almacenar los datos de auditoría.

En la Figura 5, se observa el proceso de generación de auditoría cuando se realiza la creación de un registro.

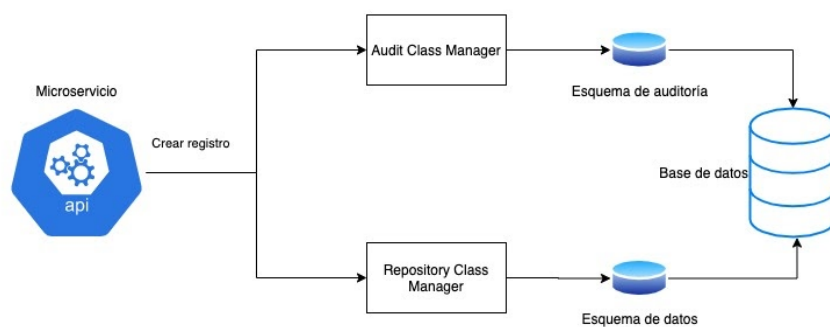


Fig 5. Implementación de auditoría de un microservicio.

Se observa como el microservicio envía una petición de creación de registro a la base de datos, para lo cual la petición pasa por la clase administradora de la auditoría, que enviará la consulta de inserción de auditoría al esquema de auditoría y por la clase administradora del repositorio, que enviará la consulta de inserción de datos al esquema de datos. Ambas consultas serán ejecutadas simultáneamente en el motor de bases de datos para mantener la consistencia. En caso de que exista un error de comunicación o conexión con la base de datos, se aplicarán consultas de rollback para evitar inconsistencias.

3.9 Pool de Conexiones

La última capa dentro de la arquitectura propuestas en la Figura 1. corresponde al manejo de un pool o cola de conexiones. Como se explica en [10], un pool de conexiones es una técnica utilizada para compartir conexiones a la base de datos entre múltiples clientes o peticiones, logrando de esta manera obtener un mejor rendimiento de la base de datos.

En el caso de los microservicios el uso de un pool de conexiones es obligatorio, sobre todo si se conecta con muchos sistemas e interactúa con más microservicios. Cada petición que reciba un microservicio tendrá que acceder a la base de datos para insertar o recuperar información por lo que siempre deberá existir una conexión disponible para que esta petición no se retrase o muestre errores de tiempo excedido.

HikariCP [11] es una solución muy utilizada en los aplicativos desarrollados en lenguaje Java, debido a su gran flexibilidad y fácil configuración con los diferentes motores de base de datos. Una gran característica de HikariCP es que puede reutilizar las propiedades de conexión a la base de datos que utiliza Spring Boot. De esta manera basta con agregar ciertos parámetros adicionales en el archivo de

configuraciones y automáticamente HikariCP comenzará a gestionar las conexiones a la base de datos del microservicio en donde ha sido implementado.

En la Figura 6, se muestra como HikariCP gestiona las conexiones a la base de datos de un microservicio.

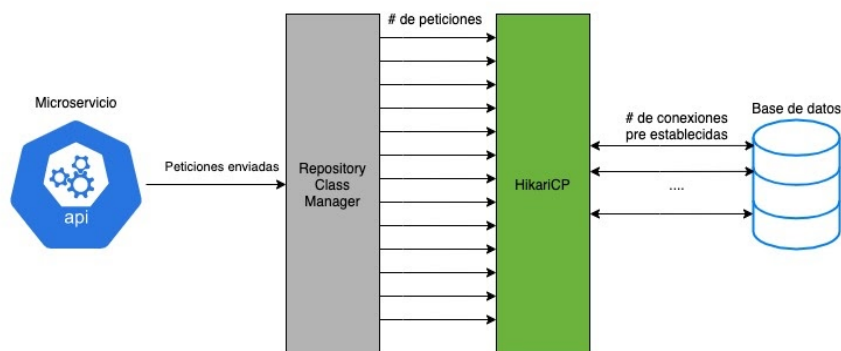


Fig 6. Implementación de pool de conexiones HikariCP en un microservicio.

Se observa que un microservicio envía peticiones a su clase administradora de repositorio, encargada de conectarse con la base de datos. Cada petición es recibida por el pool de conexiones HikariCP, quien a su vez busca una conexión disponible y envía la petición a la base de datos. En caso de que todas las conexiones estén ocupadas, HikariCP espera un tiempo preconfigurado para buscar una nueva conexión disponible y enviar las peticiones. De esta manera, las peticiones no saturaran a la base de datos evitando la generación de errores por timeout.

El número de conexiones debe estar configurado acorde al nivel de configuración y rendimiento de la base de datos. Si se excede en este número se puede afectar el normal funcionamiento de la base de datos y causar que los sistemas presenten mensajes de timeout.

4. Conclusiones y trabajos futuros

El uso de una arquitectura de microservicios permite que los sistemas informáticos puedan crecer horizontalmente, siendo fáciles de mantener e integrar con otros sistemas. El éxito de esta arquitectura depende de que tan bien se encuentre estructurado un microservicio internamente.

En este documento se ha expuesto el caso de estudio de la Universidad de Cuenca, en donde se explica que la arquitectura implementada de un microservicio consta de una capa de seguridad manejada por JWT, una capa de servicios REST que utiliza el marco de trabajo de Spring Boot, una capa de lógica de negocio desarrollada en Java utilizando componentes adicionales de Spring Boot, una capa de persistencia que utiliza Hibernate, una capa de auditoría controlada por Hibernate Envers, una capa de indexación administrada por Apache Lucene y un pool de conexiones gestionado por HikariCP.

La unión de todos estos componentes ha permitido que los microservicios implementados en los sistemas informáticos de la Universidad de Cuenca sean óptimos, seguros, escalables y reutilizables, logrando formar un marco de trabajo exitoso para el desarrollo de aplicaciones.

Dentro de los trabajos futuros se plantea: la implementación de un componente para el manejo de circuit breaker para microservicios con la finalidad de evitar fallos en cascada a través de los sistemas, la implementación de un componente para realizar

pruebas de integración automáticas con otros microservicios o servicios externos y la creación de una arquitectura que defina el ciclo de vida completo de un microservicio desde su creación hasta su puesta en producción, monitoreo y control.

Referencias

- 1 Walls, C.: Spring Boot in action. Manning Publications, Shelter Island, NY (2016).
- 2 Webb, P., Syer, D., Long, J., Nicoll, S., Winch, R., Wilkinson, A., Overdijk, M., Dupuis, C., Deleuze, S., Simons, M., Pavić, V., Bryant, J., Bhave, M.: Spring Boot Reference Guide. 444.
- 3 Mazlami, G., Cito, J., Leitner, P.: Extraction of Microservices from Monolithic Software Architectures. En: 2017 IEEE International Conference on Web Services (ICWS). pp. 524–531. IEEE, Honolulu, HI, USA (2017). <https://doi.org/10.1109/ICWS.2017.61>.
- 4 Ávila, J., Campoverde, G., Saquicela, V.: Arquitectura Basada en Microservicios para Aplicaciones en Alta Disponibilidad. En: TICAL2019 y 3er Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia. pp. 269-281. RedClara, Cancun, CA, Mexico (2019).
- 5 Gutierrez, F.: Pro Spring Boot. Apress, Berkeley, CA (2016). <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-1431-2>.
- 6 Keith, M., Schincariol, M., Keith, J.: Pro JPA 2: Mastering the Java™ Persistence API. Apress (2011).
- 7 Sun, Y., Nanda, S., Jaeger, T.: Security-as-a-Service for Microservices-Based Cloud Applications. En: 2015 IEEE 7th International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom). pp. 50–57. IEEE, Vancouver, BC, Canada (2015). <https://doi.org/10.1109/CloudCom.2015.93>.
- 8 Auth0: JSON Web Tokens - jwt.io, <https://jwt.io/>, Accedido por ultima vez: 2020/05/17.
- 9 Leonard, A.: Spring Boot Persistence Best Practices: Optimize Java Persistence Performance. En: Spring Boot Applications. Apress, Berkeley, CA (2020). <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5626-8>.
- 10 Gupta, K., Mathuria, M.: Improving performance of web application approaches using connection pooling. In: 2017 International conference of Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA). pp. 355–358. IEEE, Coimbatore (2017). <https://doi.org/10.1109/ICECA.2017.8212833>.
- 11 Wooldridge, B.: HikariCP. (2020), <https://github.com/brettwooldridge/HikariCP> , Accedido por última vez: 2020/05/17
- 12 JPA 2 Class Annotations - The Complete Reference (JavaDoc), <https://www.objectdb.com/api/java/jpa/annotations/class>, Accedido por última vez: 2020/05/24.
- 13 Johnson, R., Hoeller, J., Donald, K., Sampaleanu, C., Harrop, R., Risberg, T., Arendsen, A., Davison, D., Kopylenko, D., Pollack, M., Templier, T., Vervaet, E., Tung, P., Hale, B., Colyer, A., Lewis, J., Leau, C., Fisher, M., Brannen, S., Laddad, R., Poutsma, A., Beams, C., Abedrabbo, T., Clement, A., Syer, D., Gierke, O., Stoyanchev, R., Webb, P.: Spring Framework Reference Documentation. 802.
- 14 Vukotic, A., Goodwill, J.: Apache Tomcat 7. Apress, Berkeley, CA (2011). <https://doi.org/10.1007/978-1-4302-3724-2>.
- 15 Heffelfinger, D.R.: Java EE 6 with GlassFish 3 Application Server. Packt Publishing Ltd (2010).
- 16 Yang, D.: Java persistence with JPA. Outskirts Press, Denver, Colorado (2010).
- 17 Jing Han, Haihong E, Guan Le, Jian Du: Survey on NoSQL database. En: 2011 6th International Conference on Pervasive Computing and Applications. pp. 363–366. IEEE, Port Elizabeth, South Africa (2011). <https://doi.org/10.1109/ICPCA.2011.6106531>.

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

- 18** Masse, M.: REST API Design Rulebook: Designing Consistent RESTful Web Service Interfaces. O'Reilly Media, Inc. (2011).
- 19** Yates, C., Ladd, S., Devijver, S., Davison, D.: Expert Spring MVC and Web Flow. (2006).
- 20** Medina, E., Shemla, D.: VLAN protocol, <https://patents.google.com/patent/US7573882B2/en>, (2009).
- 21** Bernus, P., Bernus, P., Mertins, K., Schmidt, G.: Handbook on architectures of information systems. Springer, Berlin; New York (2006).
- 22** Gormley, C., Tong, Z.: Elasticsearch: The Definitive Guide: A Distributed Real-Time Search and Analytics Engine. O'Reilly Media, Inc. (2015).
- 23** Grainger, T., Potter, T.: Solr in action. Manning, Shelter Island, NY (2014).
- 24** API Documentation & Design Tools for Teams | Swagger, <https://swagger.io/>, Accedido por última vez: 2020/05/24..

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

Ventanilla única de servicios digitales de la Universidad Autónoma de Yucatán

Carmen Humberta de Jesús Díaz Novelo

Universidad Autónoma de Yucatán, Coordinación General de Tecnologías de Información, Coordinación de atención a usuarios y soporte técnico.

Mérida, Yucatán, México

carmen.diaz@correo.uady.mx; carmendiaz25@gmail.com

Resumen. . La Universidad Autónoma de Yucatán, UADY, es una institución pública, ubicada geográficamente en el sureste de México, con una matrícula de más de veintiséis mil estudiantes. En el año 2019 las autoridades universitarias deciden realizar una reorganización de las áreas de TIC de la Institución y para tal efecto se crea la Coordinación General de Tecnologías de Información y comunicación, CGTIC. Uno de los retos planteados por las autoridades universitarias a la CGTIC, era la posibilidad de agrupar los servicios ofrecidos por las distintas dependencias de la administración central y poder realizar las solicitudes de TI mediante una “ventanilla única”, para lograr una mayor eficiencia en el servicio, es decir servicios de calidad, incorporando elementos innovadores al ofrecer a la comunidad universitaria un entorno transparente, ágil y moderno. Esta iniciativa que inicia en el mes de junio del 2019 y que estaba en desarrollo, se convirtió en una herramienta fundamental al presentarse la contingencia por el COVID-19, en el mes de marzo de 2020, que instó a la UADY a transitar a un modelo de enseñanza y de trabajo en línea.

El objetivo general del proyecto es que la UADY cuente con una ventanilla única de servicios de TI, para facilitar el trámite de solicitudes al personal académico, administrativo y alumnos. Los beneficios que la UADY ha obtenido con la implantación esta solución son:

1. Integración de los catálogos de servicios de TI. Atención a mayor número de usuarios sin afectación niveles de atención y calidad de servicio.
2. Descentralización. Permitiendo que las solicitudes sean iniciadas y procesadas desde distintos Campus Universitarios o desde Internet.
3. Trazabilidad. El estado de la solicitud puede ser seguido por el interesado paso a paso, en todo momento a través del personal de la mesa de servicios.
4. Cumplimiento de marcos de referencia y buenas prácticas como: ISO 9001:2015, ISO 20000 e ITIL. El sistema de atención a usuarios permite la búsqueda, almacenamiento y recuperación de la información.

Se presentan los aprendizajes y dificultades durante la implementación de la solución, así como los impactos no esperados ocasionados por la contingencia por COVID-19.

Palabras Clave: Mesa de servicios, calidad de servicios de TI, contingencia por COVID-19.

Eje temático: Adaptando los servicios para mejorar la experiencia del usuario final.

1. Contexto

La Universidad Autónoma de Yucatán, UADY, es una Institución pública, con una matrícula de más de veintiséis mil estudiantes, ubicada geográficamente en el sureste de México; en el año 2019 las autoridades universitarias deciden realizar una reorganización de las áreas de TIC de la Institución y para tal efecto se crea la Coordinación General de Tecnologías de Información y comunicación, CGTIC y todo el personal de las dependencias de TI, de la administración central, pasan a formar parte de esta nueva coordinación.

Con estos cambios tan significativos, la UADY ha impulsado el desarrollo de una cultura tecnológica de mayor impacto en la comunidad universitaria, manteniendo el sistema de calidad en los servicios de TI para proporcionar servicios de soporte confiables y oportunos; estableciendo y cumpliendo acuerdos de niveles de servicio para satisfacer los requisitos de los clientes.

Uno de los retos planteados a la CGTIC era la posibilidad agrupar los servicios ofrecidos por las distintas Dependencias de la administración central y poder realizar las solicitudes de TI mediante una “**ventanilla única**”, para lograr una mayor eficiencia en el servicio, es decir servicios de calidad, incorporando elementos innovadores al ofrecer a la comunidad universitaria un entorno transparente, ágil y moderno. Este proyecto que inicia formalmente en el mes de junio del 2019 se convirtió en una herramienta fundamental al presentarse en el mes de marzo del 2020, la contingencia por el COVID-19, que orilló a la UADY a transitar a un modelo de enseñanza y de trabajo en línea.

Se describirá la implementación de la **ventanilla única de servicios de TI**, planteando los elementos que la conforman en la UADY: la estructura organizacional, la calidad de servicios de TI, la mesa de servicios, la gestión del conocimiento y la mejora continua.

El desarrollo del documento, se ha fundamentado en una metodología conocida como Fenomenología o Métodos Cualitativos. Esta metodología emplea un conjunto de técnicas que permiten decodificar y/o traducir el significado, no la frecuencia de ciertos fenómenos que ocurren en el mundo [1]. Los métodos específicos de los que haremos uso en el presente trabajo son:

Análisis de Documentos: Buscando fuentes bibliográficas publicadas por los autores seleccionados para el desarrollo de este proyecto.

Entrevistas: A diferentes ejecutivos de la Universidad Autónoma de Yucatán, que plantearon sus vivencias específicas relacionadas con los procesos de reingeniería analizados en este trabajo, y que sirven como complemento al caso analizado.

2. Problemática

Cada dependencia de la administración central de la UADY atendía a sus usuarios con diferentes metodologías, en donde cada coordinador o jefe de Departamento determinaba sus propios canales de comunicación con los usuarios; algunas dependencias llevaban métricas o indicadores de atención de los servicios de TI y otras no; lo que complicaba la posibilidad de ofrecer un nivel de servicio de calidad que correspondiera a exigencias de la Universidad.

Los usuarios manifiestan dificultades para obtener los servicios de TI que proporcionan las distintas dependencias de TI, generando no solo una mala experiencia si no una mala imagen de las áreas de TIC. Por otra parte, dada la cantidad de usuarios y servicios, la distribución existente del personal de TI

resultaba ineficiente para dar atención y en diversas ocasiones para lograr una atención satisfactoria y adecuada.

Es necesario resaltar como parte de la problemática, la existencia de un gran número de usuarios universitarios que no conocían los procedimientos para la obtención de los servicios de TI.

3. Descripción de la solución implementada

Se considera necesario establecer las condiciones y herramientas que permitan proporcionar la atención a los usuarios universitarios, con el objeto de mantener una comunicación más cercana para lograr la prestación de los servicios de TI y asegurar su satisfacción con el servicio proporcionado.

• Objetivo general

El objetivo general es que la Universidad Autónoma de Yucatán cuente con una **ventanilla única de servicios de TI**, para facilitar la emisión de solicitudes de TI y la comunicación, al personal académico, administrativo y alumnos.

• Objetivos particulares

1. Contar con una herramienta tecnológica que apoye a los usuarios en la realización de sus trámites y solicitudes de servicios de T.I.
2. Aumentar la participación e interacción de los usuarios universitarios al proporcionarles una herramienta práctica y fácil de entender, logrando su uso y adopción.
4. Identificar de manera efectiva la naturaleza de las diferentes problemáticas asociadas al funcionamiento y operación de los servicios de TI.
5. Contar con indicadores y estadísticas de valor para la toma de decisiones

• Estructura organizacional de las TI en la Universidad Autónoma de Yucatán

Durante el desarrollo de las TI de la Universidad, se fueron creando áreas, departamentos y coordinaciones de TI en la Institución, especialmente en la administración central, otras dependencias no tenían un área formalmente establecida pero tenían una o más personal de TI asignadas, en la tabla 1 se presentan las dependencias de la administración central con sus áreas de TI que existían.

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

Tabla 1. Distribución del personal, áreas, departamentos y coordinaciones de TI que se fueron incorporando a las Dependencias de la administración central de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Dependencia de la administración central	Áreas, Departamentos y coordinaciones de TI
Secretaría General	- Área de Desarrollo del Sistema de Información y Control Escolar Institucional (SICEI) de la Coordinación General de Servicios Escolares -Departamento de Tecnologías de Información de la Coordinación General de Servicios Escolares
	Coordinación Administrativa de Tecnologías de Información
Dirección General de Finanzas y Administración	Departamento de sistemas de la Coordinación General de Desarrollo Financiero
	Área de desarrollo de sistemas de la Coordinación General de Recursos Humanos
Dirección General de Desarrollo Académico	Departamento de Tecnologías de información
Coordinación general de Internacionalización	Personal de TI
Centro Institucional de Lenguas	Personal de TI
Coordinación General de Planeación y efectividad institucional	Personal de TI

El día 28 de marzo de 2019, en reunión del consejo universitarios consta en el acta lo siguiente: “POR LO CONSIDERADO Y FUNDADO, HE TENIDO A BIEN EXPEDIR EL SIGUIENTE: ACUERDO: PRIMERO.- La Secretaría General y la Dirección General de Finanzas y Administración contarán, a partir del uno de abril del año en curso, para atender los asuntos de sus respectivas competencias, con las áreas siguientes: SECRETARÍA GENERAL: Coordinación General de Servicios Escolares, Coordinación General de Seguridad y Eficiencia Energética, Oficina del Consejo Universitario y **Coordinación General de Tecnologías de Información y Comunicación.**”[2]

Las funciones clave de la CGTIC son:

- 1.-Gestionar los recursos tecnológicos de la Institución de manera eficiente, asegurando la disponibilidad de los servicios que dependen de los mismos.
- 2.-Implementar y mantener la infraestructura de red institucional para proporcionar el acceso a los servicios de información y comunicación.
- 3.-Desarrollar software académico y administrativo que sea acorde a las necesidades institucionales sin interrumpir la operación de los sistemas actuales.
- 4.-Brindar soporte a los usuarios de servicios TIC de una manera eficiente.

En la figura 1 se presenta el organigrama de la CGTIC, y se detallan los Departamentos que conforman la Coordinación de atención a usuarios y soporte técnico

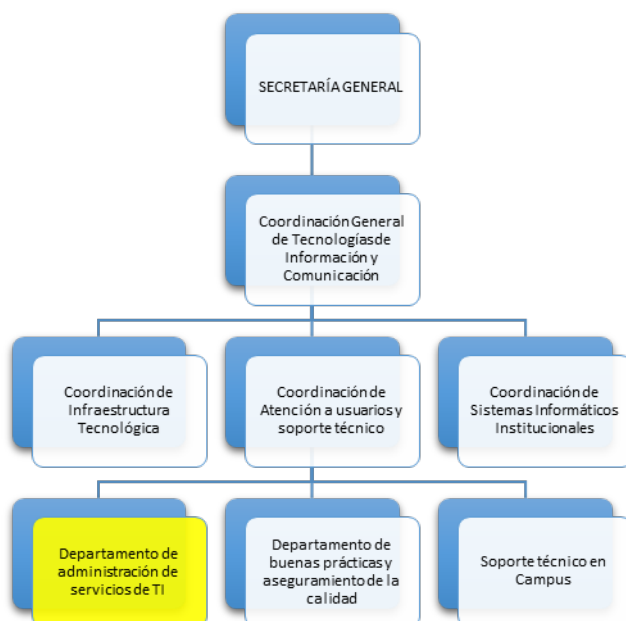


Fig. 1. Organigrama de la coordinación General de Tecnologías de Información y Comunicación de la Universidad Autónoma de Yucatán, a partir del mes de abril de 2019.

Es importante resaltar que con la reorganización de las TI de la UADY y particularmente con la creación de la Coordinación de atención a usuarios y soporte técnico, se fortalece el compromiso de la institución hacia un mayor acercamiento con la comunidad universitaria y así mismo, con la creación del Departamento de administración de servicios de TI, se potencia el desarrollo y aplicación de los marcos de referencia que permiten la calidad de los servicios como ISO 20000 e ITIL; por otra parte el Departamento de buenas prácticas y aseguramiento de la calidad tiene la encomienda de mantener implementada la norma ISO 9001:2015 y la mejora continua del procedimiento de atención a usuarios a cargo de esta coordinación.

- **Sistema de atención a usuarios**

La UADY cuenta con un sistema que es desarrollo propio, llamado **Sistema de Atención a Usuarios (SAU)**, el cual tiene como objetivo ofrecer a los usuarios, un único punto para reportar o solicitar servicios de TI, asegurando así el correcto seguimiento y atención de sus requerimientos.

Una de las primeras acciones para lograr el desarrollo de la **ventanilla única de servicios digitales**, fue integrar los catálogos de servicios contenidos en los diversos sistemas que tenían las Dependencias al SAU y la otra estrategia fue simplificar de 5 a 2 pasos el trámite a los usuarios. Estos ajustes se aplicaron en el formulario de la solicitud en línea, que se muestra en la figura 2, se eliminaron los distintos campos para clasificar el servicio al momento de la solicitud y se realizaron las adecuaciones para que pudiese aceptar las solicitudes con este nuevo formato, facilitando el ingreso de las solicitudes hacia la CGTIC.

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

COORDINACIÓN GENERAL DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

[Principal](#) [CGTIC](#) [Tecnologías](#) [Seguridad](#) [Videconferencia](#) [Telefonía IP](#) [Mantenimientos](#) [Microsoft Agreement](#) [IPv6](#) [Calidad](#)

F-SG-CGTIC-01 REV. 03

Sistema de Atención de Usuarios
Solicitud de Servicio

Políticas y Requerimientos para la Atención

Políticas:

1. Los Tiempos de atención de las solicitudes y reportes, se encuentran listados en el Catálogo de Tiempos de Atención de Servicio.
2. Cuando se ingresa un servicio que no se encuentre listado en el Catálogo de Servicios de TI o cuando se refiera a algún servicio de TI administrado por otra dependencia de la UADY. Se procederá a cerrar el servicio informando al usuario y canalizando con la dependencia o autoridades correspondientes.
3. Cuando se solicite retroalimentación al usuario como parte de la atención de un servicio, el tiempo máximo de espera será de 5 días hábiles. En caso de que no haya respuesta, el servicio será cerrado.
4. Cuando la atención del servicio haya concluido, recibirá una encuesta de satisfacción que le permitirá evaluar la atención recibida. Le pedimos llenar esta encuesta, ya que su retroalimentación es importante para la mejora continua de nuestros servicios.

Requerimientos:

1. El llenado de todos los campos del formulario es obligatorio para poder registrar su servicio.
2. Para una mejor atención, le sugerimos anexar a la descripción de su reporte o solicitud, su número telefónico directo o número de celular. Para reportes relacionados con el correo electrónico institucional, también será necesario indicar un correo electrónico alternativo.

Atención

Fecha:

Tema:

Escriba su requerimiento:

El tiempo para ingresar su requerimiento en este formulario será de 24 minutos, posteriormente los datos se guardarán y deberá llenar nuevamente la información. Si su reporte es extenso, le recomendamos escribirlo en un procesador de texto a parte y posteriormente copiar y pegar la información en el formulario.

Datos del Interesado

Nombre

Correo Electrónico

Lugar o dependencia donde se genera su requerimiento:

© Todos los Derechos Reservados, UADY 2018
Esta página puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando no se copie ni se divulgue electrónicamente, de otro forma requiere permiso previo por escrito de la institución.

Fig. 2. Formulario del Sistema de Atención a Usuarios de la Universidad Autónoma de Yucatán, para la elaboración de las solicitudes de los usuarios hacia la ventanilla única de servicios de TI de la Coordinación General de TIC.

• Calidad en los servicios de TI

El desarrollo de la ventanilla única de servicios de TI, se da en un entorno de planeación y desarrollo de los servicios de TI a cargo de la Coordinación de Atención a Usuarios y Soporte Técnico.

Para poder realizar una adecuada administración de los servicios de TI, todos los servicios de TI deben ser planeados y los planes deben contener [3]:

- 1.Los requerimientos y objetivos que serán alcanzados a través de la administración del servicio.
- 2.Los procesos que serán ejecutados.
- 3.El marco de responsabilidades y roles de los dueños de los procesos y los proveedores.
- 4.Las interfases entre los procesos de administración de servicios y la forma en la que las actividades son coordinadas.
- 5.El enfoque que se tomará para los procesos que están creando o modificando servicios.
- 6.Los recursos, facilidades y presupuesto necesario para lograr los objetivos definidos.
- 7.Las herramientas indicadas para soportar los procesos.
- 8.La administración, auditoría y mejora de la calidad en los procesos.

Con la creación del Departamento de Administración de servicios de TI, se han fortalecido los planes de los servicios de TI, logrando ampliar el alcance de la implementación del Sistema de Atención a Usuarios hacia todas las dependencias

integradas a la CGTIC, en el que se redefinieron los roles y responsabilidades de los principales actores del procedimiento de atención a usuarios.

El plan del Departamento de administración de servicios de TI se encuentra implementado y la documentación relacionada (metas, acciones, procedimientos, políticas, manuales y definiciones) se actualizan regularmente. Adicionalmente con la certificación en la norma ISO 9001:2015, los riesgos asociados a los servicios de TI, que se identificaron en la integración del personal a la CGTIC, están documentados y en tratamiento para su contención [4].

Respecto a la mejora continua, que también es parte de los requisitos del sistema de gestión de calidad, SGC, de la UADY, y en la CGTIC existe un criterio común y amplio en cuanto a la importancia que ha cobrado la calidad de los servicios que se prestan, así como la necesidad de contar con políticas que respalden y permitan el desarrollo de las estrategias dentro del área. [5] y [6]

Existen criterios en común con respecto a la importancia que implica el involucramiento de la gente en los procesos de mejora continua, mediante reuniones de trabajo periódicas, los intercambios de opinión y es muy importante la relación e intercambio de información entre los Departamentos de la CGTIC; existen también técnicas que se aplican para la discusión de diversos tópicos. Se aplican en la Institución diversos talleres y capacitación para apoyar al personal inmiscuido en dichas actividades. [7]

Para lograr el cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicios en la UADY todos los servicios de TI, dentro del alcance del SGC son acordados entre las partes involucradas estableciendo los niveles de servicio y las características particulares. Los niveles de servicio son establecidos en reuniones con los clientes en las que se generan acuerdos en función de los requerimientos del cliente, las capacidades del área y los recursos asignados. [8]

- **Mesa de servicio de TI (*Service Desk*)**

La mesa de servicio se centra en el ciclo de vida de ITIL y considera los siguientes elementos: Estrategia de servicio, Diseño del servicio, Transición del servicio: Operación del servicio y Mejora continua del servicio. [9]

La mesa de servicio es el punto de contacto con el cliente y los tres beneficios que provee a las organizaciones son [10]:

1. Mayor satisfacción del usuario final: ya que la mesa de servicios mantiene al usuario final bien informado.
2. Mayor productividad del usuario final: la mesa de servicio está identificando y diagnosticando el problema, permitiendo al usuario final continuar con su trabajo diario.
3. Mejor control de costos: la mesa de servicio asegura que la llamada se dirige o canaliza al centro apropiado para resolver el problema.

La función de mesa de servicios en la UADY se encuentra automatizada a través del Sistema de Atención de Usuarios, para lo cual cuenta con módulos que cubren cada paso del ciclo de atención incidentes definido por ITIL, incluyendo la base de conocimientos, a través de la cual se actualiza la información técnica y procedimental [11].

Para administrar los servicios se realizan mediciones del comportamiento de las atenciones y se tienen definidos objetivos de TI [12]. Estas mediciones permiten

analizar las capacidades de atención y con ellos contribuir a los objetivos institucionales de la CGTIC.

La integración de nuevo personal a la mesa de servicios existente inició el 1 de junio de 2019, en la figura 3 se muestra el comportamiento de las solicitudes por la integración del personal de TI y por la ampliación del catálogo de servicios.

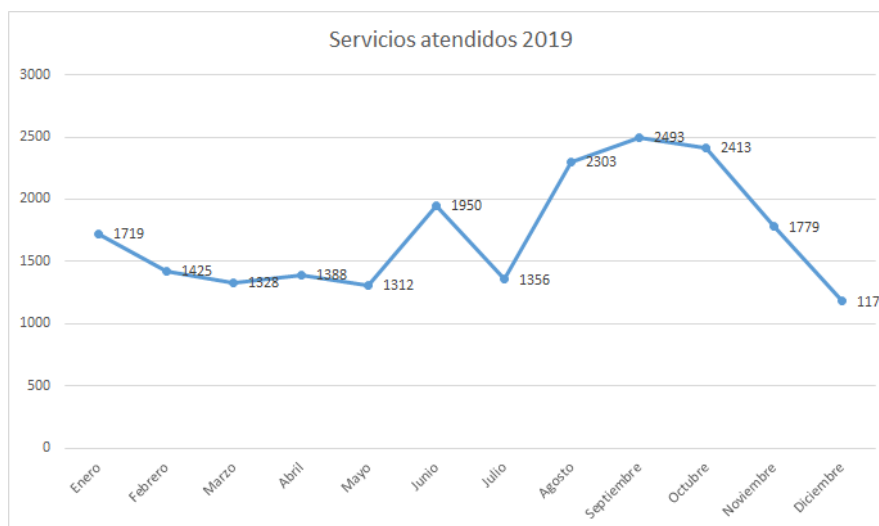


Fig. 3. Gráfica que muestra el número de servicios atendidos, a través de sistema de atención a usuarios durante el año 2019, en el mes de junio se realiza la integración de los distintos catálogos de servicios de la Dependencias integradas a la Coordinación General de TIC; las últimas semanas del mes de julio, la primera semana de agosto, así como la última semana de diciembre son periodos vacacionales en la UADY.

• Gestión de conocimiento

La UADY ha trabajado en un modelo de gestión de conocimiento que ha contribuido a la **ventanilla única de servicios de TI**, acelerando la transferencia de conocimientos hacia el personal que se integró a la CGTIC, acelerando las etapas de integración del nuevo personal a la mesa de servicios.

Con base en los procedimientos de Soporte y Provisión de Servicios de TI (P-SGCATI-01, y P-SG-CATI-03) la mesa de servicios lleva a cabo la atención de requerimientos de los usuarios de la UADY. Estas actividades requieren análisis, validación, factibilidad y ejecución de las actividades técnicas necesarias para atender una solicitud o problemática específica por parte de la mesa de servicios. [13]

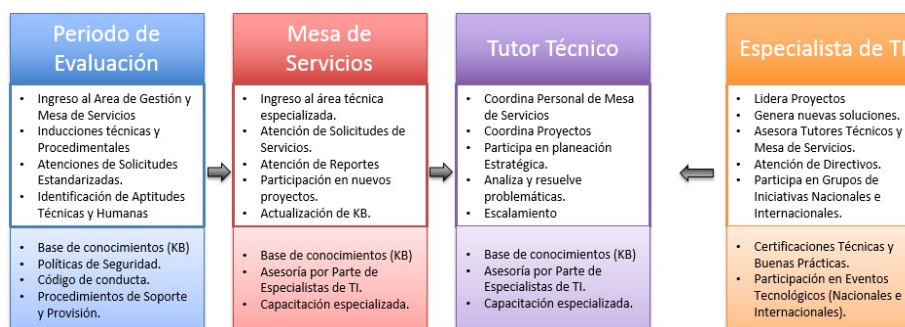


Fig. 4. Etapas para la integración del personal y evolución de su grado de conocimiento para llegar a ser Tutores técnicos quienes se vuelven expertos en un área de dominio de las tecnologías administradas en la Universidad Autónoma de Yucatán.

El modelo de gestión de conocimiento junto con las inducciones y capacitaciones proporcionadas al personal de nuevo ingreso de la CGTIC han contribuido a optimizar el tiempo de todo el personal y a lograr la certificación del Proceso de provisión de servicios de TI en el mes de noviembre del año 2019. En el reporte de la auditoría de calidad efectuada al proceso de provisión de servicios de TI de la UADY, , por un organismo acreditador externo, las conclusiones del auditor mencionan lo siguiente: “Se observa un sistema de gestión de la calidad en conformidad con la norma ISO-9001:2015 según la muestra auditada. Se tuvieron cambios organizacionales durante el año 2019, comunicados previamente a ABS QE; estos cambios fueron asimilados sin dificultad en la organización. Se observa un sistema de gestión maduro, a pesar de que ha pasado un año después de su certificación.”

4. Resultados obtenidos y su impacto

Los elementos clave identificados para lograr la implementación de la **ventanilla única de servicios de TI** son:

- 1.La existencia de un plan para administración de los servicios, con políticas, objetivos, acciones, procedimientos.
- 2.Comunicación y mayor información a los usuarios, a través de un mayor acercamiento con los distintos grupos de usuarios, para entender mejor sus necesidades, en pro de la satisfacción del cliente.
- 3.Contar con un Departamento de Administración de servicios de TI, y en consecuencia con un responsable de la coordinación y la administración de todos los servicios de TI.
- 4.Contar con el modelo de gestión de conocimientos y con dos de sus elementos clave, la base de conocimientos y personal para planear, implementar, monitorear, revisar y mejorar la entrega de servicios.
- 5.Contar con una metodología para la administración de los riesgos de la organización de la administración de servicios.
- 6.El compromiso y apoyo de las autoridades universitarias para la reorganización del personal.
- 7.El compromiso y apoyo de todo el personal que proporciona los servicios de TI.
- 8.Las adecuaciones y mejoras realizadas al sistema de atención a usuarios.

La figura 5 resume el funcionamiento de la **ventanilla única de servicios de TI**, los directivos, académicos, personal administrativo y alumnos solicitan los servicios a través de la misma, cuya herramienta para su instrumentación es el sistema de atención a usuarios, la mesa de servicios analiza y determina si puede realizar la atención, en caso de que el servicio no pueda ser atendido directamente por la mesa de servicios, el servicios es enlazado o canalizado con la Coordinación de Infraestructura Tecnológica o con la Coordinación de sistemas informáticos institucionales, en todo momento y de acuerdo a los diferentes flujos la comunicación sobre el estado del servicio se da entre mesa de servicios y las coordinaciones y entre la mesa de servicios y el usuario.

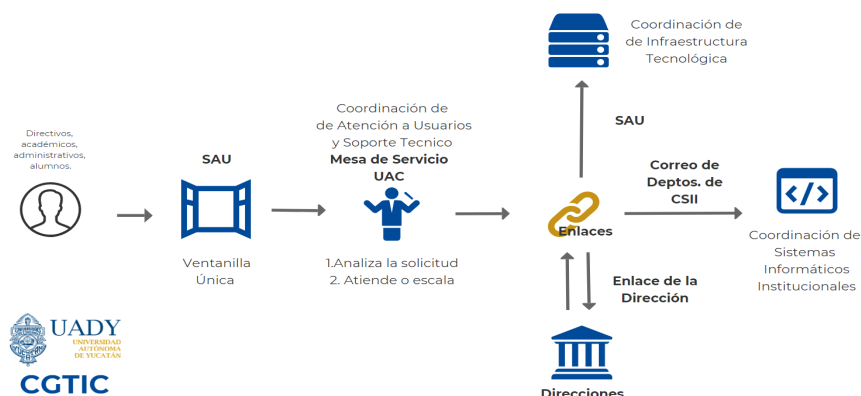


Fig. 5. Funcionamiento de la ventanilla única de servicios digitales, atiende a toda la comunidad universitaria, a través de la mesa de servicio y de las Unidades de atención en Campus (UAC) se analiza, atiende o escala las solicitudes, y trabaja en conjunto con las Coordinaciones de Infraestructura Tecnológica y de Sistemas Informáticos Institucionales.

En la figura 6 se presentan los resultados en cuanto a la atención de la demanda de servicios durante el año 2019, en donde se logró continuar otorgando los servicios a los usuarios, y con la implementación de la ventanilla única de servicios de TI, no sufrieron afectaciones o interrupciones, a pesar de todo el proceso de transición del personal a la CGTIC, se puede observar que tan solo en el segundo semestre del año hubo un incremento de más de cinco mil servicios por la ampliación del catálogo de servicios a través de la ventanilla única de servicios de TI.



Fig. 6. Gráfica de tendencias en los servicios de TI atendidos en la Universidad Autónoma de Yucatán. en el año 2019 con la creación de la Coordinación General de Tecnologías de Información y Comunicación, que inició funciones en el mes de junio del mismo año, se observa un incremento de más de cinco mil servicios.

• Impacto

Los beneficios que la Universidad Autónoma de Yucatán ha obtenido con la implantación de la **Ventanilla única de servicios de TI** son:

1. Integración de los catálogos de servicios. Atención a mayor número de usuarios sin afectación niveles de atención y calidad de servicio.
2. Descentralización. Permitiendo que los trámites sean iniciados y procesados desde distintos Campus Universitarios o desde Internet.
3. Trazabilidad. Puede ser seguido por el interesado paso a paso, conociendo su estado en todo momento a través del personal de la mesa de servicios.

4. Cumplimiento de la norma ISO 9001:2015, ISO 20000 e ITIL. El sistema de atención a usuarios es la herramienta que permite la búsqueda, almacenamiento y recuperación de la información, en el procedimiento de atención a usuarios.
5. Protección de datos personales, a través del aviso de privacidad y derechos ARCO (Acceso, Rectificación, Cancelación y Oposición).

5. Aprendizajes

En esta sección se listan aquellas acciones que han dado buenos resultados en la Universidad Autónoma de Yucatán y que, de ser replicadas bajo circunstancias o contextos similares, podrían dar los mismos o mejores resultados.

1. El 40% del personal que proporciona los servicios a través de la ventanilla única ya estaba capacitado en ITIL, aplicándolo a través del sistema de atención a usuarios.
2. El 60% del personal restante tuvo una primera capacitación en el sistema de gestión de la calidad, operación del sistema de atención a usuarios y buenas prácticas en un periodo de tres meses.
3. Contar con el modelo de gestión de conocimiento
4. Tener marcos de referencia implementados y madurez en la aplicación de buenas prácticas: ISO 20000, ITIL, COBIT e ISO 9001:2015

• Limitaciones y dificultades para adoptar el modelo

Sin duda compartir las limitaciones o dificultades que se presentaron durante el proyecto, será de beneficio para otras instituciones interesadas en adoptar el modelo, tratando de evitarlas o tomándolas en consideración para prevenir problemas similares en otros proyectos bajo circunstancias o contextos parecidos.

1. Personal con resistencia al cambio y con falta de motivación derivado de diversas problemáticas como: sueldos, situaciones personales, actitudes negativas, vicios culturales y sociales.
2. Personal que desconocía procedimientos, lineamientos y buenas prácticas.
3. Personal saturado por las funciones previas que realizaba, muchas de estas funciones siendo más de índole administrativa que de tecnológica.
4. El presupuesto requerido para el pago a personal por honorarios, quien atiende un 30% de la demanda de los servicios.

6. Impactos no esperados, la contingencia por COVID19

A continuación, se presenta un resumen de los impactos ocasionados por la contingencia por COVID-19 y donde la **ventanilla única de servicios de TI** vino a ser una valiosa herramienta para proporcionar un servicio adecuado a la comunidad universitaria. Los principales impactos relacionados con la solución son: el incremento en la demanda de los servicios, el incremento en el uso del entorno virtual y las herramientas colaborativas, el trabajo remoto del personal de la CGTIC y la aceleración en la transferencia de conocimientos.

• Aceleración de la transferencia de conocimientos

Uno de los elementos que se aceleraron derivado de la contingencia son las capacitaciones utilizando la herramienta institucional TEAMS, algunas de las capacitaciones que se impartieron a los diferentes grupos de usuarios son:

1. Capacitación a gestores tecnológicos del entorno virtual de aprendizaje para el manejo e integración de la herramienta TEAMS.

2. Capacitación a los Administradores de Tecnologías de Información de las Facultades y Escuelas para el apoyo a estudiantes con problemas de acceso a cuentas de office 365.
3. Capacitación a personal de la CGTIC para soporte en las herramientas: office 365, TEAMS y las plataformas de UADY Virtual
4. Capacitaciones específicas a profesores de algunas Facultades que solicitaron la capacitación en la herramienta TEAMS.
5. Capacitación personalizada a algunos profesores, a quienes se les asignaron proyectos específicos por la contingencia, por ejemplo. el servicio de consulta psicológica.

- **Incremento en la demanda de servicios**

En la primera quincena del mes de marzo, antes de contingencia ingresaron y se atendieron 78 a 79 servicios por día, previo a período vacacional del 17 de marzo al 5 de abril, se inicia la contingencia y se observa un incremento de requerimientos de servicios de TI con un incremento del llegando a 97 solicitudes por día. En Período vacacional del 6 al 19 de abril, prácticamente se mantiene el mismo promedio de servicios requeridos por día hábil, pero solo pudiendo liberar la mitad de los servicios que ingresaban por contar con un mínimo de personal, el 50% y el otro 50% de vacaciones. Para el reinicio de actividades administrativas, se observa un incremento muy significativo en la demanda de servicios, creciendo casi el doble, el comportamiento de ingreso y liberación de servicios se puede observar en la figura 7.

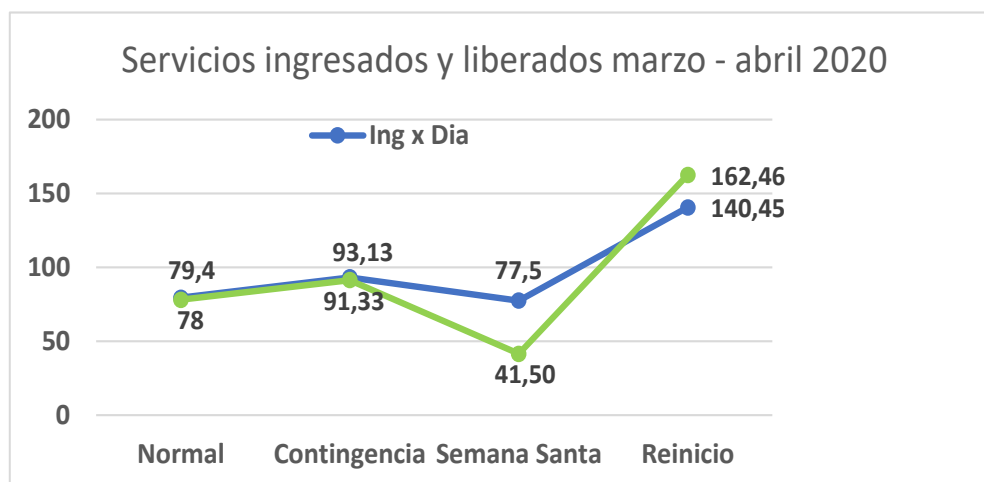


Fig. 7. Gráfica del comportamiento de los servicios de TI antes y durante la contingencia, es importante observar que también se tuvo un periodo vacacional en la Universidad, de un promedio de 79 servicios al día se llegó a 162 servicios, la capacidad de atención durante el periodo vacacional se vio afectada porque solo el 50% del personal continuó trabajando.

- **Trabajo remoto del personal de la CGTIC**

Para la atención de los servicios de TI, 46 personas laboraron en la semana del 17 al 20 de marzo, 33 empleados universitarios, 8 estudiantes que se encuentra realizando prácticas profesionales y 5 personas en un esquema de pago por honorarios. Se laboró en promedio de 7 horas por persona.

Para el trabajo remoto se requirió aplicar estándares de seguridad para protección de los datos confidenciales de la universidad, con aplicaciones institucionales necesarias para cada área:

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

El personal trabajó de acuerdo lineamientos presentado en la tabla 2 para el trabajo remoto o teletrabajo.

Tabla 2. Lineamientos y recomendaciones para el desempeño del trabajo en casa durante la contingencia por COVID-19, para el personal de la Coordinación General de Tecnologías de Información y Comunicación de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Para todo el personal	Para los jefes de departamento
<p>Acondicionar un espacio en casa que permita la mayor comodidad posible. Conexión de internet estable Establecer horarios de labores como si fuera trabajo presencial en la oficina y registrarlo en la plataforma indicada. Definir un horario para comer y descansar. Tener equipo de cómputo para realizar el trabajo (de preferencia de la institución, pero eso no implica que no se pueda trabajar con equipos personales) Reportar las actividades realizadas a los jefes de departamento.</p>	<p>Dar continuidad a la ejecución de los planes de actividades y validar cumplimiento de los objetivos del departamento durante la contingencia. Elaborar el reporte ejecutivo semanal a Coordinador y Directivos</p>

- **Incremento en la utilización del Entorno Virtual de Aprendizaje y herramientas colaborativas**

Se experimentó un incremento en las solicitudes de soporte a usuarios de Office 365, como: recuperación de contraseña, creación de cuentas, soporte al servicio de TEAMS. La demanda de soporte aumento de 253 solicitudes previas a la contingencia, en el mes de febrero, a un pico de 1026 solicitudes durante el periodo de contingencia durante el mes de abril, un aumento del 305% en la demanda de soporte por parte de los usuarios.

En ninguno de los casos anteriores se ve que el periodo vacacional afectara la demanda por parte de los usuarios. En la figura 8 se presenta este comportamiento en la demanda de solicitudes relacionadas con cuentas de office 365.

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

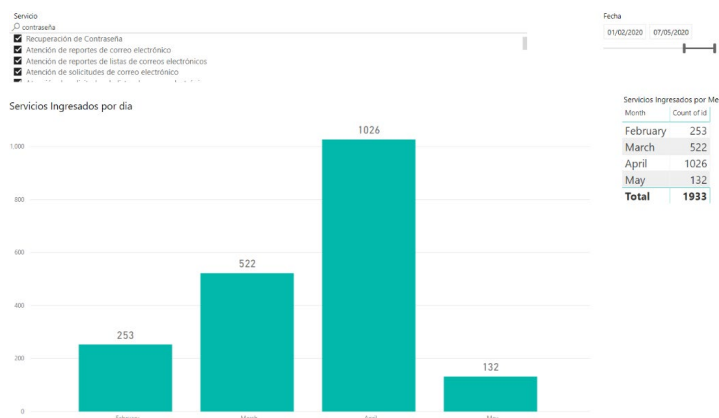


Fig. 8. Comportamiento de las solicitudes de atención de cuentas de usuarios de office 365, antes y durante la contingencia por COVID-19, esta herramienta es requerida para acceso a diversos servicios entre ellos el entorno virtual de aprendizaje de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Agradecimientos

A mi Dios por la vida, la familia, la salud y el trabajo.

A mis hijos, Sofy, Juan Pablo y Samanta que siempre me apoyan y me demuestran su amor, cariño y comprensión.

A mi esposo Miguel Briceño, por ser mi inspiración y mi motor en todas las iniciativas y proyectos.

A las autoridades de la Universidad Autónoma de Yucatán y al Mtro. Sergio Cervera por su confianza para el desarrollo de este proyecto.

Al personal de la Coordinación de Infraestructura Tecnológica, cuyo titular es el Mtro. Israel Novelo.

Al personal y alumnos de la Coordinación de Atención a Usuarios y Soporte Técnico por su compromiso y entrega para la implementación de este proyecto.

Referencias

- 8** Marcos, MS. Manual para la elaboración de Tesis I MATI-PGIT. Editorial Trillas. ITESM. Segunda edición. Universidad Virtual. (1998)
- 9** Universidad Autónoma de Yucatán. Acta número 391 del consejo universitario. Recuperado el 5 de mayo de 2020 en el URL: http://www.consejo.uady.mx/pdf/actas/XVIII_CU_ACTA_391.pdf
- 10** Moyano Fuentes J., ...{et. al] Gestión de la calidad en empresas tecnológicas : de TQM a ITIL /.Pie de Imprenta Paracuellos de Jarama, Madrid : Starbook, 254 p. : il., gráf. ; 24 cm. (2010)
- 11** Jan van Bon ... [et al.], Fundamentos de la gestión de servicios de TI : basada en ITIL®V3 / Edición 3a ed.Pie de Imprenta [Zaltbommel] : Van Haren Publishing, (2008)
- 12** ISACA. COBIT 5: Un Marco de Negocio para el Gobierno y la Gestión de las TI de la Empresa. Rolling Meadows: ISACA. (2012)
- 13** Frantz, M. G.. The Evolution of the IT Help Desk to the Service Desk An Examination

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

- of Current and Future Trends. (2007)
- 14** Harcenko, M., Dorogovs, P., & Romanovs, A. IT Service Desk Implementation Solutions. Scientific Journal of Riga Technical University. Computer Sciences, 42(1), 68–73. <https://doi.org/10.2478/v10143-010-0044-4>. (2011)
 - 15** Jaramillo, D. D. N., Gonzalez, M. C. R., & Martínez, H. C. C.. Diseño e implementación de mesa de ayuda para el área de informática de RTVC, 37–43. Retrieved from [https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/751/DISENO E IMPLEMENTACION DE MESA DE AYUDA PARA EL AREA DE INFORMATICA DE RTVC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/751/DISENO_E_IMPLEMENTACION_DE_MESA_DE_AYUDA_PARA_EL AREA_DE_INFORMATICA_DE_RTVC.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (2014)
 - 16** Paredes, M., Pailiacho, V., & Robayo, D. Optimización de los procesos de mesa de ayuda : Un Enfoque desde ITIL. Revista Espacios, 39(51), 20–37. (2018) Retrieved from <http://www.revistaespacios.com/a18v39n51/a18v39n51p20.pdf> (2018)
 - 17** López De la Madrid, M. Estudio sobre la implementación del software Help Desk en una institución de educación superior. PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad, 8(14), 3. <https://doi.org/10.18381/pk.a8n14.298> (2018)
 - 18** Fernanda, L., Gómez, Q., & Villamil, H. P.. Dialnet-ModeloBasadoEnITILParaLaGestionDeLosServiciosDeTIE-6409604 (2). <https://Dialnet.Unirioja.Es>, 22(04), 371–380. (2017)
 - 19** Sánchez Peña, Juan José, et al. “ITIL, COBIT and EFQM: Can They Work Together?” International Journal of Combinatorial Optimization Problems & Informatics, vol. 4, no. 1, Jan., pp. 54–64. EBSCOhost, search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=85332537&lang=es&site=ehost-live. (2013)
 - 20** Actas TICAL 2019. Novena Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación en Instituciones de Educación Superior “El genoma estudiantil y la metamorfosis digital universitaria” Capítulo 10. Transformando los servicios hacia la mejora de la experiencia del usuario. Pag. 435 – 454, consultado en el URL: https://www.redclara.net/images/TICAL/Actas_TICAL2019.pdf (2019)
 - 21** Horst, K., & Richter, W. Rediseño del proceso de atención y gestión de solicitudes informáticas en la mesa de ayuda del servicio de salud metropolitano sur oriente. (2017)
 - 22** De, I., Tema, S., Elías, J., Villalva, M., Joseph, J., Herrera, M., ... Nosotros, G. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL CARRERA: INGENIERÍA DE SISTEMAS Reestructuración de la mesa de servicios para mejoras en el control de incidentes, basadas en ITIL V3. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12324/1/UPS-GT001642.pdf> (2016)

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

TELECOVID19 UDEC
Plataforma gratuita de “Evaluación de riesgo Covid-19”
desarrollada por la Unidad de Telemedicina de la
Universidad de Concepción, Chile

Angélica Avendaño Veloso*, Felipe Parada Hernández*

*Unidad de Telemedicina, Facultad de Medicina, Universidad de Concepción

Resumen. Gracias a su larga y exitosa trayectoria en el ámbito de la telesalud, la Universidad de Concepción, a través de su Facultad de Medicina y la Unidad de Telemedicina, lanzó el sistema de teleconsultas <https://coronavirus.udec.cl/> Esta iniciativa, que nace con la finalidad de apoyar el trabajo que se realiza en medio de la crisis sanitaria que afecta a todo el mundo, se caracteriza por articular a distintos actores críticos en el manejo de la pandemia, contando con el apoyo del Gobierno Regional del Biobío (Centro sur de Chile), las secretarías regionales ministeriales de Salud y de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, el Colegio Médico, REUNA y las universidades Católica de la Santísima Concepción, San Sebastián y Andrés Bello, instituciones que se propusieron implementar un sistema de telemedicina, para colaborar en el abordaje de la infección COVID-19, atendiendo pacientes en modalidad de teleconsulta con un profesional médico, todo ello en forma voluntaria y sin costos para la comunidad.

1. Introducción

La medicina cuenta actualmente con un desarrollo de opciones terapéuticas mayor que nunca antes en su historia, en cuanto a su cantidad y calidad. En contraste, una preocupación fundamental, y que aún no ha sido resuelta, es la capacidad del sistema de salud de llegar a todas las personas que requieren de estas terapias, en forma efectiva, equitativa y oportuna.

En este contexto, el desarrollo de tecnologías que apoyen a los sistemas clínicos y de gestión de servicios médicos, brindan una oportunidad única para acortar estas brechas de cobertura y, de esa forma, lograr el desarrollo de un sistema de salud más justo y eficaz.

Es así como surge la telemedicina, un concepto definido por la Organización Mundial de la Salud como “la distribución de servicios de salud en la que la distancia es un factor crítico, donde los profesionales de la salud usan las tecnologías de información y comunicaciones para el intercambio de información válida para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades o daños, investigación y evaluación, y para la educación continua de los proveedores de salud pública, todo ello en interés del desarrollo de la salud del individuo y su comunidad” .

La Unidad de Telemedicina de la Universidad de Concepción (Telmed-UdeC) se formó el año 2005, con el propósito de incluir el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la formación de estudiantes de pre y postgrado del área de la salud.

Su misión es promover la telemedicina desde la Universidad de Concepción, para permitir su desarrollo como disciplina modernizadora e influir positivamente en la innovación del currículum y

en los procesos asistenciales de las instituciones de salud. Cuenta con un equipo multidisciplinario, conformado por médicos especialistas, profesionales de la salud, ingenieros, administrativos y alumnos.

A nivel académico, Telmed-UdeC apoya la formación de pre y postgrado con la implementación de la asignatura electiva “Introducción a la Telemedicina”, para las carreras de la salud de la Universidad de Concepción. Participa en la Catedra Internacional de Telemedicina, en conjunto con otras Facultades de Medicina de Argentina, Colombia, México y España. Además, imparte el Diplomado en Telemedicina y Tecnologías de Información en Salud, orientado a profesionales de la salud y otras áreas afines, que se desempeñan en instituciones y establecimientos de salud en Chile y Latinoamérica, con la finalidad de generar capital humano avanzado en la gestión, uso e implementación de telemedicina y telesalud, en los ámbitos de la práctica asistencial, trabajo colaborativo interdisciplinario y el uso de tecnologías de información y comunicación en salud ,en el marco de los nuevos paradigmas de salud a nivel mundial.

En el ámbito de Investigación y Desarrollo, ha participado y participa en diversos grupos de colaboración, como la Asociación Iberoamericana de Telesalud y Telemedicina (AITT), la Asociación Chilena de Informática en Salud (ACHISA), el Centro Nacional en Sistemas de Información en Salud (CENS), iniciativa que creó, en abril de 2020, la primera “Guía de Buenas Prácticas y Recomendaciones para el uso de Telemedicina durante la epidemia de COVID-19 en Chile”; la Red Iberoamericana de Salud Digital (RISAD), donde es parte de la Directiva Vicepresidencia) de esta institución.

Con la experiencia y proyectos realizados durante estos años ha logrado

sistematizar el conocimiento dando origen a publicaciones en revistas de alto impacto, capítulos de libros, libros y ha permitido crear, diseñar e implementar el Modelo b-Health en Telemedicina. La red de contactos generados durante estos años ha permitido realizar el Congreso Internacional de Telemedicina, Telesalud y Salud Digital, primero en Chile con la asistencia y participación de más de 220 congresales de Iberoamérica, USA y Europa..

2. Antecedentes

Promover el uso de las TIC, para que logren un impacto positivo, tanto a nivel de innovación curricular en la academia, como a nivel sanitario, apoyando los procesos de gestión clínica, y mejorando el acceso oportuno a una salud especializada, para todas las personas que lo requieran, sin importar donde se encuentren, es uno de los objetivos principales de Telmed-UdeC.

Para ello, ha desarrollado numerosos proyectos que apoyan la gestión asistencial de diferentes Servicios de Salud, desde Arica hasta Chiloé. Estas iniciativas, mejoran el acceso y oportunidad a la medicina de especialidad de usuarios del sistema público de salud chileno, en áreas como radiología, oftalmología, dermatología, gastroenterología y cardiología, entre otras.

La herramienta utilizada para ello es el servicio de videoconferencia de REUNA, PLAZA, que, mediante sus soluciones Vidyó y Zoom, ha permitido a la Unidad llevar a cabo anualmente cientos de horas de videoconferencia, tanto en el ámbito académico como clínico, y llegar con sus estrategias en telemedicina a lugares remotos, tales como Arica, Chiloé, Isla Juan Fernández, entre muchos otros, atendiendo a más de 60 mil pacientes de todo Chile.

3. TELECOVID19 UDEC

Gracias a su larga y exitosa trayectoria en el ámbito de la telesalud, la Universidad de Concepción, a través de su Facultad de Medicina y la Unidad de Telemedicina, lanzó el sistema de teleconsultas <https://coronavirus.udec.cl/>. Esta iniciativa, que nace con la finalidad de apoyar el trabajo que se realiza en medio de la crisis sanitaria que afecta a todo el mundo, se caracteriza por articular a distintos actores críticos en el manejo de la pandemia, contando con el apoyo del Gobierno Regional del Biobío (Centro sur de Chile), las secretarías regionales ministeriales de Salud y de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, el Colegio Médico, REUNA y las universidades Católica de la Santísima Concepción, San Sebastián y Andrés Bello, instituciones que se propusieron implementar un sistema de telemedicina, para colaborar en el abordaje de la infección COVID-19, atendiendo pacientes en modalidad de teleconsulta con un profesional médico, todo ello en forma voluntaria y sin costos para la comunidad.

El portal, ofrece gratuitamente un formulario de “Evaluación de riesgo Covid-19”, en el que se le consulta al usuario si ha tenido contacto con una persona con Covid-19 probable o confirmado, si presenta síntomas y si pertenece a alguno de los grupos de riesgo (enfermedad crónica, adulto mayor, cáncer o padecimiento respiratorio).

Para el desarrollo tecnológico de este portal, la Unidad de Telemedicina UdeC utiliza la plataforma de videoconferencias provista por REUNA, plaza.reuna.cl, a través de la cual se realizan las teleconsultas y, además, para responder a las consultas en línea y el funcionamiento del algoritmo, se complementa los recursos computacionales de la Universidad de Concepción con servidores virtuales provistos por REUNA, a través del servicio de +Espacio (spacio.reuna.cl), donde se encuentra hospedado el sitio web y se realiza el procesamiento de los datos entregados por los usuarios.

El diagrama de flujo base de la operación del sistema se muestra en la figura 1.



Fig. 1. Gráfico flujo de procesos de sistema TeleCOVID19 UdeC.

Según la información que se proporcione, el sitio web entrega una serie de recomendaciones; en caso de que el paciente registre contacto sospechoso, manifieste síntomas y adscriba a algún grupo de riesgo, la plataforma derivará a una teleconsulta gratuita con un profesional médico.

A modo de resumen, el sistema desarrollado consta de los siguientes componentes:

- Plataforma web para evaluación de riesgo COVID-19
- Algoritmo de evaluación de acuerdo con la definición de caso sospechoso (Ministerio de Salud)
- Plataforma Teleconsulta (Zoom®) para videoconferencia y llamada telefónica
- Reclutamiento Médicos Voluntarios
- Creación SOME Virtual (Personal Administrativo Fac. Medicina UdeC)
- Coordinación con Servicios de Salud y Seremis para derivación de pacientes
- Reuniones clínicas periódicas de actualización y capacitación en Covid-19

En el presente documento se describirán los componentes tecnológicos y resultados obtenidos a la fecha.

4. Algoritmo evaluación de riesgo infección por SARS-COV-2 “TeleCOVID19 UdeC”

A través del modelo de Evaluación de Riesgo de Infección por SARS-Cov-2, los eventuales pacientes que se sienten afectados por COVID-19 pueden consultar desde sus hogares y a través de internet, en la página <https://coronavirus.udec.cl>, respondiendo un cuestionario simple de cinco preguntas de acuerdo a la norma ministerial vigente, si son sospechosos de infección por coronavirus, asociado a un algoritmo de clasificación de riesgo, podrán optar a una teleconsulta con profesional médico, quien identificará signos y síntomas que pudieran asociarse a dicha infección.

El médico en línea realizará la anamnesis pertinente al caso y realizará acciones asociadas a la contención, educación y orientación a los pacientes en relación a: a)

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

Realización de Test por PCR; b) Traslado a Centro de Salud; c) Cuarentena y d) Otras condiciones no asociadas a COVID-19.

Es así como aplicando el desarrollo tecnológico de la Unidad de Telemedicina de la Universidad de Concepción y que coloca a disposición del Gobierno Regional y sus SEREMI, se logra armar una red con el apoyo de las facultades de medicina de las otras universidades en la región del Biobío, sumado al apoyo del Colegio Médico de la región y la Red Universitaria Nacional (REUNA), lo cual ha permitido contar en la actualidad con más de 230 médicos voluntarios, para esta estrategia y todo el soporte técnico necesario.

Las preguntas a las que debe responder el paciente son solo cinco, y se muestran en la figura 2:

Unidad de Telemedicina, Facultad de Medicina, Universidad de Concepción
Chacabuco esq. Janequeo S/N, Concepción
www.telmed.udec.cl

Fig. 2. Cuestionario de evaluación de los pacientes.

Las opciones de respuesta frente a los resultados de las preguntas antes descritas son las siguientes:

- MG: Medidas Generales
- Q: Cuarentena
- TC: Teleconsulta
- TC + Pregunta 5 = “SI”: Usuario se deriva a Teleconsulta con Prioridad Alta

Un ejemplo de aplicación del algoritmo se presenta en la Tabla 1 que se muestra a continuación:

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

Tabla 1. ejemplos de posibles resultados de las consultas de los pacientes.

Resultados																	
	Caso 1	Caso 2	Caso 3a	Caso 3b	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	Caso 10	Caso 11	Caso 12	Caso 13	Caso 14	Caso 15	Caso 16
1	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI
2	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
3	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI
4	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI
5	-	-	NO	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OBS	MG	Q + MG	Q + MG	TC	TC	TC	TC	TC	TC	MG	MG	MG	MG	TC	TC	TC	TC

4.1 Descripción de las acciones frente a las respuestas obtenidas por los pacientes

a) Cuarentena y medidas generales

USTED NO NECESITA ASISTIR A CENTRO DE SALUD NI REALIZARSE EL TEST

Si no presenta síntomas, no necesita atención médica ni realizarse el test. Sin embargo como ha tenido contacto con un caso sospechoso o confirmado, usted tiene indicación de **AISLAMIENTO DOMICILIARIO (CUARENTENA)** durante 14 días, posterior al contacto con el caso probable o confirmado de COVID-19.

Le rogamos estar atento a la aparición de síntomas, tales como **tos, fiebre mayor a 37,8°C y dificultad respiratoria**. En la mayoría de los casos aparecen en los 5 días posteriores a la exposición.

En caso de aparición de los síntomas antes mencionados, rogamos ingresar nuevamente a la plataforma para posible teleconsulta con profesional médico.

Le sugerimos descargar documento ministerial sobre las indicaciones del aislamiento domiciliario en el siguiente [link](#).

Además es prioritario mantener las medidas generales de prevención del coronavirus

b) Medidas generales

USTED NO NECESITA ASISTIR A CENTRO DE SALUD NI REALIZARSE EL TEST

Si no presenta mayores síntomas, no necesita atención médica ni realizarse el test. Evite asistir a lugares con aglomeración de personas y los desplazamientos en general. La prevención es de suma importante, tanto para usted como su familia.

Le rogamos estar atento a la aparición de los síntomas de la COVID-19: **tos, fiebre mayor a 37,8°C y dificultad respiratoria**.

En caso de aparición de todos los síntomas antes mencionados, rogamos ingresar nuevamente a la plataforma para posible teleconsulta con profesional médico, evite asistir a centros de salud para evitar posibles contagios.

Si es estrictamente necesario salir o bien no puede realizar aislamiento social, es de suma importancia el uso de mascarillas, tanto en transporte público o si debe asistir a lugares donde pudiese haber aglomeración de personas (supermercados, ferias, centros de salud, entre otros).

Además, es prioritario mantener las medidas generales de prevención del coronavirus.

Como es parte de un grupo de riesgo de complicaciones, también recomendamos evitar contactos innecesarios:

- Evite supermercados y malls, sobre todo en horarios punta. Solicite a algún miembro de su familia ayuda en sus compras
- Evite contacto con personas enfermas

Se recomienda usar mascarillas en espacios donde pudiera haber aglomeraciones y también en el transporte público

c) Derivado a Teleconsulta con profesional médico

Este resultado indica al usuario que será derivado a Teleconsulta para ser atendido por un profesional médico, previo registro de sus datos en el formulario como se muestra en la siguiente imagen:

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

USTED SERÁ DERIVADO A TELECONSULTA CON PROFESIONAL MÉDICO

Sus síntomas pueden estar asociados a COVID-19, por lo que será atendido por un profesional médico, en modalidad de **TELECONSULTA**, para su evaluación **(SERVICIO DISPONIBLE SÓLO PARA CHILE)**.

De forma inmediata queda con indicación de **AISLAMIENTO DOMICILIARIO (CUARENTENA)** durante 14 días, posterior a la aparición de los primeros síntomas. Debe informar a sus familiares cercanos o personas que haya tenido contacto, para que estén atentos a la aparición de síntomas.

Favor completar el siguiente formulario para su atención, la información que entregue a continuación será debidamente resguardada.

RUT
 - DV

Nombre

Apellido Paterno

Apellido Materno

Sexo
--Seleccione--

Fecha de Nacimiento
--D-- --Mes-- --Añ--

Dirección

Región
--Seleccione--

Comuna
--Seleccione--

Teléfono (para whatsapp)
+56 9

Email

Previsión
--Seleccione--

Acepta los [Términos y Condiciones del Servicio de Teleconsulta](#)

Como es parte de un grupo de riesgo de complicaciones, también recomendamos evitar contactos innecesarios:

- Evite supermercados y malls, sobre todo en horarios punta. Solicite a algún miembro de su familia ayuda en sus compras
- Evite contacto con personas enfermas

Se recomienda usar mascarillas en espacios donde pudiera haber aglomeraciones y también en el transporte público

Una vez completados los datos en el formulario, la plataforma mostrará un mensaje confirmando que la solicitud ha sido enviada como se ve en la siguiente imagen:

¡Su solicitud ha sido enviada!

Para ingresar al Servicio de Teleconsulta, haga clic [AQUI](#)

El servicio de teleconsulta es gratuito y se encuentra disponible de lunes a domingo de 10:00 a 19:00 horas, dependiendo de la disponibilidad de nuestros médicos voluntarios.

La videollamada se realiza con el software Zoom, por lo que debe descargar el programa en los siguientes links: (PC, Mac, App Store, y Google Play).

Para quienes no puedan acceder a la teleconsulta por videoconferencia, favor llamar al número telefónico:

 **+56 41 2560288 e ingrese ID: 5278645499#**

Junto con este mensaje de aviso en la web, el sistema envía automáticamente un correo de notificación al usuario, como se muestra a continuación:

Se ha notificado a PACIENTE XXXXXXXXXXXXXXXX
RUT: XXXXXXXXXXX, con Sospecha de Infección por

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

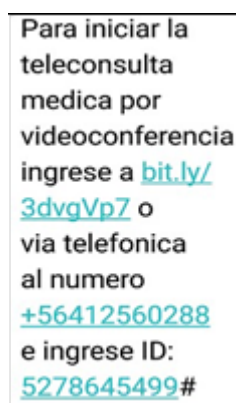
COVID-19.

Para acceder a la Teleconsulta por Videoconferencia debe hacer click AQUÍ y lo debe realizar con el programa ZOOM® (Descargar aquí).

Le recordamos que el Servicio de Teleconsulta Médica se encuentra disponible sólo de 10:00 a 19:00 hrs, agradecemos conectarse dentro de ese horario.

Para quienes no puedan acceder a la teleconsulta por videoconferencia, favor llamar al número telefónico +56 41 2560288 e ingrese ID: 5278645499#.

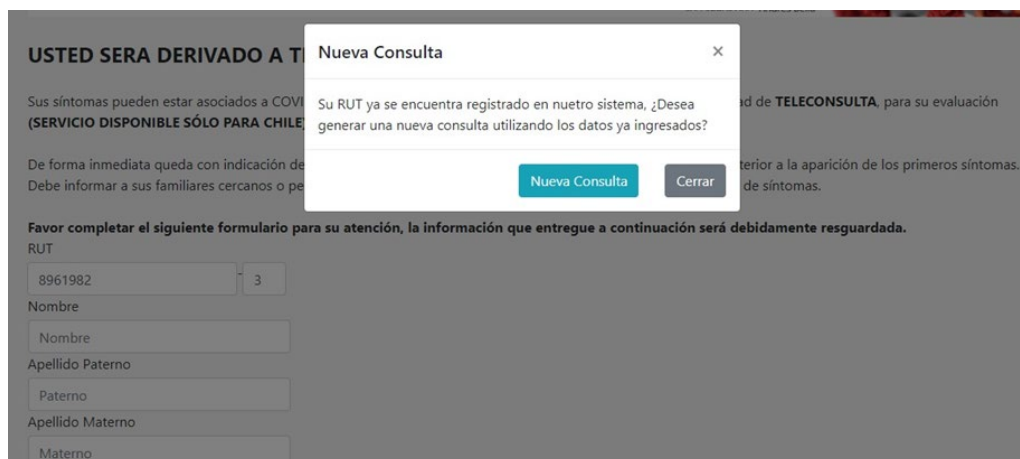
Además, el sistema se conecta automáticamente con la mensajería de texto SMS y envía un mensaje al usuario, como se muestra a continuación:



Para iniciar la teleconsulta medica por videoconferencia ingrese a bit.ly/3dvqVp7 o via telefonica al numero [+56412560288](tel:+56412560288) e ingrese ID: [5278645499#](#)

Una vez registrados los datos, los usuarios serán registrados en un portal web médico, donde ingresarán los médicos para realizar las Teleconsultas.

Si un usuario ingresa nuevamente a la plataforma y el algoritmo determina que es derivado a Teleconsulta con profesional médico, cuando éste ingrese nuevamente el RUT (ID) en el formulario de registro, el sistema mostrará una alerta donde indicará que el usuario está ya registrado y consultará si se desea enviar una nueva solicitud para atención de Teleconsulta, como se muestra en la siguiente imagen:



USTED SERA DERIVADO A T

Sus síntomas pueden estar asociados a COVID-19. (SERVICIO DISPONIBLE SÓLO PARA CHILE)

De forma inmediata queda con indicación de... Debe informar a sus familiares cercanos o pe...

Favor completar el siguiente formulario para su atención, la información que entregue a continuación será debidamente resguardada.

RUT

8961982 3

Nombre

Nombre

Apellido Paterno

Apellido Materno

Materno

Nueva Consulta [X]

Su RUT ya se encuentra registrado en nuestro sistema, ¿Desea generar una nueva consulta utilizando los datos ya ingresados?

Nueva Consulta **Cerrar**

5. Acceso al portal web médico

Para ingresar al portal web, el profesional médico deberá ingresar su nombre de usuario y contraseña, el cual tiene el siguiente formato:

Una vez ingresado, el médico tendrá acceso al listado de pacientes previamente asignados por los usuarios administrativos, para que así realice la Teleconsulta.

Las acciones a realizar por los médicos, son las siguientes:

1. Realizar Anamnesis según protocolo para teleconsulta virtual y registrar comorbilidades.
2. Realizar indicación pertinente al caso, la cual puede ser:
3. Enviar notificación por mail de TRASLADO o TEST al paciente y/o Servicio de Salud de referencia.

6. Acciones médicas a realizar

a) Realizar Anamnesis

Esta acción permite al médico registrar y seleccionar toda la información que considere importante para realizar la Teleconsulta y que apoyen en la Evaluación de Riesgo en la Detección del Coronavirus COVID-19.

Permite al médico ingresar comorbilidades del paciente, los cuales deben ser seleccionados:

Hipertensión Arterial – Diabetes – Enfermedades Cardíacas – Asma – EPOC – Enfermedad Renal Crónica – Cáncer – VIH+

También aparecen los datos demográficos del paciente y el resultado de las respuestas ingresadas por éste en el cuestionario inicial en la plataforma.

b) Realizar Indicación pertinente al caso

El médico debe seleccionar, además, la Indicación a seguir por parte del paciente. Las indicaciones médicas posibles son:

- TEST: Esta tarea indica “caso sospechoso” que debe confirmarse con Test por PCR para coronavirus.
- HOSPITALIZACION: Esta tarea indica al paciente que deberá trasladarse lo más pronto posible a su Centro Asistencial más cercano. (Esta indicación tiene otra tarea asociada que se detalla más adelante una vez que el médico termine la Anamnesis)
- CUARENTENA: Esta tarea indica al paciente que deberá quedarse en su domicilio a realizar la cuarentena correspondiente.
- OTRO: Esta tarea indica que los síntomas presentados no se asociarían a COVID-19.

c) Enviar documento de notificación por mail de HOSPITALIZACIÓN o TEST al paciente

En el caso que el médico haya seleccionado la indicación: HOSPITALIZACION o TEST, se enviará automáticamente desde la plataforma un mail al paciente, con los documentos de la Consulta de Telemedicina, como se muestran a continuación:

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
"La ruta digital de una Universidad inteligente"
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*



Con esto, el médico termina sus tareas en la plataforma y se cierra el flujo del sistema.

El portal web permite, además, a los otros usuarios del sistema, visualizar e imprimir los informes realizados por los médicos.

2. Diagrama de Flujo de Procesos de Sistema TeleCOVID19 UdeC

A continuación, Figura 3, se detalla el proceso completo del sistema TeleCOVID19 desarrollado por la Universidad de Concepción:

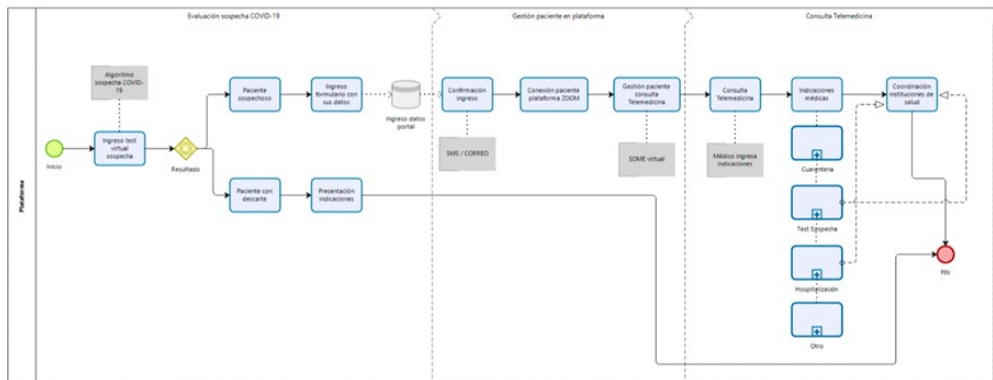


Fig. 3. Diagrama de Flujo.

7. Resultados obtenidos

En términos globales, al 26 de mayo del presente año, se habían registrado cerca de un millón y medio de ingresos en la plataforma, siendo un 75% proveniente desde usuarios en Chile, y realizado 701 teleconsultas, de las cuales 197 fueron derivadas a cuarentena. Un dato destacable es la participación de los médicos en forma voluntaria, los que a esa fecha alcanzaban a 164 profesionales inscritos, tal como se muestra en la figura 4.

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
"La ruta digital de una Universidad inteligente"
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

- 1.366.472 ingresos a plataforma TeleCOVID19 UdeC
- 164 médicos voluntarios inscritos
- 563 Teleconsultas realizadas
 - 189 derivaciones a test
 - 173 derivaciones a cuarentena
 - 25 derivaciones a centros de salud
 - 176 consultas NO COVID-19

Pais	Usuarios	Región	Usuarios
Chile	1.017.282	Metropolitana	693.869
Colombia	192.082	Biobío	77.918
República Dominicana	35.890	Valparaíso	55.886
México	23.870	Araucanía	43.683
EE.UU.	13.221	Antofagasta	24.994
Bolivia	12.761	Maule	24.085
Argentina	10.433	Los Lagos	22.049
Venezuela	8.345	O'Higgins	20.201
Guatemala	6.718	Coquimbo	16.776
Ecuador	6.707	Ñuble	11.239
		Tarapacá	10.122
		Los Ríos	9.772
		Magallanes	9.096
		Atacama	6.334
		Arica y Parinacota	6.005
		Aysén	2.442



Fig. 4. Principales estadísticas al 13 de abril de 2020.

En la figura 5 se muestran las teleconsultas realizadas en el periodo del 21/03/2020 a 26/05/2020 (total 701), las barras azules (parte izquierda del eje Y) muestran las teleconsultas realizadas por día. La línea verde (parte derecha del eje Y) muestra el acumulado de teleconsultas.

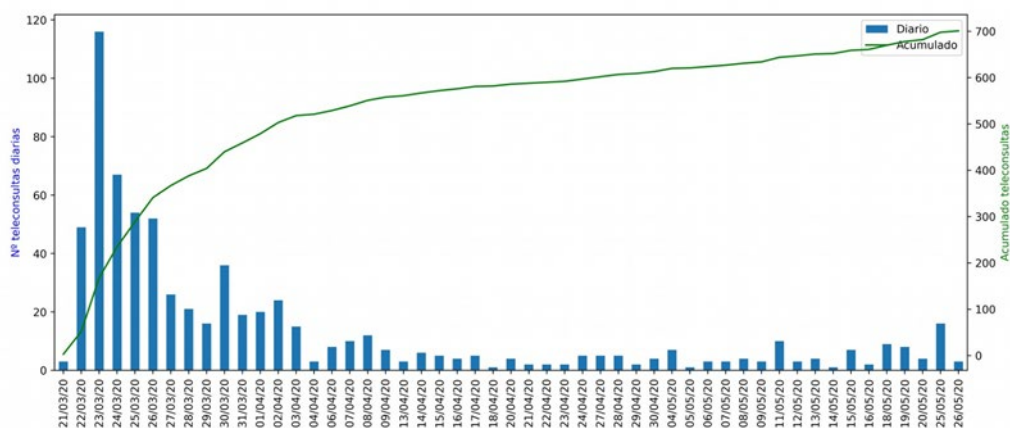
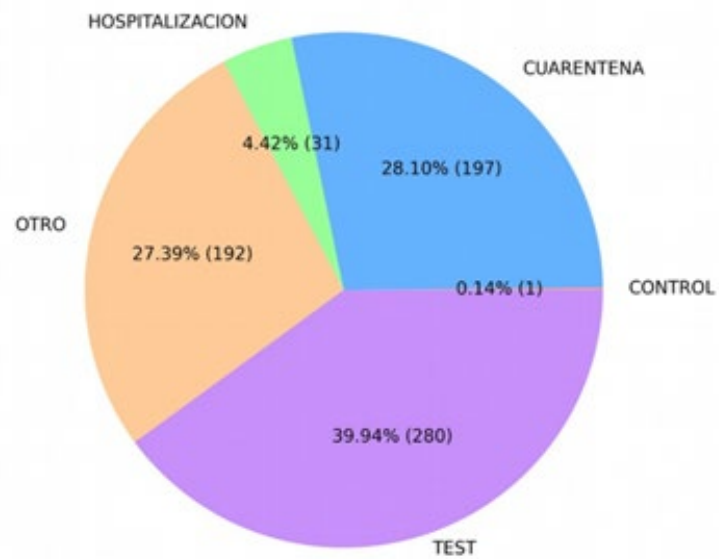
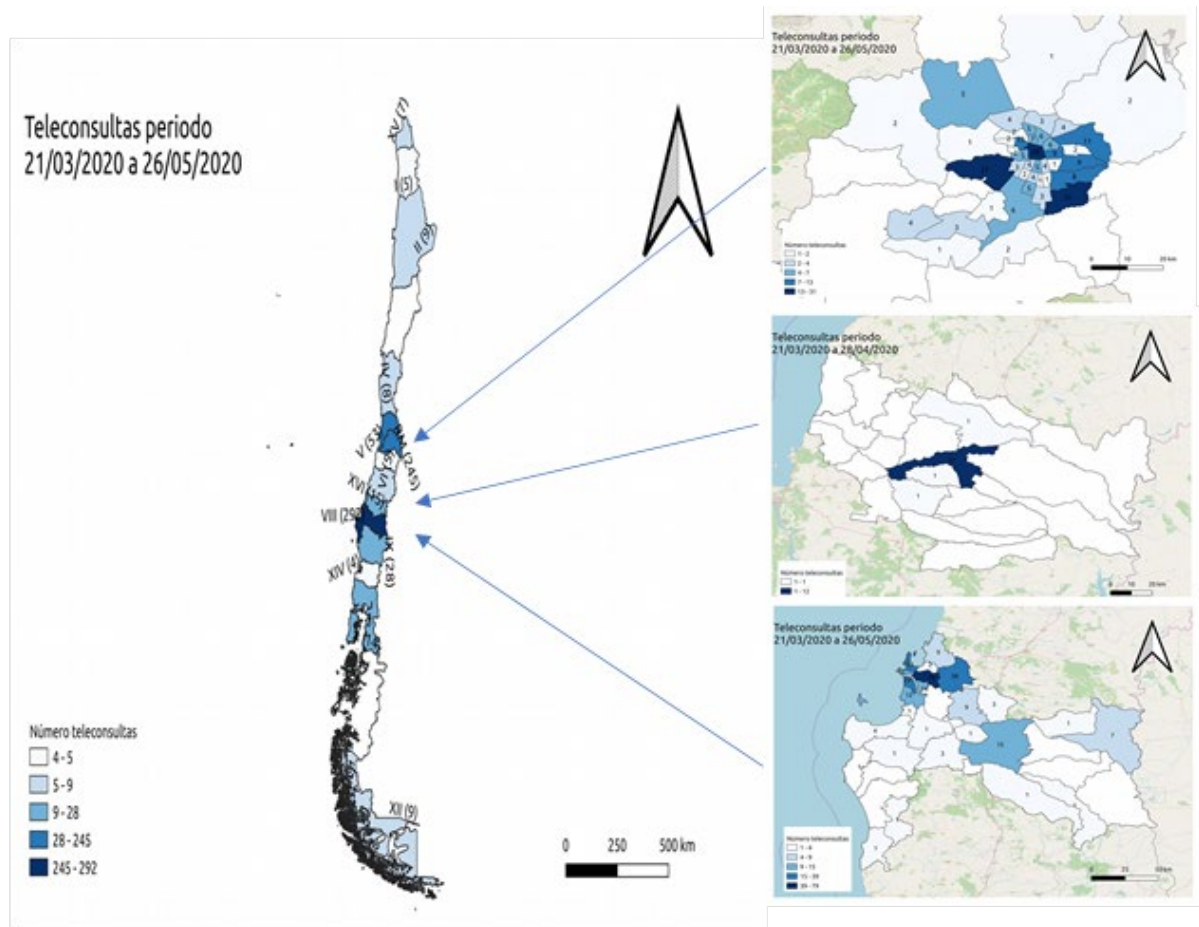


Fig. 5. Teleconsultas realizadas en el periodo del 21/03/2020 a 26/05/2020.

A continuación, se muestra la indicación realizada en dichas teleconsultas en porcentaje y números absolutos (entre paréntesis):



Distribución geográfica de las teleconsultas:



8. Conclusiones

No cabe duda que la actual crisis sanitaria que afecta al mundo entero ha traido muchos desafíos a los sistemas de salud de los países afectados, teniendo que centrar la atención de los usuarios en la infección por COVID-19. Este escenario ha conllevado en que muchos pacientes han quedado postergados en sus atenciones clínicas, lo que ha impulsado el uso de estrategias como telemedicina para mejorar el acceso y oportunidad a salud especializada a la población, siendo el coronavirus un acelerador de procesos telemédicos y un convertidor de procesos que hasta antes de la pandemia eran análogos y que han tenido que digitalizarse. Tras la experiencia de 15 años de la Unidad de Telemedicina de la Universidad de Concepción, se han podido sistematizar estrategias que permiten las atenciones telemédicas en un marco de seguridad, calidad y confidencialidad, tal como una atención presencial.

En tiempos de Pandemia la Telemedicina y la Telesalud surge como una potente herramienta para permitir el reforzamiento de los aislamientos físicos y sociales de la población, evitando la propagación del COVID 19. Disponibilizar la herramienta de evaluación de riesgo y orientación telemédica TeleCOVID19 UdeC a la comunidad, permitió detectar casos de sospecha de infección por COVID 19, apoyando las medidas de aislamiento social y disminuyendo la diseminación del virus a través de Telemedicina. La plataforma TeleCOVID19 UdeC ha permitido más de un millón y medio de accesos de pacientes desde 144 países y la atención de más de 700 pacientes con médicos voluntarios a través de teleconsultas virtuales, lo que ha permitido la movilización de estos pacientes y por ende

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

descongestionando los servicios de atención de salud.

Se valida el uso de Telemedicina en situación de crisis sanitaria, planteándonos como desafío, poder consolidar procesos y establecer estándares y normas que permitan regular su uso una vez pase esta crisis mundial..

Capítulo 3
La conectividad y la infraestructura en la universidad inteligente

Implementación de un Centro de Datos Alterno para recuperación de servicios de misión crítica. Caso de la Universidad Estatal a Distancia

Rolando Rojas Coto^a, Francisco Durán Montoya^a

^a Dirección de Tecnología de Información y Comunicaciones, Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica
rorojas@uned.ac.cr, fduran@uned.ac.cr

Resumen. El presente documento realiza una descripción del caso de implementación de un modelo tecnológico de alta disponibilidad y recuperación de servicios de TI, basado en una estrategia de centro de datos alternativo conectado a un centro de datos principal geográficamente disperso en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. La implementación está basada en planes de contingencia y continuidad de operaciones de TI que permiten generar redundancia en servicios de misión crítica. El documento describe los antecedentes, motivaciones, así como una descripción detallada de las tecnologías utilizadas para la puesta en producción de este modelo de replicación de servicios utilizando unidades convergentes y modelos de conectividad basados en protocolos OTV y DNS global. Se detallan los resultados de la implementación del modelo, así como los logros obtenidos y las principales circunstancias que se presentaron durante la puesta en marcha de los diferentes componentes tecnológicos de esta implementación tanto a nivel técnico como a nivel de gestión institucional.

Palabras Clave: centro de datos, centro de datos alternativo, recuperación, misión crítica, alta disponibilidad.

Eje temático: La conectividad y la infraestructura en la universidad inteligente.

1. Introducción

La Universidad Estatal a Distancia (UNED) es una institución pública costarricense cuya misión es brindar soluciones de educación superior a múltiples sectores de la sociedad que por diferentes razones requieren oportunidades para una lograr una verdadera movilidad social. [1]

Para cumplir este objetivo la UNED ofrece a los estudiantes y público en general “un proceso de aprendizaje basado en el uso pedagógico de las tecnologías de la información y comunicación de última generación”. [1]

Esta implementación tecnológica, debe brindar a estudiantes, tutores, investigadores y público en general, servicios en línea, de manera robusta y aplicando modelos de alta disponibilidad y accesibilidad.

Una estrategia para la implementación de estos modelos consiste en el establecimiento de centros de procesamiento de datos alternos que permitan una recuperación razonable de los servicios de misión crítica para cualquier Institución.

El presente documento incluye el estudio de caso de la UNED y la descripción de la situación actual una vez que se realizó una implementación de un centro de datos alterno para brindar una garantía razonable en la prestación de servicios de misión crítica para la prestación de servicios académicos y de investigación.

2. Antecedentes

Previo a establecer la importancia estratégica de brindar servicios de calidad con redundancia y alta disponibilidad, es necesario aclarar algunos antecedentes que se presentaron en la UNED y que fundamentaron la necesidad de implementar un proyecto de continuidad de operaciones y recuperación de servicios de tecnología de información (TI) utilizando como base un centro de datos alterno.

En primera instancia, la UNED, al ser una institución que recibe fondos públicos, se encuentra sometida al control y la fiscalización que ejerce la Contraloría General de la República de Costa Rica (CGR) la cual hace desde el 2007, realizó una norma específica de acatamiento obligatorio, a partir del 2009, para instituciones públicas. Este compendio de “Normas técnicas para la gestión y el control de las tecnologías de Información” (N-2-2007-CO-DFOE) tiene como parte de sus componentes en materia de continuidad de negocios, lo siguiente:

Norma 1.4.7. Continuidad de los servicios de TI: La organización debe mantener una continuidad razonable de sus procesos y su interrupción no debe afectar significativamente a sus usuarios. [2]

Como se puede apreciar, desde hace más de una década, como parte de los objetivos del área de TI de las instituciones públicas debe contemplarse el establecimiento de una estrategia que permita la continuidad razonable de sus procesos y servicios.

En esa línea de trabajo y gracias al apoyo del proyecto de mejoramiento institucional (PMI), en la UNED se le dio énfasis a la inversión en investigación y tecnología “como medios para el logro del bienestar social, la innovación y la competitividad.” [3]

Como parte de los objetivos del PMI se encontraba el fortalecimiento de la conectividad institucional y la reubicación y renovación del centro de datos principal, así como la creación de un nuevo centro de datos alterno que estuviera ubicado en el Centro Universitario de Cartago. Esta sede es parte de la

infraestructura con que la UNED cuenta en todo el país para el apoyo a la docencia y la investigación y fue construido recientemente con fondos de este proyecto, conocido a lo interno de la institución como el Acuerdo de Mejoramiento Institucional (AMI). [3]

De acuerdo al proyecto, estos centros de datos, deben su razón de ser, a atender a “todas las entidades y miembros de la comunidad universitaria” [3]. Asimismo, deben permitir el desarrollo de nuevos proyectos institucionales en materia de TI para las diversas áreas sustantivas institucionales: docencia, investigación, acción social, vida estudiantil y producción de materiales.

Otro de los objetivos específicos del PMI, consistía en sostener toda la operativa institucional basada en tecnología, bajo un modelo de continuidad, según lo establecido por el ordenamiento normativo citado anteriormente.

Finalmente, otro aspecto importante a considerar en el modelo de prestación de servicios de alta disponibilidad, consiste en las certificaciones de calidad de las carreras de la UNED, bajo los procesos de acreditación por los cuales se someten las carreras ante el Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior (SINAES). Dentro de los manuales específicos aplicados al “Modelo de Acreditación Oficial de Carreras de Grado para la Modalidad a Distancia” existen varios de los componentes que valoran la efectividad percibida de la Institución en materia específica de prestación de servicios, por ejemplo:

*Criterio 2.4.3 La Universidad ha de asegurar:
Redundancia en los servidores que sostienen los sistemas virtuales
(cualesquiera que sean).
Sistemas de respaldo de las bases de datos y de las asignaturas.
Anchos de banda que optimicen la conexión.
Protocolos en casos de emergencia que aseguren el mantenimiento
de los servicios en línea y software que proteja de intromisión de
terceros.[4]*

Como se puede apreciar, los criterios utilizados por las normas de acreditación, son muy puntuales y específicos en lo referente a redundancia y específicamente sobre la continuidad de los servicios de TI.

Es también por esta razón que desde el 2015 se cuenta con un “Plan de continuidad de negocios de TI”[5] y un “Plan de Contingencias TIC”[6] los cuales permiten planificar una recuperación. Ambos documentos se encuentran basados en escenarios institucionales donde a la fecha en la que fueron desarrollados, no existía un centro de datos alterno. No obstante, esta documentación es fundamental para el establecimiento de los criterios de continuidad de servicios de TI en la UNED.

3. Continuidad de servicios de TI en la UNED

Debido a todos los antecedentes anteriores, la disponibilidad y la criticidad de los servicios informáticos en la UNED, ha tomado una importante relevancia en los últimos años. Principalmente se requiere de estos elementos, para asegurar la eficiencia y eficacia del proceso de enseñanza aprendizaje, así como para la presentación de propuestas tecnológicas innovadoras en el área de la docencia y la investigación.

Este modelo de servicio, además permite una mejora en los indicadores de sostenibilidad de los estudiantes en el sistema educativo. En ese sentido, desde que se implementó el modelo de sostenibilidad bajo el concepto de un centro de datos alterno, en el 2019, ha ido en aumento el uso de las plataformas y además también

se nota un incremento orgánico en la matrícula institucional entendida de ahora en adelante como: inscripciones de cursos por estudiantes. Según se puede apreciar en la Figura. 1, es muy claro el comportamiento de esta circunstancia desde el 2017 a la fecha. Principalmente, llama la atención posterior a la implementación del centro de datos alterno y sus efectos positivos en la prestación de servicios a nivel institucional.

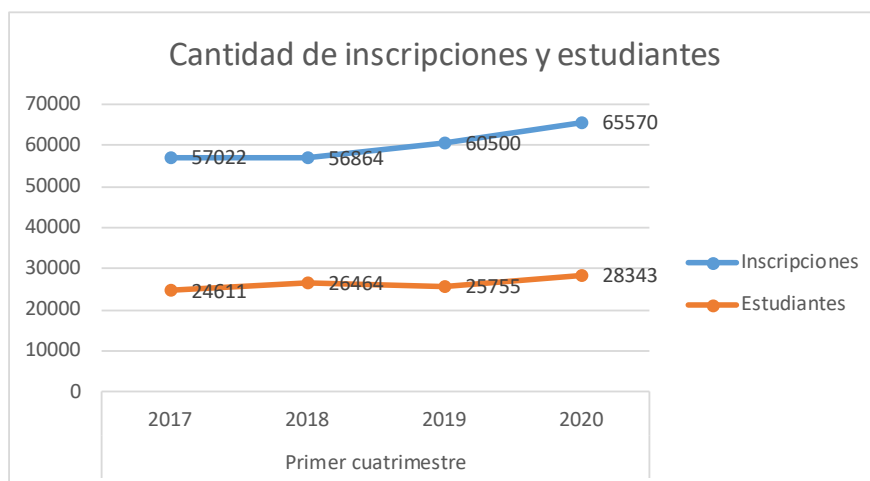


Fig. 1. Cantidad de inscripciones y estudiantes de la UNED en el primer cuatrimestre entre los años 2017 al 2020. Fuente: Sistema Estadísticas de Matrícula, DTIC.

Con respecto a uso de plataforma, uno de los principales servicios que requiere alta disponibilidad, es el Sistema de Aprendizaje en Línea (LMS por sus siglas en inglés, Learning Management System). EducaU es la plataforma LMS principal de la UNED basada en Moodle, orientada a los estudiantes y docentes, la cual, junto con el servicio de correo electrónico, el sistema de inscripciones y el sitio web principal, son los servicios que tienen mayor criticidad y más demanda en la institución. Estos han sido definidos en varios documentos [5], como servicios misión crítica por la alta concurrencia, además que son evaluados para acreditación de carreras y por lo tanto se definen como servicios prioritarios [6].

En el caso específico del servicio EducaU, estableciendo una comparativa de la frecuencia con que los estudiantes ingresan a las plataformas, se ofrece la comparativa de accesos de usuarios nuevos, usuarios totales, sesiones y visitas realizadas por los usuarios, en el mes de febrero del 2019 y febrero del 2020, en la Tabla 1. Se selecciona este período debido a que son los accesos de comienzo del primer cuatrimestre de cada año respectivamente.

Tabla 1. Incremento de la frecuencia de accesos y visitas de la plataforma EDUCAU (educa.uned.ac.cr), de los meses de febrero 2019 y febrero 2020. Fuente: Google Analytics.

	Usuarios nuevos	Usuarios totales	Sesiones	Visitas
Febrero 2019	22,587	35,012	175,842	2,092,691
Febrero 2020	23,848	36,538	205,438	2,387,341
Incremento	5.58%	4.36%	16.83%	14.08%

Como se puede apreciar, estos servicios reciben miles de accesos y visitas por

parte de estudiantes y docentes diariamente, y por esta razón fueron los primeros en ser considerados para la implementación de un centro de datos alterno y replicación para la recuperación de los servicios en el momento de un desastre en el centro de datos principal.

Según las definiciones establecidas en el “Plan de continuidad de negocios de TI” de la UNED, un servicio informático se vuelve de misión crítica, cuando requiere “redundancia y alta disponibilidad a nivel de hardware y sistema operativo. De ser posible, los componentes individuales de cada servicio, contarán con un alto grado de redundancia.” [5]

Asimismo, se definen varios aspectos [5] que deben considerarse, a saber:

- **Respaldos:** los cuales deben permitir recuperación inmediata y fuera de las instalaciones de la UNED.
- **Sitios alternos:** siempre que exista la posibilidad.
- **Registro de contactos:** tanto de proveedores como de usuarios internos.
- **Comunicación:** referente al soporte a nivel telefónico, web, correo electrónico y mensajería de texto.
- **Disponibilidad de atención:** con tiempos de respuesta entre 1 y 6 horas.

Según se puede apreciar, en este documento, de hace varios años, ya se hace mención a sitios alternos, lo que dio paso al proyecto de implementación del Centro de Datos Alterno.

4. Implementación del Centro de Datos Alterno

Con esta necesidad de optimizar el servicio ofrecido hacia la docencia e investigación, y después de haber implementado varios modelos de alta disponibilidad en el Centro de Datos principal de la UNED, por medio de una Unidad Convergente y de la constitución de un modelo de clasificación de servicios[7]. Lo siguiente para la prestación de servicios consiste en la implementación de un nuevo Centro de Datos Alterno, en un nuevo recinto, el cual contiene todos los elementos necesarios para la recuperación de los servicios de misión crítica.

Como se indicó anteriormente, mediante el PMI, como proyecto ejecutor, se logró el financiamiento y desarrollo de un nuevo centro de datos que permitiera dar continuidad en las operaciones en caso de caídas inesperadas o en caso de siniestros” utilizando tecnología de última generación según se detalla a continuación. [3]

4.1. Tecnología empleada para recuperación de servicios

El centro de datos alterno está constituido principalmente por una nueva unidad convergente, de la misma tecnología empleada en el centro de datos principal de la UNED. Esta decisión corresponde a una cohesión natural de los equipos al momento de realizar una recuperación de un servicio de misión crítica.

Se mantuvo la estrategia de equipar tecnología homóloga en todas sus capas: almacenamiento, red, servidores y software. Sistemáticamente aunado a la unidad convergente y dentro del proceso de recuperación de servicios en el centro de datos alterno, intervienen una serie de elementos de comunicaciones los cuales logran la interconexión de ambos sitios.

El sistema de infraestructura convergente está equipado con todos los componentes de hardware y software para toda la infraestructura como lo son: computo, almacenamiento, redes (LAN local area network y SAN storage area network), software para virtualización y administración de la siguiente manera:

- a. **Cómputo o capa de servidores:** constituidos por 4 servidores blades distribuidos en dos chasis separados, cada equipo con procesadores de tipo Intel Xeon E5-2680 v2, con memoria RAM de 256 GB ampliable a 6TB y tarjetas de red redundantes de Fibra óptica sobre ethernet de 10 Gbps.
- b. **Sistema de almacenamiento:** el equipamiento de almacenamiento cuenta con tres tipos de discos diferentes con un componente de software propietario del storage, que permite de forma automática, sin intervención requerida del administrador, la distribución de los datos en los diferentes tipos de discos, de acuerdo a la demanda de rendimiento de cada aplicación. Distribuidos de la siguiente manera: dos TB en discos tipo SSD para información almacenada el Tier 1, 20 TB en discos tipo SAS de 10,000 rpm, para información almacenada en el Tier 2, 64 TB en discos tipo NL-SAS de 7200 rpm, para información en el Tier 3, cuatrocientos (400) GB en discos tipo SSD, para utilizar la tecnología de cache asistida, también conocida como “flash cache o fast cache”
- c. **Redes de datos:** estos equipos consolidan la conectividad de tráfico convergente proveniente de los elementos de interconexión de red de cada chasis o gabinete de servidores tipo blade, los cuales se configuran dos equipos convergentes de acceso LAN y SAN a través de conexiones de fibra canal sobre ethernet a 10Gbps. También contiene componente de conmutación virtual basado en software que permite administrar los puertos virtuales de manera consistente, y de la misma forma en que se aprovisiona un puerto físico en el centro de datos.
- d. **Software de virtualización:** el componente básico del cómputo virtual está integrado por un hypervisor basado en VMware instalado sobre un servidor físico para habilitar la creación, y ejecución simultánea de múltiples máquinas virtuales sobre dicho servidor físico.
- e. **Administración:** la administración de gabinetes, servidores tipo blade, elementos de interconexión de red y equipos convergentes de acceso LAN y SAN, el cual forma un dominio único de administración altamente disponible.

La solución de recuperación ante desastres, es un sistema completo el cual interactúa entre las unidades convergentes del centro de datos principal y el centro de datos alternativo, este sistema realiza una serie de planes de recuperación, los cuales son agrupaciones de servidores de bases de datos, sitios web, proxy reverso, etc., que conforman un servicio en línea como por ejemplo el citado anteriormente, EducaU o bien, el portal web principal de la UNED, los cuales se replican al sitio alternativo en un periodo preestablecido. Algunas de las características de este sistema de recuperación son las siguientes:

- Genera planes de recuperación automatizados.
- Agrupa y prioriza máquinas virtuales dentro de un plan de recuperación.
- Realiza simulacros de recuperación ante desastres en caso de que los administradores lo deseen.
- Permite recuperar 50 máquinas virtuales desde el centro de datos principal hacia el centro de datos alternativo.
- Permite recuperar 25 máquinas virtuales desde el centro de datos alternativo hacia el centro de datos principal.

A nivel de equipos de conmutación se implementó un dispositivo para funciones

de switch de core, el cual está ubicado en el centro de datos alterno, dicho dispositivo de red es un conmutador de alto rendimiento para los procesos de distribución y core agrupados en el mismo equipamiento.

La configuración utilizada en este caso para realizar la conmutación entre los centros de datos se da por medio del servicio de Overlay Transport Virtualization (OTV) el cual permite extender la red a nivel de capa 2 entre los dos centros de datos de la UNED.

La tecnología OTV se implementó en el equipo Cisco Nexus 7000 debido a sus prestaciones las cuales simplifican significativamente la extensión de las aplicaciones de Capa 2 según modelo de la Open System Interconnection (OSI) por medio de centros de datos distribuidos, implementando la interconexión entre sitios sin cambiar o reconfigurar su diseño de red existente. Con el protocolo implementado por OTV se puede implementar “recursos informáticos virtuales y clústeres en centros de datos distribuidos geográficamente.”[8]

El funcionamiento del protocolo OTV para la extensión de las Virtual Local Area Network (VLAN), se realizó con la implementación de una conexión capa 2 de fibra óptica de 200Mbps entre el centro de datos principal y el centro de datos alterno. Esta interconexión se lleva a cabo por medio de un proveedor de servicios de internet (ISP por sus siglas en inglés, Internet Service Provider) quien ofrece de manera administrada el tiraje de la fibra óptica entre los puntos.

Asimismo, se implementó un sistema de nombres de dominio global (DNS por sus siglas en inglés, Domain Name Server). El DNS global consiste en un servicio basado en tecnología innovadora la cual permite gestionar y realizar un balance de cargas de DNS entre dos centros datos.

La funcionalidad implementada en al UNED, contempla un servicio de balanceo de DNS incorporando hardware y software dentro de los centros de datos. Este servicio incorporó, adicionalmente, capacidades de monitoreo de salud en tiempo real, lo cual permite ejecutar un proceso de conmutación por error para minimizar el tiempo de inactividad debido a fallas en los centros de datos, según se muestra en la Figura 2.

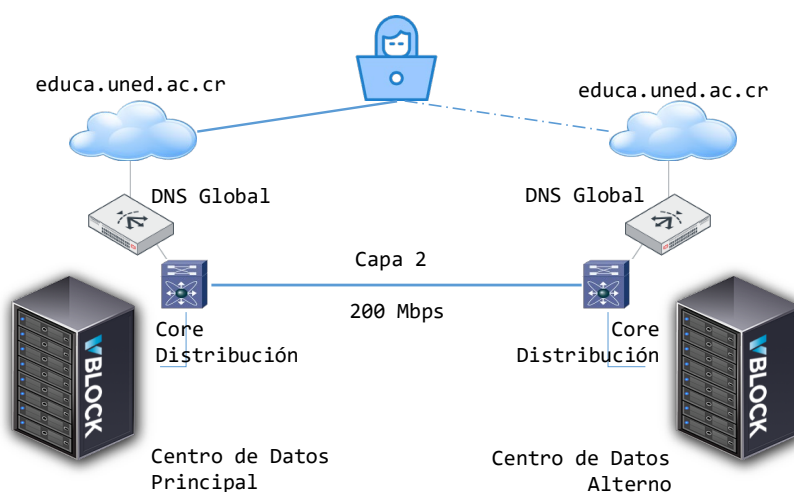


Fig. 2. Diagrama que representa la estructura utilizada para la recuperación de servicios de misión crítica en el Centro de Datos principal y Centro de Datos Alterno de la UNED.

La función de equilibrio de carga global (GLB por sus siglas en inglés, Global Load Balancing) es una tecnología basada en DNS que permite implementar

recursos redundantes en todo el mundo al detectar picos inesperados o tiempo de inactividad en una red de área local (LAN por sus siglas en inglés, Local Area Network).

Para la implementación se utilizó el sistema FortiADC el cual permite una implementación segura de DNS el cual general registros de recursos de zona, dinámicamente en función de la configuración de GLB. [9]

Basado en esta implementación, la respuesta DNS se simplifica en una lista ordenada de respuestas que incluyen todos los servidores virtuales disponibles. “el cliente que recibe la respuesta DNS con una lista, intenta la primera y solo pasa a las siguientes respuestas si la primera respuesta es inalcanzable.” [9]

Este modelo permite realizar una estrategia de recuperación de desastres utilizando tecnología de comunicaciones, enlaces de capa 2 y por supuesto la implementación tecnológica de dos unidades convergentes en distintos sitios donde se estarán albergando cada uno de los servicios definidos de misión crítica.

4.2. Servicios de misión crítica aptos para recuperación.

En el momento de planificar el proyecto del centro de datos alterno, existen múltiples formas de configuraciones posibles para realizar una recuperación de uno o varios servicios. En el caso de la UNED, para este proyecto la recuperación de los servicios está supeditado a varios factores:

- a. **Infraestructura tecnológica que posee el país:** Costa Rica, a pesar de ser un país pequeño, en términos territoriales, carece de una plataforma de red de fibra óptica, cuya cobertura satisfaga las necesidades de conectividad de las empresas privadas e instituciones estatales, como en el caso de la UNED, la cual posee más de 37 sedes universitarias, distribuidas en todo el país, requiriendo en cada una de ellas, servicios de Internet para satisfacer sus procesos como videoconferencias, acceso a los sistemas informáticos, plataformas de colaboración en línea, material audiovisual, entre otras.
- b. **Costo de enlaces de Internet:** uno de los puntos relevantes al momento de realizar este tipo de proyectos es el costo de servicio del enlace de fibra óptica que por lo general es elevado, aproximadamente \$16 al mes por cada 1 Mbps simétrico con los ISP nacionales. Esta limitación convierte el enlace de capa 2 en un elemento de un alto costo del proyecto. El ancho de banda contratado actualmente, 200 Mbps simétrico, genera una inversión mensual de \$5000.
- c. **Compromiso institucional con los servicios de misión crítica:** dentro de la tipificación del “Plan de continuidad de Negocios de TI”, se establecen 10 servicios de misión crítica que son replicados al centro de datos alterno, estos son los principales productos informáticos en donde la Universidad tiene la necesidad de alcanzar la mayor disponibilidad posible y en donde surge y hace sentido la implementación del centro de datos alterno.

Los elementos anteriores son importantes para establecer la metodología y los planes de recuperación de los servicios en línea, según las necesidades de la UNED.

Actualmente el centro de datos alterno funciona como un recinto para recuperación de servicios de misión crítica de la UNED ante desastres, sin embargo, para que un servicio se recupere de manera óptima se deben cumplir con algunos criterios: el servicio debe estar replicado completamente, los datos deben estar de manera consistente, y esta revisión se realiza de rigurosamente antes de hacer algún movimiento al centro alterno. Si un servicio tiene problemas, se evalúa el inconveniente y dependiendo del grado de complejidad y duración, se estima si amerita ser trasladado al centro de datos alterno. De esta forma los servicios de

misión crítica son reestablecidos ya sea en el centro de datos principal o alterno.

4.3. Retos futuros de la implementación

El proyecto de la implementación del centro de datos alterno, se realizó como parte de los planes institucionales existentes para la mitigación del riesgo ante un desastre, así como de los resultado de las valoraciones de riesgo a nivel de infraestructura tecnológica, sin embargo, existen algunos desarrollos futuros que pueden implementarse de manera que permitan optimizar el servicio y continuar en la búsqueda de mejores prestaciones en alta disponibilidad, tanto para los servicios académicos como administrativos. Algunos de estos retos a futuro son los que se presentan a continuación:

Ampliación de la infraestructura de la unidad convergente: la infraestructura debe tener una continuidad muy rigurosa en el sentido de las actualizaciones de software y hardware, escalando los dispositivos en cuanto memoria, procesamiento, red y almacenamiento. Con esto se logra que los servicios que se alojen sean mayores, e incluso implementar servicios en producción en el centro de datos alterno, siendo para estos servicios el centro de datos principal como un sitio de recuperación.

Ampliación del licenciamiento de la solución para recuperación ante desastres: para poder ampliar el número de servicios de misión crítica se debe también actualizar y ampliar el software para la recuperación de servicios. Las nuevas versiones de software aprovisionan nuevas funcionalidades las cuales pueden ser aprovechadas para una recuperación cada vez más limpia y más eficiente.

Ampliación de los enlaces de comunicaciones entre centros de datos: uno de los puntos más importantes en la recuperación de un servicio de misión crítica, es la plataforma de la red de datos que la compone. Es por esto que se necesita ampliar la infraestructura de comunicaciones entre centros de datos, principalmente en la fibra óptica (capa 2) que se encuentra actualmente conectada, el aumento de ancho de banda del enlace y la instalación de una redundancia del enlace, propondría un mayor rendimiento en la recuperación de los servicios.

Centro de datos espejo: conforme se vayan realizando las ampliaciones y actualizaciones de todos los componentes, la tendencia es llegar a tener un centro de datos espejo de manera que un servicio de misión crítica falla e inmediatamente de manera automática sea recuperado en el centro de datos alterno, eliminando el tiempo de caída del servicio.

5. Resultados obtenidos del proyecto

La implementación del proyecto del centro de datos alterno para recuperación de servicios ha brindado la posibilidad de mantener los servicios informáticos de misión crítica el mayor tiempo posible disponibles, y ha brindado una protección en los datos que se albergan en el centro de datos principal. Algunos de los resultados obtenidos a la fecha son los siguientes:

Seguridad de la información. Ante la posibilidad de pérdida del activo más importante a nivel institucional, después de las personas, el cual sería la información institucional recabada a lo largo de la historia de la UNED, el hecho de tener un recinto que la proteja, incluso físicamente en otro sitio distante, hace que disminuya el riesgo ante una pérdida de este tipo.

Mejoras en la percepción del servicio. La experiencia del uso de las plataformas, principalmente de los estudiantes, al poder utilizar los sistemas de una manera ágil, y sin tiempos muertos ante fallas de infraestructura, hace que los cronogramas y

principalmente el calendario institucional no se detenga y tampoco tenga trasladarse los plazos de entrega de tareas, exámenes y procesos en general de aprendizaje de los estudiantes.

Implementación tecnología innovadora. A nivel tecnológico todo el equipamiento utilizado tanto en el centro de datos principal como en el centro de datos alterno, es de última generación haciendo que las aplicaciones bajo demanda y los servicios que están puestos en producción mejoren la experiencia en el uso de las mismas por parte de los estudiantes y funcionarios. Las dos plataformas convergentes trabajan de tal manera que adaptan las aplicaciones según su nivel de uso. Por ejemplo, la aplicación utilizada para las inscripciones de los estudiantes se emplea un mecanismo para mover hacia discos duros más rápidos en caso que la aplicación tenga un “pico” alto en sus transacciones, esta tecnología proviene del bloque de almacenamiento el cual lo realiza de manera automática.

Escalabilidad de la infraestructura. El tipo de tecnología seleccionada para este proyecto se basó también en la búsqueda un modelo completamente escalable, para que en los próximos años pueda crecer de manera natural y previendo los nuevos equipos, y las tecnologías puedan ser homogéneas a lo que se adquirió recientemente.

Ampliación del servicio. Al momento de realizar una implementación escalable a nivel técnico, también debe servir de autopista para la ampliación de nuevos servicios. Por ejemplo, con las plataformas de aprendizaje en línea, ahora existe la posibilidad que la UNED pueda ampliar su cartera de usuarios externos alojados en cualquiera de los centros de datos disponibles. La mejora de poseer plataformas disponibles en centros de datos aparte, también amplía las posibilidades de nuevas aplicaciones para la investigación, el cual, posee siempre una necesidad de nuevas plataformas con alta disponibilidad y rapidez.

5.1. Resultado no esperado

Durante la implementación del proyecto se dio un resultado no esperado el cual ha generado algunos dolores de cabeza y malentendidos a nivel de la UNED, el cual consiste principalmente en un aspecto de manejo de expectativas por parte de los diferentes beneficiarios, así como de la administración superior. En un panorama nuevo de recuperación ante desastres, existe la creencia popular que los centros de datos alternos están hechos para soportar toda la carga institucional completa, sin embargo, el proyecto de centro de datos alterno realizado con fondos del PMI en la UNED, se planificó bajo un criterio de recuperación de servicios de misión crítica establecido en el Plan de continuidad de negocios de TI. En ese sentido, cuando se han presentado caídas en los servicios que no se encuentran catalogados como misión crítica, no están actualmente contemplados en el modelo de recuperación del centro de datos alterno actual. Para cumplir con una expectativa tan grande, se requiere de mayor inversión y principalmente de recurso humano dedicado a la gestión de este recurso.

6. Conclusiones

Durante el proyecto de implementación del centro de datos alterno, existieron importantes aciertos, así como desaciertos que son presentados a continuación.

6.1. Aciertos

Algunos de los elementos más importantes que vale la pena rescatar del proyecto de implementación del centro de datos alterno son los siguientes:

Utilización de tecnología homogénea. En el centro de datos alterno se utilizó una unidad convergente de la misma marca y de modelo compatible con la

infraestructura que se encuentra en el centro de datos principal. Esta posibilidad brinda una mayor consistencia entre las máquinas virtuales de ambos centros de datos. Debido a esta situación, los servicios que se ejecutan en el centro de datos alterno, cuentan las mismas condiciones que existen en el centro de datos principal. Al tener el mismo tipo de infraestructura, se pueden realizar simulaciones o pruebas de estrés en el centro de datos alterno, sin afectar los productos que se encuentran en los ambientes de producción a nivel institucional.

Rapidez de la implementación. Previo a la implementación del proyecto del centro de datos alterno, se había realizado una implementación de una unidad convergente en el centro de datos principal, por lo que la experiencia generada en ese proyecto permitió realizar una implementación muy eficiente y con pocos imprevistos, donde la coordinación de la implementación con el fabricante se realizó en el tiempo proyectado.

Prioridad del Proyecto. Al igual que en múltiples proyectos exitosos en los que se ha trabajado en los últimos años en la UNED a nivel tecnológico, la administración de la UNED (principalmente representada por la figura de la Rectoría), asumió el proyecto y le dio alta prioridad. Esta circunstancia tuvo un peso muy importante a lo largo de la implementación del proyecto, ya que permitió que todas las dependencias de la institución que estaban involucradas, actuaran de conformidad con el plan propuesto y se comprometieran con las diferentes acciones o tareas requeridas para el cumplimiento del proyecto.

Sistema de recuperación ante desastres. La implementación del sistema de recuperación basado en VMWare, el cual fue utilizado en la UNED, se considera como un acierto importante, ya que, durante el proceso de implementación, y en las puestas en marcha de los servicios en el centro de datos alterno, el software mantiene un comportamiento muy estable. El fabricante del software realiza las liberaciones de las actualizaciones de seguridad y del sistema de manera continua, y da seguimiento a cualquier situación que se presente. Se han probado otras plataformas sin el éxito que ha tenido esta implementación.

6.2. Desaciertos

Para concluir con el caso de la implementación del centro de datos alterno de la UNED se tienen algunos de los desaciertos obtenidos durante la implementación.

Segmento de red de servidores. Uno de los desaciertos más importantes consiste en que la mayoría de los servidores que la UNED tiene en producción se encuentran actualmente publicados en una red virtual de área local (VLAN por sus siglas en inglés, Virtual Local Area Network). Esta VLAN, en el ámbito de las redes de datos, identificada con el número “1”, tiene un fin plenamente de administración, por cuanto el segmento permanece bloqueado por temas de seguridad y, por esta razón, solamente es utilizado por los técnicos de red para administrar los equipos. Debido a esta situación, al momento de configurar la extensión de las VLAN al centro de datos alterno, no se logró extender el segmento de red “VLAN 1” por lo que fue necesario realizar un proceso de migración de los servicios institucionales, hacia otras VLAN con números de identificación diferentes.

Plan de Sostenibilidad. A la fecha de formulación de este documento, no se cuenta con un plan de sostenibilidad debidamente aprobado y comunicado por las autoridades institucionales. Eso pone en riesgo la inversión realizada en el proyecto PMI ya que se ocupa para garantizar la operación a mediano y largo plazo del centro de datos alterno. En este tipo de implementaciones, es fundamental definir formalmente un plan para poder escalar de manera sistemática todo lo concerniente al centro de datos alterno. A nivel de la UNED esta labor se encuentra pendiente de realizar, ha habido varios intentos, pero ninguno con la

rigurosidad que requiere una implementación de esta magnitud.

Mainframe. Existe en la UNED una gran cantidad de aplicaciones administrativas que se mantienen desarrolladas en un mainframe ISERIES Power System, el ERP institucional, hecho a la medida, por citar un ejemplo. Este tipo de servidores tienen en Costa Rica y en varios países de la región, un proveedor único y las configuraciones para replica de información y soluciones ante desastres son muy complejas, costosas e involucran múltiples tecnologías que en la UNED no han sido implementadas a la fecha. Por esta razón, una gran cantidad de servicios de misión crítica no han podido migrarse al centro de datos alterno.

Referencias

- 1 Universidad Estatal a Distancia, 2020. Información General. EUNED. https://www.uned.ac.cr/images/periodo-academico/2020/Primer_cuatr/info_general_2020.pdf
- 2 Contraloría General de la República, 2007. Normas técnicas para la gestión y el control de las tecnologías de información (N-2-2007-CO-DFOE).
- 3 Universidad Estatal a Distancia, 2012. Plan De Mejoramiento Institucional. https://www.uned.ac.cr/images/ami/documentos/pmi_uned_agosto_2012.pdf
- 4 Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior, 2011. Modelo De Acreditación Oficial De Carreras De Grado Para La Modalidad A Distancia. https://www.sinaes.ac.cr/documentos/Manual_de_Acreditacion_de_Carreras_de_Grado_Modalidad_a_Distancia.pdf.
- 5 Universidad Estatal a Distancia, 2016. Plan de continuidad de negocios de TI
- 6 Universidad Estatal a Distancia, 2015. Plan de contingencias TIC
- 7 Duran F., Rojas R.: Modelo de clasificación de prioridad para la prestación de servicios de infraestructura tecnológica en la Universidad Estatal a Distancia. Novena Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación en Instituciones de Educación Superior. pp 59 a 72. (2019)
- 8 Cisco Systems Inc., 2012. Cisco Overlay Transport Virtualization Technology Introduction and Deployment Considerations. https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Data_Center/DCI/whitepaper/DCI3_OTV_Intro.pdf
- 9 Fortinet Inc. 2020. FortiADC - Handbook Version 5.4.1

Despliegue de Infraestructura como Servicio utilizando OpenStack, un caso de éxito en la Universidad de Cuenca

Ma. José Torres[°], Víctor Saquicela[°]

[°] Dirección de Tecnologías de Información y Comunicación,
Universidad de Cuenca,
Av. 12 de Abril y Av. Loja, 010112
Cuenca, Ecuador.

mariajose.torres@ucuenca.edu.ec
victor.saquicela@ucuenca.edu.ec

Resumen. Las tecnologías de computación en la nube permiten la gestión ubicua de elementos de hardware, como servidores, redes, discos duros, a través de software especializado que parametriza su aprovisionamiento, y permite un escalamiento rápido y flexible. Ante la demanda de recursos de cómputo y almacenamiento para distintos proyectos de investigación, y su posterior subutilización, la Dirección de Tecnologías de la Información de la Universidad de Cuenca, desplegó una plataforma de Infraestructura como Servicio IaaS sobre OpenStack. Para lograrlo, se analizaron los procedimientos de despliegue recomendados por la comunidad de usuarios, y se diseñó una arquitectura distribuida con alta disponibilidad en todos sus componentes..

Palabras Clave: infraestructura como servicio, OpenStack, MaaS, Jujú, cloud computing..

Eje temático: La conectividad y la infraestructura en la universidad inteligente.

1. Introducción

Tradicionalmente en la Universidad de Cuenca, la adquisición de servidores, dispositivos de almacenamiento externo, licenciamiento propietario, y elementos relacionados, ha estado sujeta a la necesidad de una dependencia o de un grupo de investigadores. Estas adquisiciones, usualmente son sobredimensionadas, y muchas veces terminan embodegadas luego de cumplir la tarea específica para la que fueron adquiridos. Por otro lado, la disposición gubernamental [1] promulgada en 2016, en el artículo 144 dispone a las instituciones del sistema nacional de educación superior la utilización de software libre en el ámbito administrativo; misma que motivó, el estudio de alternativas de código abierto tanto para las plataformas de desarrollo de software, así como para la de gestión de infraestructura.

Actualmente, los factores descritos en el párrafo anterior, fueron abordados por el despliegue de una plataforma de Infraestructura como Servicio IaaS sobre OpenStack, en base a los siguientes objetivos: 1) normalizar la adquisición de infraestructura como una medida de optimización de los recursos institucionales al proveer la gestión definida por software, 2) ofrecer un servicio de infraestructura por demanda a los grupos de investigación que lo requieren, 3) evitar gastos de licenciamiento, soporte y servicios profesionales con una marca comercial.

La experiencia adquirida en el desarrollo del proyecto presentado en este trabajo, permite afirmar que las tecnologías de computación en la nube empoderan a las organizaciones a construir y correr aplicaciones escalables en ambientes dinámicos, como lo son las nubes públicas, privadas o híbridas [2]. Es así como, entre otros aspectos, la transformación digital en la Universidad de Cuenca implica tomar ventaja de la automatización y escalabilidad que ofrecen plataformas como OpenStack o Kubernetes.

El documento está organizado de la siguiente manera. En el apartado 2, se presentan los antecedentes y trabajos relacionados sobre los que se sustenta el proyecto. A continuación, en el apartado 3 se describe el proceso de diseño de la arquitectura y su implementación destacando las recomendaciones dadas por la comunidad de desarrolladores y usuarios de OpenStack, aspectos requeridos para que la implementación sea exitosa. En el apartado 4, se describen los beneficios de la implementación, y finalmente los trabajos y retos a futuro que han nacido de la implementación de este proyecto.

2. Antecedentes y Trabajos Relacionados

Las tecnologías de computación en la nube, han dado lugar a tres tipos de servicios (ver Figura 1): (1) Software como servicio **SaaS**, (2) Plataforma como Servicio **PaaS** y (3) Infraestructura como servicio **IaaS**. En el primer caso, **SaaS**, está orientada a ofrecer la aplicación a un usuario final; es decir, el usuario solamente se sirve de la aplicación y tiene control de la interfaz⁸. El siguiente modelo, **PaaS**, ofrece una plataforma de servicios para un usuario especializado (usualmente orientada desarrolladores) y quienes tiene un conocimiento limitado de la infraestructura subyacente, pero conocen muy bien la plataforma que están por gestionar. En este modelo, se encuentra el servicio de contenedores que permiten publicar código que dará lugar a una aplicación de usuario final, y la gestión se extiende desde los datos, código, y software de usuario final. Por último, en **IaaS** se ofrece la abstracción de un centro de datos como un servicio. El usuario debe tener conocimiento de la pila de servicios que involucra esta capa: imágenes, máquinas virtuales, tamaño de máquinas, redes, sistema operativo, aplicaciones finales, etc. [3]

⁸ Ejemplos típicos de este modelo son los servicios de Gmail, Hotmail, etc.

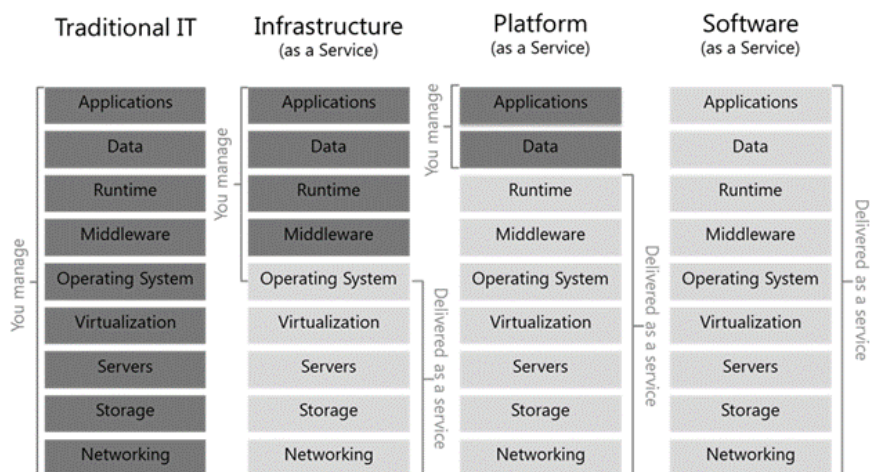


Figura 1: Modelos de servicios de computación en la nube [3]

Como se aprecia en la Figura 1, los modelos de servicios de computación en la nube abarcan un ecosistema de servicios, socios y terceros que habilitan su operación. Esto se debe a que cada servicio, se alimenta y se construye sobre otro o junto a otro; generando así, mejores prácticas, procesos reutilizables, estándares de operación y de interfaces de programación, comunidades de usuarios, etc.

Si bien, muchos proveedores ⁹ofrecen soluciones de computación en la nube, la utilización de estándares abiertos y herramientas de código libre para el desarrollo de aplicaciones y gestión de infraestructura conlleva principalmente dos beneficios: a) Atraer y retener conocimiento organizacional y b) Reducir costos al independizarse de un proveedor comercial.

También, al aprovechar las herramientas compatibles con múltiples nubes, las aplicaciones cuentan con el criterio de portabilidad lo que permite migrar fácilmente a nubes públicas como una estrategia del plan de recuperación de desastres **DRP**, o cuando el cumplimiento de la política de seguridad requiere una infraestructura de contingencia en ubicaciones geográficas diferentes. A lo que se suma, el aprovisionamiento elástico de recursos de cómputo y/o almacenamiento, por lo que la institución puede aprovechar esta escalabilidad para adaptarse a cualquier los perfiles de demanda, evitando el riesgo de sobredimensionar requerimientos de recursos físicos para su adquisición, o la subutilización cuando finaliza la actividad específica para la que se creó.

Cuando la virtualización tomó lugar en los centros de datos como una alternativa a la gestión de los servidores físicos, la Universidad de Cuenca adoptó el modelo propuesto por la empresa **VMWare**, que comprende los siguientes productos [4]: 1) Hipervisor **ESXi**: encargado de virtualizar el hardware y proveerlo como recurso al sistema operativo, 2) **vSphere**: separa las aplicaciones y el sistema operativo del hardware subyacente, y ofrece a **ESXi** herramientas de transferencia en línea, gestión de seguridad avanzada, control de E/S de red y almacenamiento, etc. Sin

⁹ como Microsoft, Oracle, VMWare e IBM

embargo, bajo la óptica de ofrecer *IaaS*, no es una solución viable principalmente por que no permite la gestión diferenciada y aislada de varios dominios y/o proyectos, su gestión de autenticación y autorización no permite la granularidad suficiente para diferenciar roles y servicios, no es autónomo para el usuario ya que necesita la operación de un administrador, no permite el crecimiento elástico de los recursos de cómputo o almacenamiento. [5]

- **Trabajos Relacionados.**

El proyecto OpenStack es una colaboración global de desarrolladores que mantienen los componentes de la plataforma para la construcción de nubes públicas y privadas. Alrededor del mundo, muchas de las marcas de tecnología más importantes, como: AT&T, CERN, Walmart, Best Buy, Comcast, eBay, PayPal, SAP, Time Warner Cable, Verizon, Visa, Wells Fargo y Yahoo!, entre otros[6], dependen de OpenStack para ejecutar sus negocios todos los días, reduciendo sus costos operativos.

El proyecto OpenStack se lanzó en 2010, convirtiéndose en una de las comunidades de código abierto de más rápido crecimiento en el mundo [7], respaldado por comunidades activa de desarrolladores y algunos de los nombres más importantes de la industria, como RedHat, Canonical o Huawei.

En este contexto, la Universidad de Cuenca ha emprendido varios proyectos con el fin de migrar la infraestructura de servicios hacia tecnologías de computación en la nube. En [8] se presenta la infraestructura adoptada para soportar la arquitectura de microservicios sobre la que actualmente se están desplegando las nuevas aplicaciones que soportan los procesos académicos y administrativos. Como complemento, en este trabajo, se presentará la arquitectura para la plataforma de Infraestructura como Servicio sobre OpenStack que ha sido desplegada y puesta en producción, siendo pioneros en el despliegue de una nube privada para una Universidad en el contexto ecuatoriano.

En el contexto Latinoamericano, se identificaron reportes formales de despliegues de OpenStack en Universidades en Colombia[9] y en Brasil [10]. Sus autores coinciden en los beneficios para la optimización de recursos de cómputo, reducción de costos, y la explotación ilimitada de la funcionalidad de OpenStack lo que favorece a la construcción de conomiento en el área de tecnologías de información y comunicación.

3. Arquitectura para la Plataforma de Infraestructura como Servicio sobre OpenStack

En un centro de datos convencional se pueden distinguir principalmente tres componentes: redes, almacenamiento, cómputo (procesamiento y memoria); además, existe un conjunto de servicios de red: servicio de nombres de dominio (DNS), servicio de asignación de direcciones de red (DHCP), ruteo, cortafuegos, directorio activo, servicio de respaldo de información, que se ejecutan sobre estos componentes. Todos estos elementos, constituyen una pila de servicios de infraestructura sobre los que se ejecutan los sistemas informáticos de una organización.

Una plataforma de Infraestructura como Servicio *IaaS*, debe estar en la capacidad de proveer todos estos servicios a los usuarios, a través de paquetes de software que provean una interfaz que permita su configuración y utilización de la manera más sencilla. Como se explica más adelante, varios proyectos de software libre colaboran para conseguir esta pila de servicios de infraestructura interoperables, que utilizan estándares abiertos y colaboran con el conocimiento abierto a través de sus foros comunitarios.

La concepción del proyecto parte del análisis de las herramientas que permitirán la construcción de la plataforma. Una vez seleccionada la modalidad de despliegue, es necesario realizar una disección de la tecnología implicada que permita identificar y aislar los puntos de fallo, los flujos de comunicación entre los componentes, el comportamiento de los elementos de red abstraídos por los gestores de red, y el procedimiento adecuado para migrar las máquinas del ambiente de virtualización propietario hacia la plataforma OpenStack. Los puntos relevantes dentro de estas actividades se resumen en las siguientes secciones.

- **Selección de la modalidad de despliegue**

La documentación del proyecto OpenStack [11] es muy amplia y detallada, e incluye guías de implementación que habilitan a los lectores para el despliegue de su propia nube, desde una pequeña que puede ejecutarse sobre una máquina virtual (como Devstack [12] o Packstack [13]) hasta un clúster instalado a través de los archivos de configuración de los proyectos nucleares de OpenStack. Sin embargo, si bien estas instalaciones son funcionales y permiten ejercitar en la instrumentación de la nube, estas no son recomendadas para ponerlas en producción.

En primer lugar, se debe considerar que OpenStack es un sistema altamente acoplado, y un cambio de configuración puede echar abajo el trabajo de varios días; esto, debido a la inconsistencia en los parámetros relacionados entre los componentes. Razón por la cual, en la documentación sobre las modalidades de despliegue [14], se recomienda contar con una herramienta que permita gestionar los componentes de OpenStack, de tal manera que se minimicen los errores humanos, y el tiempo invertido en su depuración [14]. Estos sistemas de control de despliegue, a través de metadatos, habilitan la instalación de los componentes de OpenStack, y posteriormente, coordinan su interrelación. Para esto, existen varias herramientas citadas por la comunidad de usuarios, como son: RedHat Triple O, Mirantis Fuel, Charmed OpenStack, entre las más utilizadas [6].

Para la selección de la herramienta de despliegue automatizado se realizaron pruebas de concepto sobre servidores físicos y virtuales, y con el análisis de los factores mostrados en la Tabla 1, se seleccionó la herramienta de automatización del despliegue. El primer factor a considerar, fue la necesidad de contar o no con licenciamiento, sea esta para el sistema operativo o para los elementos de la nube. Luego, se observó la documentación abierta; y que, en detalle incluya tanto los pasos para el despliegue, así como, foros de ayuda para la solución de problemas que pudieran presentarse. Finalmente, se optó por el despliegue con el procedimiento recomendado por Canonical llamado *Charmed OpenStack*.

Tabla 1: análisis de la herramienta de despliegue automatizado

Tecnología	RedHat OpenStack – Triple O	Charmed OpenStack	Mirantis Fuel
Licenciamiento	Si. requiere utilizar RHSM para descargar paquetes de repositorios	No. se puede desplegar la plataforma sin necesidad de licenciamiento	Si
Documentación	Limitada. Es necesario poseer una cuenta de soporte de RedHat	Escasa, pero se encuentra información en foros y blogs de la	No

	para acceder a la documentación. La Comunidad no escribe sobre las herramientas de RedHat.	comunidad	
Herramientas	Director, despliegue OpenStack sobre OpenStack	MaaS, Juju y charms	Puppet y varios complementos desarrollados por Mirantis para el despliegue sobre Fuel
Experiencias conocidas	Si	Si	No
Comunidad	No	Si	No
Actualización	re-instalación porque el método de despliegue está atado a la versión de OpenStack	actualización a través de Juju, casi automático	actualización a través de Fuel
Familiaridad con distribución utilizada	No. No se utilizan el sistema operativo en los servicios que actualmente están operativos	Si. Existen varios servicios que operan sobre Ubuntu.	Si. Existen varios servicios que operan sobre Ubuntu.

- **Diseño de la arquitectura de la nube para la Universidad de Cuenca.**

Ubuntu’s Canonical Charmed OpenStack comprende un conjunto de herramientas que automatizan el despliegue de una nube basada en OpenStack, a través de elementos preconfigurados llamados *charms*. Esta modularización de los componentes, ofrece varias ventajas como la facilidad para desplegar unidades de cada aplicación sobre diferentes nodos físicos, sean estos directamente sobre el sistema operativo o dentro de contenedores *LXD* [15], de tal manera que se cuenta con un componente distribuido en alta disponibilidad (lo que da un punto adicional sobre la estabilidad de la plataforma). Además, a la hora de actualizar los sistemas, la abstracción de los *charms* permite implementar cambios sin afectar la estabilidad de las máquinas virtuales y/o servicios que se ejecutan sobre ellas.

En la pila de servicios de infraestructura recomendada por Canonical se tienen las capas indicadas en la Figura 2, iniciando desde la capa inferior: (A) Plataforma de aprovisionamiento de recursos físicos (bare metal), (B) Sistema Operativo, (C.1) Hipervisor, (C.2) *Software Defined Networking*, (C.3) *Software Defined Storage*, (D) Infraestructura como Servicio, (E.1) Máquinas Virtuales, (E.2) Contenedores como Servicio, y finalmente, (F) Microservicios. De esta pila, el proyecto presentado en este trabajo, aborda el despliegue de las capas, de la (A) a la (D).

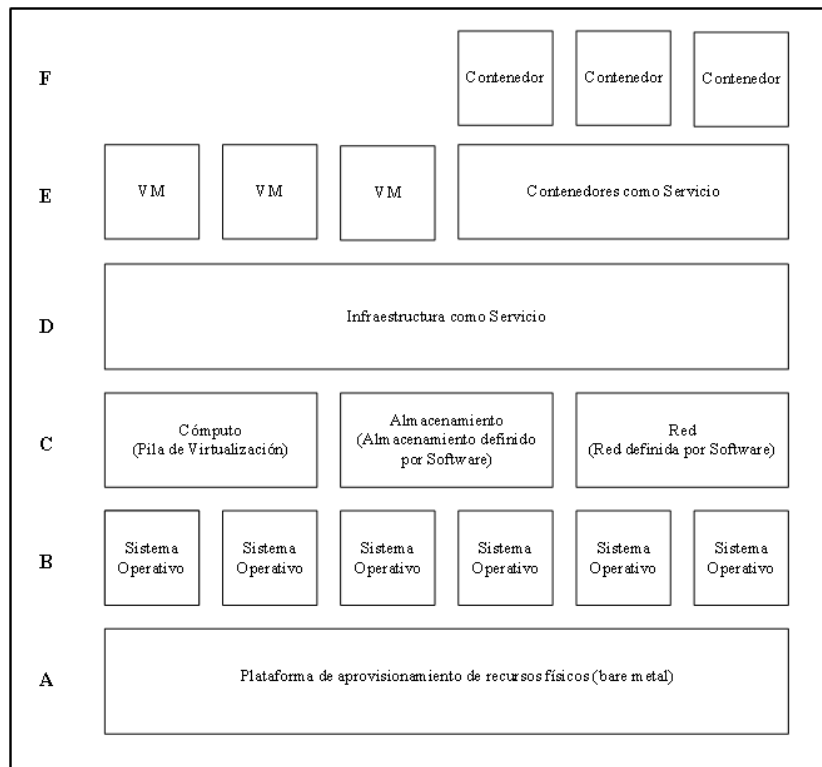


Figura 2: ecosistema de software libre para la infraestructura definida por software que se implementó en la Universidad de Cuenca.

En la capa (A), se despliegan los componentes de control tanto de los servidores físicos, como de la nube. Para esto, se utilizan dos herramientas: *MaaS* [16] y *Juj* [17] que se ejecutan directamente sobre los servidores físicos, y son los puntos de configuración de los componentes que soportarán la ejecución de OpenStack¹⁰. *MaaS - Metal as a Service* o metal como servicio, es un software de gestión de recursos físicos a través del que se aprovisionan los recursos de cómputo, de almacenamiento y de red. Este software, permite la gestión de servidores ubicados en diferentes regiones geográficas y bastidores alojados en cada una de ellas, como un sólo conjunto. A través de un proceso de reconocimiento de los elementos físicos con *IPMI* y *BMC* [18], toma control de las máquinas y despliega sobre ellas un sistema operativo modificado y adaptado para la gestión remota, que sirve como base para la capa (B). A la par con *MaaS*, se tiene a *Juju*, que es el controlador de la nube y el orquestador de los *charms* que darán vida a OpenStack, y los *charms* que dotarán de funcionalidad adicional como colectores de registros de eventos y procesamiento centralizado, gestión de despliegue de máquinas virtuales a través de plantillas con formato [19], entre otros.

Una vez que se cuenta con *Juju*, se genera la capa de control de la nube (C). En esta capa, se encuentran los elementos esenciales de un centro de datos que se habían indicado al inicio de este apartado: a) un Hipervisor (*KVM*[20], *Qemu*[21] u otro) que se encarga de la virtualización y aprovisionamiento de los recursos de cómputo (procesamiento y memoria), b) un gestor de red definido por software (*OpenVirtualSwitch*[22]), y c) un gestor de almacenamiento definido por software que se encarga de gestionar los discos duros y la réplica de datos dentro de

¹⁰ En este trabajo, se describen brevemente estos elementos, pero si se desea más información sobre ellos se puede consultar su documentación oficial [27].

arreglos de discos duros (**Ceph**[23]). Finalmente, en (D) se presentan los elementos de gestión de la nube, que permiten abstraer a través de una interfaz web un centro de datos para cada proyecto que se cree sobre él.

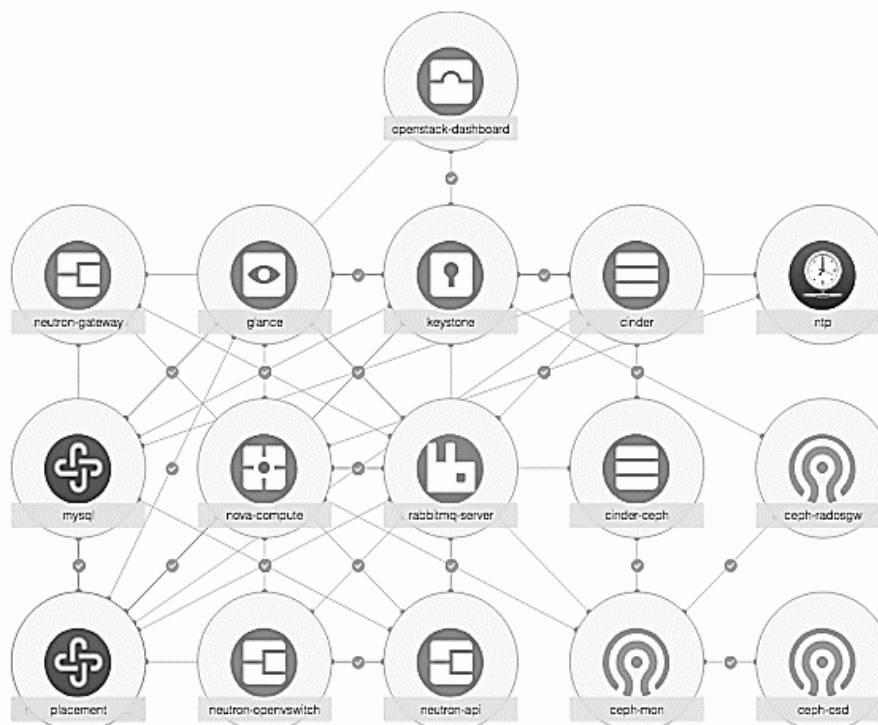


Figura 3: componentes (charms) que conforma la plataforma OpenStack. [24] y son desplegados sobre la capa (D) de la Figura 2

Por otro lado, en la Figura 3, se muestran los componentes básicos requerido para el despliegue de una nube funcional sobre OpenStack según el procedimiento publicado por Canonical en su sitio web [24]. Esta plataforma básica, se construye sobre cuatro servidores físicos: un servidor para los elementos de control, y tres servidores para los elementos de cómputo. En base a esta configuración, y luego de probar su funcionalidad, se extendió el modelo para la nube de la Universidad de Cuenca, que está conformada por los recursos físicos indicados en la Tabla 2. Sobre los nodos de Control de Nube se despliegan tanto **MaaS** como **Juju**, y sobre los demás, se despliegan los componentes de OpenStack. Esta configuración da como resultado un clúster con 100TB de almacenamiento definido por software que es gestionado por **Ceph**, 1TB de RAM y 72 cores de CPU gestionados por Nova Compute, y otros **charms** relacionados.

Tabla 2: Recursos físicos para la plataforma OpenStack

Nodo	U	RAM	CPU	Almacenamiento	Red
Control de Nube	1	64GB	2, 12 Cores c/u	1 disco, 2TB c/u, SAS	2, 10GB SPF+ 2 1GB mgmt
Control de IaaS	3	64GB	1, 12 Cores c/u	2 discos, 2TB c/u, SAS 1 disco, 800GB, SSD	2, 10GB SPF+ 2, 1GB mgmt
Recursos de IaaS	6	512GB	2, 12 Cores c/u	4 discos, 4TB c/u, SAS 1 disco, 800GB, SSD	4, 10GB SPF+ 2, 1GB mgmt

• **Diseño de red de la plataforma**

Otro de los aspectos esenciales para el despliegue exitoso de la plataforma de Infraestructura como Servicio sobre OpenStack, es la configuración de la red. Para la implementación, se utilizaron seis subredes virtuales, que se indicarán posteriormente. Además, con la unión de interfaces de red se simuló un incremento en el gran ancho de banda, de manera que las aplicaciones solo verán una interfaz de red y permite conseguir tolerancia a fallos a nivel de las interfaces físicas de los servidores.

Estas redes configuradas en los conmutadores de la plataforma, son abstraídas por *MaaS*, y entregadas a los componentes a través de *espacios* que se configuran automáticamente en *Juju*. Por lo que, dependiendo de estos *espacios* y los *endpoints* que se requieran para cada componente, se cuenta con una configuración de red específica que habilitará en el momento de establecer una relación. Con mayor detalle, en la Figura 4, se muestra la recomendación que se adoptó para la configuración de la red en los servidores físicos. Si bien, todas las redes virtuales se transmiten por los hilos de fibra, la utilización de etiquetas de red facilita su gestión tanto en los conmutadores, como su posterior abstracción en *MaaS*.

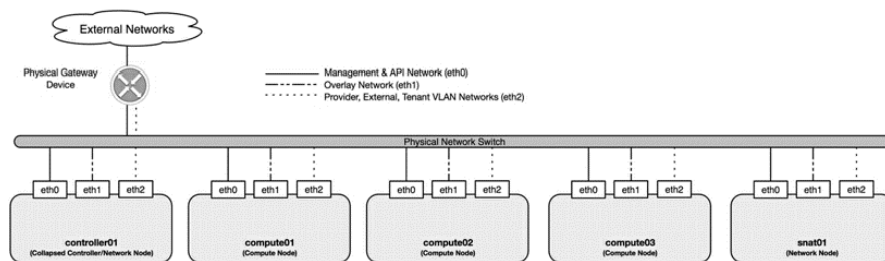


Figura 4: conexiones de red recomendadas para el despliegue de una plataforma IaaS sobre OpenStack [25]

Como se indicó antes, se definieron seis redes virtuales para dar conectividad a los diferentes componentes y sus *endpoints* (Figura 5). Los rectángulos sombreados, representan los espacios de red en *MaaS* y las líneas punteadas la asignación a cada componente. La red interna, es la encargada de brindar la conectividad entre los componentes que dan soporte a la operación de la plataforma: servicio de mensajería *Rabbitmq* [26], la base de datos de configuraciones sobre *Percona-MySql*[26], los componentes de acceso al clúster de almacenamiento *Ceph* (*Cinder*[26], *Cinder-Ceph*[26] y *Ceph-Radosgw*[26]), el servicio de monitoreo de recursos *Ceilometer*[26], el servicio de autenticación, autorización y acceso *Keystone*[26], el servicio de imágenes *Glance*[26].

Por otra parte, los componentes del clúster de almacenamiento *Ceph*[26], donde se encuentran los discos físicos, se comunican a través de la red de almacenamiento interna; mientras que la red de almacenamiento pública, permite el acceso a las interfaces de programación *API* y el consumo de los servicios publicados en sus *endpoints*.

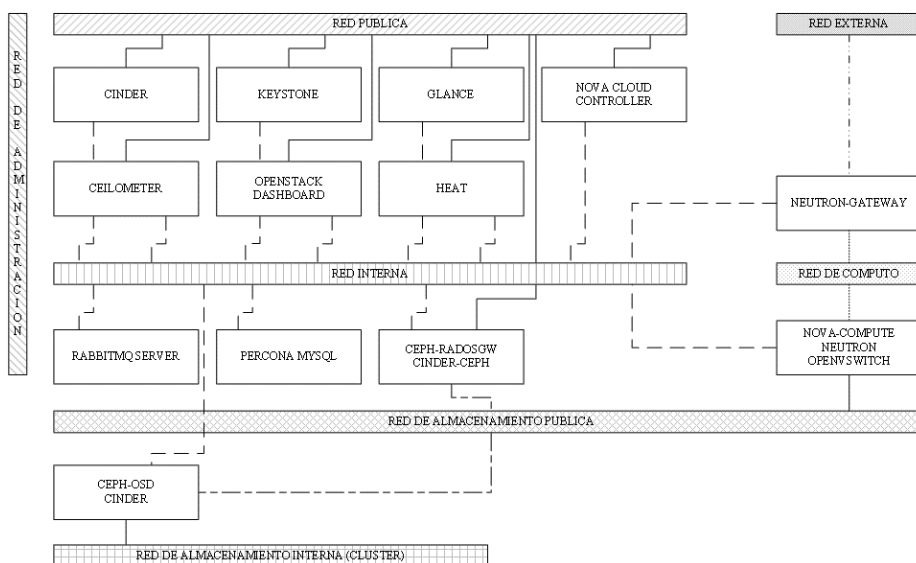


Figura 5: configuración de red de la plataforma OpenStack

La red de cómputo está asignada a los elementos de virtualización, y su interfaz con Neutron, que contiene el gestor de red definida por software. Por último, la red externa corresponde al espacio de direcciones que se asignarán a las instancias que se creen sobre la plataforma.

4. Beneficios

La implementación de una plataforma de infraestructura como servicio trae implícitamente varios beneficios, y otros se han descubierto durante la ejecución del proyecto. En primer lugar, la abstracción de la infraestructura física para que sea gestionada por software permite que los usuarios dispongan de recursos de cómputo, redes, acceso y plataformas exigiendo en menor grado un conocimiento de los elementos físicos y su configuración subyacente. Esto, de tal manera, que la creación de instancias de cómputo se convierte en un ejercicio de selección de elementos *a la carta*.

También, habilita el cambio paulatino de una infraestructura local *on-premise* hacia una infraestructura distribuida y transparente en la gestión, sin la necesidad de incurrir en costos de mantenimiento especializado y licenciamiento de la marca. Así también, se ha logrado normalizar la provisión de máquinas virtuales temporales para grupos de investigación que lo requieren para el procesamiento de datos. De esta manera, se promueve el mantenimiento de las actualizaciones permanentes de los componentes de la plataforma sin la necesidad de contar con un servicio comercial contratado.

Por otro lado, se observan aspectos importantes para el crecimiento del conocimiento organizacional. Desde el punto de vista de la gestión del talento humano, este es un aspecto muy importante, puesto que se ha demostrado una vez más que el uso del Software Libre conduce al desarrollo de competencias blandas, como son: análisis de problemas, autoformación, investigación, generación de conocimiento por observación, como las principales. Adicionalmente, el desarrollo de este proyecto ha sido una manera para poner a prueba las comunidades de usuarios que siguen la filosofía del software libre aplicada con la colaboración desinteresada de personas que confían que el aprendizaje colectivo, y lleva a la innovación abierta.

Para la DTIC, se abre un mundo de posibilidades para el despliegue de

aplicaciones modulares que son distribuidas sobre infraestructura como servicio.

5. Conclusiones y trabajos futuros

La construcción de una plataforma de Infraestructura como Servicio sobre OpenStack ha sido una experiencia enriquecedora por los factores expuestos anteriormente. Pero también, ha sido un camino lleno de problemas e inconvenientes. En algunos casos se han podido solventar con éxito y en otros han obligado a realizar un replanteamiento de la solución escogida. Como conclusión de este trabajo, se puede decir que la plataforma construida cuenta con criterios de alta disponibilidad, procesamiento y almacenamiento distribuido; donde se ha probado eventos críticos como recuperación de fallos de hardware y adición de elementos de almacenamiento posteriores a su implementación, a través de pruebas formales y documentadas que sobrepasan el objetivo de este documento. Sin embargo, están abiertas a la comunidad y pudieran ser consultadas si se requiere profundizar en los aspectos profundos de esta implementación.

El equipo de proyecto ha planteado los siguientes proyectos a futuro con el fin de mejorar la gestión de la plataforma. En primer lugar, se está evaluando una herramienta que permita la *Migración de Máquinas Virtuales entre el ambiente VMWare y OpenStack*. Luego, debido a que cada componente genera una importante cantidad de registros de eventos es un momento dado, es necesario contar con la *Implementación de una plataforma de correlación de eventos y alertas*. Adicionalmente, es necesario con estrategias de recuperación de desastres para lo que se realizará la *Implementación de un mecanismo de auto-healing para la migración en caliente de instancias en casos de fallos de hardware*, y la *Implementación de un mecanismo de respaldos y de recuperación de desastres como servicio*, a través de herramientas desarrolladas en casa o en la modalidad *SaaS*.

Agradecimientos

Detrás del éxito de este proyecto, existen muchas voluntades que sumaron a la hora de materializarlo. Particularmente, el agradecimiento está dirigido a los compañeros Cristian Miño, Diego Paredes y Christopher Morocho, así como al coordinador de Redes e Infraestructura, Diego Rodríguez, por compartir su visión, dedicación, colaboración, y apoyo constante.

Referencias

- 1 Asamblea Nacional - República del Ecuador, “Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación,” 2016.
- 2 Cloud Native Computing Foundation, “Cloud Native Computing Foundation,” 2018. [Online]. Available: <https://github.com/cncf/toc/blob/master/DEFINITION.md>. [Accessed: 09-May-2020].
- 3 NIST, “SP 800-145, The NIST Definition of Cloud Computing | CSRC,” 2011. [Online]. Available: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>. [Accessed: 25-May-2020].
- 4 VMware, “VMware vSphere.”
- 5 M. Serrano and V. desde Cero, “¿Qué es Openstack? VMware vs Openstack - YouTube.” [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=n628Y2NYcXQ>. [Accessed: 25-May-2020].
- 6 O. Foundation, “User Stories Showing How The World #RunsOnOpenStack,” 2020. [Online]. Available: <https://www.openstack.org/user-stories/>. [Accessed: 09-May-2020].
- 7 R. S. Couto et al., “Building an IaaS cloud with droplets: a collaborative experience with OpenStack,” *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 117, pp. 59–71, 2018.
- 8 J. Ávila, G. Campoverde, and V. Saquicela, “Arquitectura Basada en Microservicios para Aplicaciones en Alta Disponibilidad.”
- 9 R. A. C. Ospino, P. F. P. Arteaga, and J. N. P. Castillo, “Lessons learned in the design

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

and implementation of a private cloud for high-performance computing using OpenStack in existing university infrastructure,” pp. 558–567, 2015.

- 10** L. Lidia, D. Costal, J. Ralyt, X. Franch, and M. C. Annosi, “Advanced Information Systems Engineering,” vol. 3520, pp. 524–539, 2005.
- 11** OpenStack Foundation, “What is OpenStack?,” 2020. [Online]. Available: <https://www.openstack.org/software/>. [Accessed: 14-May-2020].
- 12** O. Foundation, “OpenStack Docs: DevStack.” [Online]. Available: <https://docs.openstack.org/devstack/latest/>. [Accessed: 25-May-2020].
- 13** O. Foundation, “Packstack — RDO.” [Online]. Available: <https://www.rdoproject.org/install/packstack/>. [Accessed: 25-May-2020].
- 14** OpenStack Foundation, “OpenStack Docs: Planning for deploying and provisioning OpenStack,” 2020. [Online]. Available: <https://docs.openstack.org/operations-guide/ops-planning.html>. [Accessed: 14-May-2020].
- 15** Canonical, “Linux Containers - LXD - Introduction.” [Online]. Available: <https://linuxcontainers.org/lxd/introduction/>. [Accessed: 25-May-2020].
- 16** Canonical, “MAAS | Metal as a Service.” [Online]. Available: <https://maas.io/>. [Accessed: 25-May-2020].
- 17** Canonical, “JAAS - Juju as a Service | Juju.” [Online]. Available: <https://jaas.ai/>. [Accessed: 25-May-2020].
- 18** S. Documentation, “Supermicro IPMI Utilities | Supermicro Server Management Utilities | Supermicro.” [Online]. Available: <https://www.supermicro.com/en/solutions/management-software/ipmi-utilities>. [Accessed: 25-May-2020].
- 19** O. Foundation, “OpenStack Docs: YAML.” [Online]. Available: https://docs.openstack.org/murano/pike/admin/appdev-guide/murano_pl/yaml.html. [Accessed: 25-May-2020].
- 20** OpenStack Foundation, “OpenStack Docs: KVM.” [Online]. Available: <https://docs.openstack.org/mitaka/config-reference/compute/hypervisor-kvm.html>. [Accessed: 25-May-2020].
- 21** OpenStack Foundation, “OpenStack Docs: QEMU.” [Online]. Available: <https://docs.openstack.org/ocata/config-reference/compute/hypervisor-qemu.html>. [Accessed: 25-May-2020].
- 22** L. Foundation, “Open vSwitch.” [Online]. Available: <http://www.openvswitch.org/>. [Accessed: 25-May-2020].
- 23** C. Foundation, “Ceph Homepage - Ceph.” [Online]. Available: <https://ceph.io/>. [Accessed: 25-May-2020].
- 24** Canonical, “openstack base | Juju.” [Online]. Available: <https://jaas.ai/openstack-base>. [Accessed: 17-May-2020].
- 25** J. Denton, Learning OpenStack Networking: Build a solid foundation in virtual networking technologies for OpenStack-based Clouds, Third. 2018.
- 26** OpenStack Foundation, “OpenStack Components.” [Online]. Available: <https://www.openstack.org/software/project-navigator/openstack-components#openstack-services>. [Accessed: 25-May-2020].
- 27** Canonical, “OpenStack on Ubuntu is your scalable private cloud, by Canonical | Ubuntu,” 2020. [Online]. Available: <https://ubuntu.com/openstack>. [Accessed: 14-May-2020].

Implementación de tecnologías disruptivas en la educación superior. Caso de la Universidad Estatal a Distancia

Francisco Durán Montoya^a, Rolando Rojas Coto^a

^a Dirección de Tecnología de Información y Comunicaciones, Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica
fduran@uned.ac.cr, rorojas@uned.ac.cr

Resumen. La presente investigación contiene una descripción de las diferentes implementaciones tecnológicas innovadoras y disruptivas que se han realizado en los últimos 5 años en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. Se detallan diferentes implementaciones relacionadas a proyectos de varios laboratorios orientados a la docencia, los cuales han llevado la virtualización, en diferentes grados, a sus grupos de estudiantes y profesores. Asimismo, se incluye una descripción de la labor realizada por algunos laboratorios de investigación que se dedican a la innovación abierta, así como al desarrollo de soluciones del internet de las cosas. En el documento se incluyen ejemplos de: laboratorios virtuales, remotos, simuladores, manufactura, así como sistemas de información geográfica, predictivos, realidad aumentada, realidad virtual e impresión 3d. En cada caso, se detallan los resultados y logros obtenidos por cada proyecto de implementación, beneficiarios, costos y desarrollos futuros que se encuentran actualmente pendientes. Finalmente, luego de realizar el compendio tecnológico, se presentan unas conclusiones a manera de cierre.

Palabras Clave: Tecnologías disruptivas, innovación, UNED, laboratorio remoto, virtualización, fabricación, impresión 3d.

Eje temático: Tecnologías disruptivas en la Universidad.

1. Introducción

La Universidad Estatal a Distancia (UNED) es una institución de educación superior a distancia, la cual brinda opciones a todos los sectores de la población costarricense, por medio de diversos medios tecnológicos, en especial aquellos que permitan “la interactividad, el aprendizaje independiente y una formación humanista, crítica, creativa y de compromiso con la sociedad y el medio ambiente.” [1]

Con una población estudiantil cercana a los 35.000 estudiantes, la UNED brinda oportunidades de formación, de frontera a frontera en el territorio costarricense, por lo que, para el cumplimiento de sus objetivos, se ha planteado varios retos mediante el uso de herramientas tecnológicas y un enfoque en la tecnología educativa, desde su génesis. Esta ventaja, le ha permitido una introducción temprana de tecnologías e innovación a ritmos más acelerados que en otras instituciones de educación superior.

Basado en el concepto planteado por Christiansen (1996) de tecnología disruptiva, considerada como aquella implementación tecnológica mediante la cual se introducen nuevos atributos en la prestación de servicios, a la vez que se modifican las conductas de consumo existentes en la industria, es posible que varias de las tecnologías educativas utilizadas en la UNED desde su creación en 1977, apliquen a esta descripción. [2]

Considerando la importancia de la implementación de tecnologías que mejoren los procesos en la universidad y que logren diferenciarla de otras instituciones de educación superior, se propone un estudio de los últimos cinco años de proyectos e implementaciones tecnológicas disruptivas que permitan visualizar parte de esta innovación en los procesos académicos, administrativos y de investigación de la UNED.

2. Metodología

El presente documento incluye una investigación descriptiva cualitativa, donde se abarcan diferentes tecnologías disruptivas utilizadas en la UNED, en los últimos 5 años. Para la realización de esta investigación se buscaron proyectos, instancias académicas, administrativas o de investigación que se caracterizaran por el enfoque en la innovación.

Se seleccionó específicamente al Laboratorio de Fabricación (Fab Lab) Kä Träre y el Laboratorio de Investigación e Innovación Tecnológica (LIIT) los cuales pertenecen a la Vicerrectoría de Investigación y ambos han sido pioneros en el uso de varias tecnologías disruptivas en la UNED. Asimismo, han contribuido en el desarrollo de proyectos innovadores en diferentes áreas de la institución por medio de trabajos colaborativos conjuntos con estas otras instancias.

En el área docente, se seleccionaron los laboratorios utilizados por las carreras de Ingeniería Informática, Ingeniería en Telecomunicaciones e Ingeniería Industrial, pertenecientes a la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales de la Vicerrectoría Académica de la UNED. Esta selección se realizó debido a la orientación a distancia de dichas carreras y el reto que tienen a la hora de presentar una oferta virtualizada utilizando herramientas y tecnologías innovadoras.

A todas las personas encargadas de los diferentes laboratorios, se les aplicó un instrumento metodológico, mediante el cual aportaron cada uno de los aspectos más relevantes de sus implementaciones disruptivas. Cada persona entrevistada brindó su consentimiento informado para la participación en este estudio y además gentilmente aportaron sus conocimientos en el área, lo que fortaleció la

investigación.

Como parte del objetivo general del presente trabajo, se busca describir los diferentes usos de las tecnologías disruptivas que se han implementado en la UNED, usando como base la definición de tecnología disruptiva planteada por Christiansen (1996). [2]

Asimismo, se pretende detallar los usos y aplicaciones de estas implementaciones tecnológicas disruptivas en la UNED. Se presentan además los usos asociados a los diferentes cursos y poblaciones que atiende la institución.

Finalmente, se pretende brindar una explicación basada en el criterio experto de los participantes en el estudio, de los beneficios, recomendaciones y trabajos futuros pendientes para todo este tipo de tecnologías. Los autores aportan además sus conclusiones como punto final del trabajo.

3. Implementaciones disruptivas en la UNED

A continuación, se presentan las diferentes implementaciones disruptivas que se han venido desarrollando en la UNED por parte de diferentes laboratorios académicos y de investigación en los últimos años y que merecen atención debido a su impacto, estrategia o modelo innovador.

3.1. Laboratorios virtuales de la Ingeniería Informática

Uno de los primeros proyectos institucionales, que en los últimos años ha implementado tecnologías disruptivas en la UNED, consiste en un laboratorio virtual utilizando tecnologías Microsoft para infraestructura de escritorios virtuales (VDI por sus siglas en inglés, Virtual Desktop Infrastructure). Es importante mencionarlo en primera instancia ya que ha servido de base para otras implementaciones posteriores.

La tecnología de VDI es muy habitual en ambientes administrativos para el aprovisionamiento de escritorios de trabajo, no obstante, en caso de la Ingeniería Informática de la UNED se utilizaron los beneficios de estas herramientas para el aprovisionamiento de laboratorios a nivel virtual.

A nivel de hardware, estos laboratorios consisten en la implementación de un clúster de varios servidores que permiten virtualizar el escritorio de un estudiante para que pueda utilizar todas las tecnologías que se requieren en los cursos de programación de sistemas de la carrera de informática.

De esta manera, los estudiantes no requieren la instalación de ningún software complejo en su equipo propio, sino que la Institución les provee un ambiente controlado donde se instalan los sistemas, servidores, ambientes de programación y bases de datos.

La implementación de este proyecto se realizó bajo un criterio de neutralidad tecnológica por lo que se instala software de licencias privativas como es el caso de Visual Studio.NET, Internet Information Server y Microsoft SQL Server, así como también se proveen escritorios con software libre, con implementaciones como, por ejemplo: Apache, Java, NetBeans y MySQL Server, entre otros.

El único requisito para el estudiante consiste en poseer una conectividad adecuada para el acceso a sus escritorios virtuales, así como tener un dispositivo tecnológico que permita la ejecución del software de escritorio remoto.

Para la UNED este es un proyecto innovador ya que lo normal para la atención de

esta necesidad estudiantil, sería que se aprovisionen laboratorios de cómputo físicos, los cuales suponen un cierto nivel de presencialidad, lo que contrasta con el modelo a distancia propuesto por la misma universidad. Por esta razón este proyecto marca un hito en la prestación del servicio de laboratorios poniendo a disposición de estudiantes el servicio sin importar las distancias y utilizando herramientas 100% virtuales.

Particularmente, con diferentes eventos de fuerza mayor, como por ejemplo las inundaciones causadas por el paso de diferentes huracanes, los cuales han afectado diferentes regiones de Costa Rica o incluso con la pandemia y el estado de emergencia nacional decretado con respecto al COVID-19, este proyecto no ha tenido ningún tipo de impacto ya que los estudiantes que tienen acceso a la plataforma han podido continuar sus estudios sin ningún tipo de interrupción.

A nivel financiero, este proyecto tuvo una inversión inicial en hardware y software cercana a los \$40.000, con una capacidad para atender a unos 50 estudiantes por cuatrimestre. En total, a la fecha se ha requerido una inversión total de \$120.000 y con esta inversión se atiende actualmente a un promedio de 110 estudiantes por cuatrimestre, teniendo una capacidad máxima para atender a un total de 140 estudiantes concurrentemente.

El mantenimiento que requiere es mínimo ya que solamente se cuenta con un recurso humano que gestiona la plataforma con una jornada de un cuarto de tiempo, lo cual representa un costo muy bajo si se considera el impacto institucional que tiene en términos de la cantidad de beneficiarios.

En la actualidad, el proyecto es fundamental para los procesos de acreditación de las carreras de informática y además se encuentran en un proceso de actualización de la plataforma ya que iniciaron con la implementación del laboratorio virtual desde el año 2016 y esta plataforma misma se ha venido ampliando y desarrollando en los últimos 5 años por lo que para los próximos años, los encargados del proyecto tienen programada una renovación como parte de la actualización y modernización tecnológica.

3.2. Laboratorios remotos de la Ingeniería en Telecomunicaciones

Después de contar con una implementación tecnológica exitosa en la UNED de un proyecto de VDI, el paso natural siguiente fue el de contar con un laboratorio remoto.

Por esta razón, la carrera de la Ingeniería en Telecomunicaciones se propuso brindar una alternativa 100% virtual en su oferta y por lo tanto llevó a cabo una implementación de laboratorios en dos vías: laboratorios virtuales (utilizando tecnologías de simulación) y laboratorios remotos (con capacidades de instrumentación).

El laboratorio virtual implementado por la Ingeniería en Telecomunicaciones, consiste en el uso de software de simulación que al igual que el proyecto de VDI, provee acceso directamente a los estudiantes para ingresen a sistemas que permitan simular escenarios reales por medio de herramientas tecnológicas especializadas.

Concurrentemente, este laboratorio se diseñó para atender una capacidad máxima de 40 estudiantes, sin embargo, con la oferta actual, se están atendiendo a unos 15 estudiantes por cuatrimestre.

El caso del laboratorio remoto es un poco más complejo que las implementaciones anteriores ya que requiere de hardware especializado que permite realizar una instalación de equipo físico que se encuentra en el laboratorio de telemática y que

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

es provisionado por un operador humano, el cual configura y conecta un ambiente que luego es operado por los estudiantes que se conectan remotamente al software y visualizan la instalación física realizada por el operador.

La implementación utiliza hardware y software especializado como, por ejemplo: la solución de Emona TIMS la cual provee kits para este tipo de laboratorios.

Parte de los problemas que han tenido que resolver, consiste en eliminar las interferencias y los ruidos generados en un laboratorio físico donde intervienen partes físicas conectadas entre sí, las cuales, en un ambiente real, no presentan este tipo de interacciones no deseadas al no tener la misma densidad que existe en un único laboratorio con múltiples puntos de conexión.

Hasta ahora la experiencia ha sido muy positiva y se ha logrado realizar una integración entre la plataforma institucional Moodle de aprendizaje en línea (LMS por sus siglas en inglés, Learning Management System); el portal de servicio del estudiante y el profesor; así como la conexión con los sistemas de VDI utilizados para brindarle acceso al estudiante a las simulaciones y software de instrumentación remota.

Esta implementación apenas lleva un año de haberse realizado y ha atendido a un total de 75 estudiantes por medio del LMS. En términos económicos, se han invertido unos \$685.000 entre el hardware, software y equipo especializado y además se requiere de un contrato de mantenimiento para asegurar la operación del laboratorio, el cual asciende a \$100.000 anuales.

Debido a lo novedoso de las herramientas y al ser un proyecto bastante innovador, los encargados han tenido que aplicar estrategias de prueba y error que les han permitido depurar la plataforma que utilizan en la actualidad.

A futuro estos laboratorios se encuentran trabajando en mejorar la oferta de servicios para incluir además la posibilidad de controlar dispositivos de internet de las cosas (IOT por sus siglas en inglés, Internet of Things). El objetivo es lograr una interacción remota de estudiantes que puedan programar equipos Arduino que son configurados por el operador humano a cargo del laboratorio.

Este trabajo ha requerido la colaboración de ingenieros informáticos e ingenieros eléctricos ya que en la actualidad la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, específicamente, es nueva en el país y hasta ahora se cuenta con 12 profesionales graduados en la UNED.

Un aspecto importante, que vale la pena resaltar, es que para la generación de videotutorías, la Ingeniería en Telecomunicaciones ha implementado una pizarra hecha a la medida utilizando un marco metálico con un vidrio de 6 a 8mm iluminado con LED. Esta pizarra se utiliza con un fondo negro y con marcadores a colores que resaltan con la luz LED del vidrio. De esta manera, el tutor puede hacer la transmisión de streaming utilizando los elementos del laboratorio físico y así es como han logrado resolver el problema que conlleva la enseñanza específica del uso del laboratorio contando con la participación de un tutor.

Aunque no se ha desarrollado para otras carreras o cursos, este tipo de implementaciones de bajísimo costo, pueden ser muy una alternativa a otras tecnologías que son un poco más caras de implementar. Esta pizarra (según se muestra en la Figura 1) ha tenido un costo cercano a los \$100 y aunque no es tan ostentosa como un laboratorio completo, resuelve un problema de una manera sencilla e innovadora.

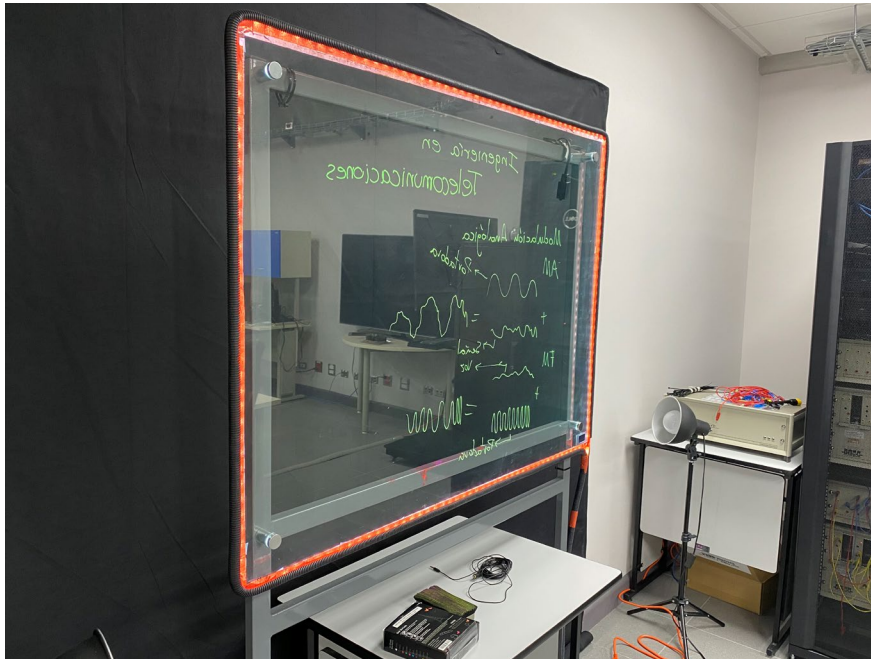


Fig. 1. Fotografía de la pizarra LED de bajo costo utilizada por el laboratorio de Ingeniería en Telecomunicaciones para la presentación de videotutorías.

3.3. Laboratorio de automatización de la Ingeniería Industrial

La carrera de Ingeniería Industrial ha logrado realizar con éxito durante el 2019 la implementación de un laboratorio de automatización de procesos industriales, el cual permite controlar dos módulos de manufactura automatizada.

Este laboratorio requiere un sistema de ejecución de fabricación (MES, por sus siglas en inglés, Manufacturing Execution System) por medio del cual se pueden programar solicitudes de producción, las cuales ingresan a 8 estaciones diferentes que pueden trabajar sin intervención. A este proceso se le pueden programar todo tipo de modalidades y optimizaciones para poner en práctica los conceptos de la producción industrial.

Esta herramienta se ha puesto a disposición de estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, la cual tiene 4 cátedras con diferentes cursos que pueden hacer uso de este laboratorio para sus prácticas, sin embargo, se pueden utilizar los diferentes componentes del laboratorio para otras carreras bastante diversas como, por ejemplo, orientadas a la Estadística o la Producción.

Este laboratorio implementa tecnología de punta y a la fecha ya ha sido utilizado por 30 estudiantes. En término de costos, se ha realizado una inversión cercana a \$1.200.000 y se planteó como uno de los requisitos de la creación de la carrera desde el 2013, año en que se viene programando su implementación

En la actualidad este laboratorio es operado por un ingeniero electromecánico, pero se espera que en un futuro se pueda contar con un ingeniero informático que se incorpore al equipo para que pueda realizar diversas programaciones de los PLC con que cuenta el laboratorio.

Uno de los componentes futuros que requiere, es un software que permita virtualizarlo de manera que permita realizar su programación mediante escritorios remotos y que se cuente con una manera de mostrar los resultados del proceso de manufactura a nivel remoto utilizando cámaras de circuito cerrado.

Este laboratorio es un ejemplo de implementación donde el uso de tecnología permite simplificar y emular un ambiente real de producción que a nivel general sería imposible conseguir en la universidad, pero que permite un acercamiento a los estudiantes a problemas reales complejos, según se aprecia en la Figura 2.



Fig. 2. Fotografías de los componentes del laboratorio donde se muestra la línea de producción (izquierda) así como las opciones de configuración del software y PLC incorporados en el laboratorio (derecha).

3.4. Laboratorio de Investigación e Innovación en Tecnología

Uno de los principales impulsores de innovación abierta en la UNED es el Laboratorio de Investigación e Innovación en Tecnología (LIIT) el cual se enfoca en combinar un modelo disruptivo de administración de proyectos que permite combinar la tecnología con la generación de conocimiento.

Este laboratorio utiliza una metodología de trabajo que incluye el desarrollo de productos basados en lo que se conoce como: producto mínimo viable (PMV). Al día de hoy, han logrado implementar varios proyectos, por ejemplo: un sistema de información geográfico llamado Geovisión [3], el cual permite incorporar imágenes geográficas a diferentes proyectos de investigación y académicos. Esta implementación ha servido de gran ayuda y apoyo a diferentes investigaciones relacionadas al cambio climático y además ha logrado coadyuvar en la lucha contra los incendios forestales, por citar algunos escenarios reales donde la tecnología ha tenido impacto.

El Votómetro, es otro ejemplo de proyecto que fue diseñado en este centro de investigación. Esta implementación consistió en una aplicación para el último proceso electoral costarricense donde utilizando un cuestionario con una serie de criterios preestablecidos, los cuales permiten encontrar diferentes grados de afinidad con los distintos candidatos a la presidencia. De esta manera, basado en las respuestas propias y las realizadas por los candidatos, se podría comprender

mayormente las posibilidades reales que tenían los electores para emitir un voto informado. Esta implementación fue utilizada por más de 400.000 personas. [4]

El LIIT basa sus desarrollos en 4 pilares importantes los cuales rigen sus procesos de innovación: *temas ambientales* (tal como el caso del proyecto Geovisión), *ciencia social* (como el votómetro), *innovación educativa*, así como proyectos de *cómputo de alto rendimiento*.

En términos de ciencias sociales, se encuentran en la actualidad realizando un

proyecto innovador por medio del cual se realiza un estudio de patrones de consumo de noticias nacionales. Este estudio, permite definir entre otras cosas, las cuotas de consumo de información que realizan los costarricenses en los diferentes medios de comunicación. Como una etapa posterior de este proyecto, el objetivo es desarrollar un software que permita predictivamente detectar noticias falsas en redes sociales conforme se vayan transmitiendo.

En los 6 años de existencia que tiene el LIIT, han logrado concretar proyectos con diferentes organizaciones públicas y privadas con una enorme cantidad de beneficiarios a nivel nacional, como en el caso del votómetro.

A nivel de la UNED, el LIIT ha logrado el involucramiento de al menos 10 estudiantes, quienes han trabajado en el desarrollo e implementación de diferentes proyectos y productos.

En el LIIT, específicamente para implementaciones disruptivas, trabaja solamente un recurso a tiempo completo y el resto del personal están realizando labores de otras índoles por lo que se cuentan con jornadas parciales.

La inversión realizada por el LIIT en los últimos años asciende a \$250.000, la cual corresponde a una Unidad Convergente que permite almacenar los diferentes proyectos de investigación. Actualmente hay cerca de 10 servidores institucionales corriendo diferentes tipos de software desde esta infraestructura, principalmente orientada a la experimentación. La inversión se llevó a cabo como parte del Proyecto de Mejoramiento Institucional (PMI).

Es importante aclarar que esta Unidad Convergente adquirida por el LIIT se utiliza específicamente para ambientes de desarrollo y pruebas y que una vez que un proyecto alcanza un mayor grado de madurez, el mismo es migrado a servidores institucionales en la UNED o en el caso de proyectos realizados para terceros, se almacena en otros lugares.

3.5. Laboratorio de Fabricación Kå Träre

El Laboratorio de Fabricación (Fab Lab) Fabricación Kå Träre, es parte de la Vicerrectoría de Investigación de la UNED y se enfoca en la implementación de innovación y el apoyo a todas las áreas sustantivas del quehacer de la universidad, por lo que su objetivo consiste en asesorar a la academia, investigación, extensión y producción de materiales en materia de tecnologías disruptivas.

En cada una de estas áreas estratégicas, se brinda acompañamiento para la introducción de innovación en sus procesos, y han realizado diferentes proyectos con varias tecnologías disruptivas entre las que se pueden citar: *fabricación digital*, con equipos de *corte láser e impresión 3D* para la generación de modelos a la medida; *prototipado* y fabricación con diferentes tipos de placas, sensores y actuadores en tecnología abierta y cerrada; *realidad virtual y realidad aumentada* así como diversos procesos de mejora institucional, utilizando la metodología de Design Thinking.

El laboratorio tiene 6 años de brindar servicios. Empezó con la adquisición de cuatro kits de Arduino y una impresora 3D. Este primer proyecto se gestó en un período de tan solo 6 meses y con esta pequeña inversión equivalente a \$1000 les permitió iniciar su operación brindando una serie de talleres a toda la comunidad universitaria.

Entre los primeros proyectos realizados por el laboratorio se encuentra la renovación tecnológica de las unidades didácticas de la UNED, las cuales se entregan en el paquete instructivo de cada curso. Anteriormente consistían

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

simplemente de materiales multimedios o libros tradicionales y gracias a la labor innovadora de este centro ahora se incluyen elementos de realidad aumentada y códigos QR como parte de la oferta de estas unidades didácticas.

En esta línea de innovación, se puede decir que la existencia de este laboratorio, convierte a la UNED en la única universidad pública que cuenta con un laboratorio de fabricación abierto y esto permite acceder a proyectos de innovación a estudiantes, profesores, investigadores, administradores, así como al público en general, ya que les permite encontrar potencialidades a cada una de las áreas y usuarios y se enfoca en cómo integrarlas en sus actividades diarias.

Con respecto a modelos aplicados a la medicina, este laboratorio realizó un primer modelo de una careta especial para un jugador de fútbol, el cual después de una lesión acudió con apoyo médico a consultar y asesorarse en términos de los materiales, recursos y equipos idóneos para la realización de una órtesis a la medida. Posteriormente este laboratorio ha colaborado con otras impresiones específicas y orientada en equipos de protección y prótesis.

La aplicación médica es un área bastante delicada, sin embargo, estos usos tienen un impacto muy positivo en temas de interés sanitario. Con la pandemia del COVID-19, este laboratorio ha liberado de manera abierta, diseños para caretas y demás materiales que pueden utilizarse como contención a la propagación del virus.

Con respecto a la implementación de realidad virtual, el laboratorio ha realizado dos aportes muy relevantes. En primera instancia multimedio que permite visualizar una bailarina de ballet en un teatro y es utilizado para explicar diferentes conceptos de física matemática. Además, han desarrollado varias implementaciones para los cursos de criminología donde han representado diferentes escenas de crimen para que los estudiantes por medio de la realidad virtual puedan encontrar pistas que les ayuden a resolver los diferentes misterios que se les presentan y así puedan resolver el crimen de una manera científica.

A nivel general, se puede decir que las diferentes implementaciones y tecnologías utilizadas en este laboratorio, brindan apoyo a muchas carreras para modernizar y transformar digitalmente la oferta, brindando el acceso a los equipos y la tecnología para innovar en la metodología y procesos de trabajo que se llevan realizando desde hace años de la misma manera en la universidad.

Al día de hoy se han invertido cerca de \$350.000 en los últimos 6 años para realizar los proyectos, y trabajan 9 personas a tiempo completo en la conceptualización y desarrollo de nuevas implementaciones innovadoras.

Referente a los beneficiarios, se consideran todas las personas visitantes al laboratorio, las cuales se aproximan a las 1200 personas de todas las edades que se han acercado a este laboratorio en los últimos dos años. Cada una de estas personas ha tenido acceso directo a las tecnologías y tutorías que se brindan en este sitio.

El laboratorio tiene trabajos conjuntos con otras instituciones que también se benefician de los desarrollos, uno muy importante que se ha gestado en los últimos 3 años, también en el área médica consiste en el desarrollo de modelos de impresión estereolitográficos para lo cual han colaborado con un total de 10 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de Costa Rica. Otros estudiantes de la UNED y de otras instituciones, incluyendo de educación secundaria, han realizado sus proyectos finales con el apoyo de este laboratorio.

En la actualidad, el centro está enfocado en la atención de la emergencia nacional

decretada por la pandemia del COVID-19 y por lo tanto se encuentran elaborando diferentes materiales, dispositivos e instrumentos médicos para atender con seguridad la atención de la pandemia, lo cual es posible gracias al estudio de los materiales, impresión 3d y sistemas de corte láser.

Además, están retomando un compromiso adquirido con un proveedor de servicios de internet (ISP, por sus siglas en inglés, Internet Service Provider) quien donó un laboratorio de fabricación móvil y cuya implementación se vio afectada por la pandemia del COVID-19. Este laboratorio móvil permitiría llevar los conceptos de fabricación, impresión 3d y prototipado, a las diferentes regiones del país.

Como nota final, las diferentes implementaciones tecnológicas que realiza el laboratorio contrastan con la tramitología y burocracia institucional existente en la UNED al ser una institución estatal. La alta resistencia al cambio se puede considerar prácticamente como una barrera para la innovación. No obstante, los proyectos que ha desarrollado este laboratorio han demostrado que, en términos de innovación, no hay imposibles y que se pueden desarrollar por diferentes usuarios. Este trabajo de hormiga, realizado arduamente con altos componentes disruptivos, luego convive con todas las áreas y quehaceres institucionales a la vez que trae consigo un enorme reconocimiento, tanto a lo interno como a lo externo de la Institución.

4. Conclusiones obtenidas

Una vez finalizada la investigación, existe una gran cantidad de conclusiones obtenidas, que fueron de particular atención para los autores del documento, entre las que se pueden destacar las siguientes:

Costos. La mayoría de proyectos que utilizan las tecnologías disruptivas requieren altas inversiones. Aunque no se puede generalizar, la mayoría de proyectos estaban en el rango de los cientos de miles de dólares por lo que se ocupa conseguir presupuestos altos para mantener proyectos de este tipo en el mediano plazo. No obstante, existen ejemplos de implementaciones, que requieren de montos muy bajos y que tienen altos impactos.

Desarrollos de impacto. La mayoría de proyectos innovadores, atienden prácticamente a toda la población a la que están dirigidos y en la mayoría de los casos llegan de manera masiva. Los laboratorios son utilizados ampliamente y las plataformas tienen una alta visitación, por lo que se consideran implementaciones exitosas y de alto impacto una vez que son finalizadas.

Tiempo de implementación. En general, la implementación de tecnologías disruptivas conlleva una gran cantidad de tiempo, en la mayoría de los casos, varios años. Se requiere de bastante tiempo para investigar sobre la tecnología, conseguir presupuestos, realizar implementaciones, llevar a cabo contrataciones y

además lo que representa un cambio en la forma tradicional de realizar las cosas en el ambiente universitario.

Trabajos multidisciplinarios. La mayoría de proyectos que se estudiaron, requieren de la colaboración de varias disciplinas y especialidades. Aunque muchas implementaciones tienen componentes informáticos, por ejemplo, no necesariamente requieren informáticos en su desarrollo, sino que utilizan otras áreas de conocimiento que permitan llevar a cabo proyectos exitosos sin estar asociados a las tecnologías conocidas y que más bien consigan mezclar aspectos de las distintas áreas que trabajan en la concepción de la innovación.

Recurso humano limitado. Una vez que se analizó la labor de cada uno de los

laboratorios, llama la atención que hay muy pocas personas trabajando en tecnologías o proyectos disruptivos. En la mayoría de los casos se contrata a personal con jornadas parciales, pero a nivel general esto podría ser parte de la causa de los tiempos largos de implementación que requieren este tipo de proyectos.

Shadow IT. La mayoría de proyectos e implementaciones de tecnologías disruptivas en la UNED, se salen por completo de los mecanismos de implementación, institucionalmente conocidos. En muchos casos, el desarrollo de estos proyectos omite los controles establecidos por el área de TI y es hasta su puesta en ambientes de producción cuando se establecen bajo en el marco controlado que establece los procesos de las áreas competentes a nivel institucional.

Neutralidad tecnológica. La mayoría de implementaciones disruptivas contienen una mezcla de tecnologías abiertas y cerradas. Además, hacen uso de licencias de código abierto o licencias privativas. Lo importante es buscar un equilibrio que permita una implementación razonable y tome lo mejor de cada tecnología existente.

Reconocimiento. Uno de los aspectos más relevantes que se encontraron en el estudio, es que todas las implementaciones disruptivas exitosas, generan un enorme reconocimiento dentro y fuera de la Institución y sus logros son muy bien recibidos por las diferentes áreas del quehacer institucional.

Transformación digital. Una vez finalizada la recopilación de información, quedó muy claramente establecido, que la mayoría de proyectos innovadores y todas aquellas que utilizan implementaciones de tecnologías disruptivas, coinciden con las definiciones de la transformación digital, por lo que, para alcanzar un alto grado de transformación, las organizaciones requieren de la introducción sostenida de este tipo de tecnologías en los quehaceres institucionales, principalmente en procesos docentes.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a las siguientes personas funcionarias de la UNED quienes participaron en la fase de recopilación de información brindando su criterio y aportes para hacer de este trabajo una realidad: Mag. Percy Cañipa Váldez, encargado de la cátedra de Ingeniería del Software de la Ingeniería Informática; Ing. Esteban Chanto Sánchez, Administrador de Laboratorios Virtuales y Remotos de la Ingeniería en Telecomunicaciones; Ing. Heilyn Díaz Jiménez, encargada de la Cátedra de Gestión de Calidad y Mag. Maribel Jiménez Fernández, Directora de la carrera de Ingeniería Industrial; Lic. Andrés Segura Castillo, coordinador del Laboratorio de Investigación e Innovación Tecnológica; así como a Mag. Diana Hernández Montoya, coordinadora del Fablab Kä Träre.

Referencias

- 1 Universidad Estatal a Distancia, 2020. Información General. EUNED. https://www.uned.ac.cr/images/periodo-academico/2020/Primer_cuatr/info_general_2020.pdf
- 2 Clayton C., Bower J Disruptive Technologies: Catching the Wave. Harvard Business Review. (1995)
- 3 Universidad Estatal a Distancia, Geovisión, <http://geovision.uned.ac.cr/>.
- 4 Programa de Estado de la Nación. Plataforma Electoral del Estado de la Nación. <http://www.votemoscr.com/>

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

Capítulo 4
Procesamiento/Almacenamiento de alto desempeño

Latin-American alliance for capacity building in advanced physics¹¹

Dennis Cazar Ramírez^a [0000–0001–7587–8596] and on behalf of LA-CoNGA Physics project^b

^a Universidad San Francisco de Quito USFQ, Quito, 170901, Ecuador
dcazar@usfq.edu.ec
<http://www.usfq.edu.ec>

^b LA-CoNGA Physics (Latin-American alliance for capacity building in advanced physics)
contacto@laconga.redclara.net
<http://laconga.redclara.net>

Resumen. The present work describes the activities and the scientific and technical goals of the Latin American Alliance for Capacity building in Advanced Physics (LA-CoNGA Physics) Consortium.

LA-CoNGA Physics Consortium gathers scientific personnel from Europe and Latin America sharing the ambitious idea to implement a new concept of higher education platform blending the state of the art in educational technology with experiential knowledge and virtual presence with the main goal of create a High Energy Particle Master specialization program accessible to students of 8 Higher Education Institutes in four countries of Latin America.

In the near future LA-CoNGA Physics advocate for the development of additional capacity building activities within the community to further strengthen the different efforts in High Energy Physics, Astroparticles and Cosmology in the Latin American region.

Palabras Clave: High Energy Physics · E-learning · Capacity building · Global science.

¹¹ Supported by Erasmus+: Higher Education International Capacity Building.

1. Introduction

In this section we describe the importance of teaching and studying basic science as physics, in particular High Energy Physics (HEP), the scientific context of the project is explained highlighting the importance of this kind of activities in Latin America.

1.1. The importance of studying physics in Latin America

Physics is the most basic and fundamental of sciences, its ultimate objective is the formulation of comprehensive principles that explain natural phenomena[1].

Gravitational theory, General relativity, Quantum Mechanics, to name a few, had shaped the way of thinking of our society; the development of high technology experimental physics facilities as for example the Large Hadron Collider (LHC) at CERN pushed applied technology to their limits, the cutting edge technology generated in this process can be adapted to a wide fields of application from medicine to space science[6].

It is important to appreciate the incredible development of science and technology in North America, Europe and Asia but it is also important to acknowledge that Latin America has a particular reality, although many plans and schemes has been carried out by the governments it is hard to keep the pace of other nations, Higher Education Institutions (HEIs) in Latin America are still considered by students as a launch platform to overseas universities and to few of the students that graduate abroad return to their home countries[2].

Even if was written in 1963 Richard Feynman's "The problem of teaching physics in Latin America"[3] points out the problems that our continent faced and is still facing regarding teaching physics and in creating conditions that may allow students to have opportunities to pursue their interests, improve their skills, enhance their experience without leaving the continent, getting a job and growing in a career not only in academic and or scientific branches but also in the industry and technology development. One of the conclusions Feynman did it is the importance of developing the experimental science, to foster the relationship between science and engineering because only trying to perform experiments in science will push the application and development of technology to the limits.

In the past two decades, Latin America as a whole maintained a growth rate of its scientific output that was significantly larger than that exhibited by most of other geopolitical regions of the world, in ten years scientific production duplicates[4], in recent years public policies in several countries had contributed to create and update experimental facilities within HEIs with positive effects in developing research teams with both local and international projection.

Today, Latin America has a very solid base to offer students the possibility to continue their postgraduate studies in the continent with the same level of theoretical and experimental preparation with one compulsory condition: HEIs must collaborate to share human resources, experimental facilities, technology and experience. Students must have the opportunity to travel across Latin America to build an international community capable of share knowledge and growth together. In order to foster the growth of physics scientific community and overcome some of the limitations described above we have to develop higher education platforms that blend the best of the education technology with hands-on experiences, optimize resources and create a profitable collaboration between HEIs, research institutes and industries.

1.2. Scientific context

The past hundred years have seen giant leaps forward in our understanding of both the macroscopic and microscopic universe. Nevertheless many unknowns remain, e.g. the inexplicably large baryon asymmetry of the universe, the unexplained nature of dark matter (DM) and dark energy, and the unknown relationship between quantum mechanics and gravity. Together they are a clear indication of particles and forces beyond our current understanding, and motivate the continued search for more complete theories of nature at both the very large and very small scales and the construction of new research infrastructure needed for those searches.

High energy physics is a branch of particle physics that deals with collisions of particles accelerated to such high energies that new elementary particles are created by the collisions. Before the construction of particle accelerators the only source of high energy particles was the outer space, nowadays they are called astroparticles and are of high interest in science because they are messengers carrying information of the most violent events in the universe, supernova explosions for example, it is an intersection of particle physics, astronomy, astrophysics, detector physics, relativity, solid state physics, and cosmology.

Particle accelerators, on the other hand, has been developed since 19th century as experimental apparatus (mainly glass envelopes sealed with varnish and putty with shining electrodes) aimed to study the atom and its structure[5] till the present days where particle accelerators had become extremely complex machines that can reproduce similar conditions as fractions of seconds after the Big Bang. Along this path knowledge of the laws of universe had increased as well as state of the art technology in engineering, these technology has been applied in different fields as medicine, electronics, telecommunications to name a few.

1.3. Global Science

Capacity building programs and the modernisation of the educational platforms in Latin-America will be key in order to form the new generation of scientists and engineers that will profit and work with these new research infrastructures. Capacity building programs will be particularly important to include in this ambitious enterprise institutions in the region with episodic funding and subcritical mass in High Energy Physics (HEP)-trained human resources as they cannot compete with the opportunities of large research universities, which used latest digital education tools and are closely linked to hands-on experimental facilities and a network of companies. Ideally the output of these programs will be the creation and/or strengthening of Virtual Research and Learning Communities (VRLC) including all these academic institutions, as well as industrial partners, adding up the corresponding local resource and infrastructures to attain critical mass and share expertise.

2. Description of the Project

LA-CoNGA Physics is an innovative proposal to modernize the educational strategy in eight universities in Colombia, Ecuador, Peru and Venezuela. LA-CoNGA Physics will implement a cross-institutional Master's degree in HEP based on a modern e-learning platform, with open-access tools to interconnect a problem-solving-oriented curriculum with instrumentation laboratories and internships in leading research centers and industrial partners, both in Latin America and Europe. LA-CoNGA Physics is funded under the frame of the Erasmus+ Programme, the European Framework Programme dedicated to education, and is scheduled to start in January 2020 for a period of three years. In the current information age, higher education is becoming globally distributed and inseparable from actual research and development in enterprises and

companies VRLCs have proven to be an effective scheme due to their possibilities for multi-institutional participation, synchronous and asynchronous online engagement, decentralised student discussion, academic networking, and cost-effectiveness. This type of cooperative lecturing arrangements exposes students and academic staff to a variety of cutting-edge concepts and techniques that cannot be accessed from just using standard textbooks.

2.1. Goals and objectives

The specific goals that derive from the project are:

1. Support the modernization, accessibility to knowledge and internationalisation of higher education in the partner institutions based on the integrations, installation, and training for innovative e-learning platform and open-access tools (Softwares, contents and Data). As well as the installation of instrumentation laboratories for the courses.
2. Strengthen inter-institutional relations among partner institutions and with partner institutions in Europe and larger/established institutions in Latin-America through interactions within the virtual research and learning community, including internships at the institutes in Latin America and in the EU.
3. Promote convergence in the curricular offering in HEP in the universities and close cooperation in academic activities trying to match the EU Bologna model. Such convergence could facilitate the exchange of students among the various countries.

2.2. Project members and strategic partners

LA-CoNGA Physics builds on the activities of the CEVALE2VE (Centro Virtual de Altos Estudios de Altas Energías in Spanish) group. After four versions of the virtual graduate course ‘Introduction to Particle Physics’ with six universities in Colombia, Peru and Venezuela participating since 2016 CEVALE2VE has gathered enough experience to expand and successfully tackle LA-CoNGA Physics. Several research and industrial institutions participate in LA-CoNGA Physics as Associated Partners: 4 world-recognized international research centers, 3 non-for-profit organizations and 3 private companies (see Figure 1).

They are listed below with scientific/industrial contacts for the associated partners in parenthesis.



Fig. 1. Geographic distribution of LA-CoNGA partners: the project is present in three

continents and involve academia, research and industry.

- CERN, European Organization for Nuclear Research, Switzerland (Salvatore Mele)
- DESY, Deutsches Elektronen-Synchrotron, Germany (James Ferrando and Sergio Diez Cornell)
- ICTP, Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Italy (Bobby Acharya and Arturo Sanchez)
- IRFU, Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers, France (Bruno Lenzi)
- RedCLARA, Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas, Uruguay (Luis Eliecer Cadenas)
- NYAS, New York Academy of Sciences, USA (Alejandro de la Puente)
- ACAC, Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, Colombia (Diego Chavarro)
- CAEN, Costruzioni Apparecchiature Elettroniche Nucleari, Italy
- FrontierX Analytics, Colombia (Raul Ramos Poll'an)
- DBaccess, Peru' (Angelo Burgazzi)
- Camila Rangel, from The Alan Turing Institute, UK

2.3. Structure of the project

LA-CoNGA Physics will support technology-use and digital competence development in high energy education in 8 institutions from 4 Latin American countries. HEP community will be the initial use case. The target groups that are direct beneficiaries of the project are shared among the different partner countries HEIs given the character of the VRLC. A list of target groups have been identified as follows:

- Teaching staff refers to professors, researchers, and postdocs within the partner countries HEIs with relevant expertise in the teaching of HEP-related courses. Their primary needs are:
 - to build an entire HEP program. In some cases staff number is small, they can't in reasonable time create it all;
 - to develop/receive pedagogical and technical training scheme to use e-learning and open-access tools. 50% of the research community lacks open science skills including knowledge of citizen science and 3 out of 4 researchers have no training in open access or open data management;
 - to design material and e-learning tools to implement the HEP program; to receive professional development training;
 - to foster a long-term multidisciplinary network with colleagues in academia and industry both in Latin America and Europe.
- Technical staff refers to engineers and technicians in the physics departments of the partner countries HEIs. Their primary needs refer to technical training to use e-learning tools, open-access tools and open data as well as the connected instrumentation labs to be used in the project. This project will implement syllabus for the technical staff, to transform them from just working on technical side of research or education to become instructors on experimental techniques, in the connected instrumentation labs. Training of the technical staff in the partner countries HEIs will ensure the sustainability in a time of the project.
- Administrative staff assigned to teaching-related activities in the physics departments of the partner countries HEIs. This target group needs to acquire experience regarding the participation in large-scale collaboration educational projects, EU projects and the EU Bologna system for higher education. With this experience, this project will create opportunities for the

administrative staff involved to manage other network programs that could emerge and benefit from each other experience. This will make the process sustainable after the end of the project and promote other similar experiences.

- Program Students participating in the two sessions of the one-year master-level program that will be developed during LA-CoNGA Physics. Their primary needs regard a high-level and cutting-edge training in HEP-related topics to gain the necessary technical background, domain knowledge and skills to follow a career path either on academia or industry; as well as to create a working network that can support them in their career. A high emphasis will be put on the acquisition of digital and data science skills, which are an extremely important part of HEP and also of the non-academic job market: 1 out of 5 young people does not have basic digital skills and 90% of all jobs require at least basic digital skills today. Coding fosters logical thinking, problem solving, and creativity.
- Primary and secondary school students participating in the outreach and citizen science activities. Recent studies show that fewer than a third of high school students exhibit science concepts and skills appropriate for their grade level and that motivation for scientific careers and topics are shallow. Mid- and high school students need to be engaged in a science-related topic with creative pedagogy and tools more responsive to children’s attributes.
- General public participating in general outreach activities organized locally or globally by members of LA-CoNGA Physics. The general public needs to be in contact with higher education teachers and scientists to value the importance of science in our everyday life and to tackle global issues in an evidence-based way.

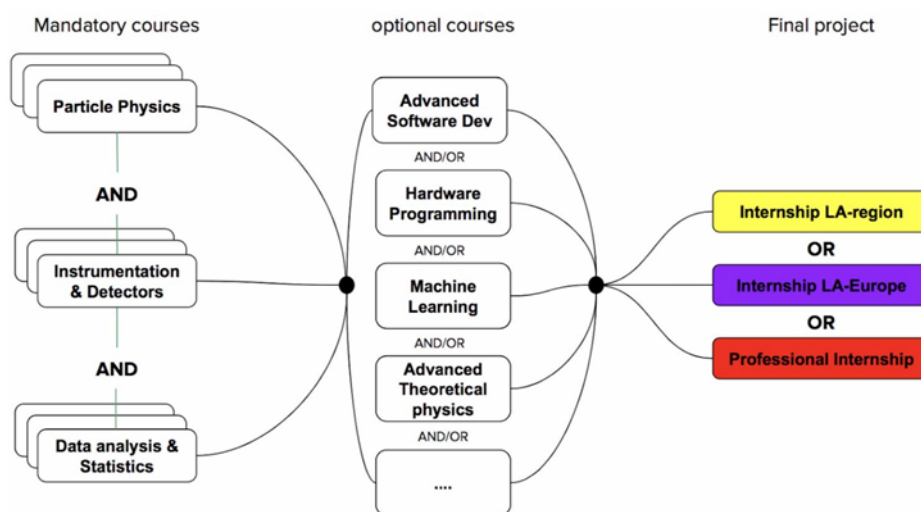


Fig. 2. . Flowchart of the structure of program structure: the key is flexibility in contents and in time; it is divided in 3 main sections according to the goals of the program.

3. Strategies

In this section we describe the main drivers of the project that will be implemented in order to reach our goals.

3.1. Innovation

LA-CoNGA Physics will create a Virtual Research and Learning Community where teachers, students and technicians from the different HEIs participating will work together effectively on an ICT infrastructure, where e-learning nanomodular courses, data, software tools, IT and instrumentation facilities and other

information resources are seamlessly shared. Such a unique structure will be put in place for the first time in the region modernising in this way the university infrastructure and way of teaching, offered as a deliverable in the form of a one year master/specialization in HEP. The network will foster creativity, problem-solving skills, and independent thinking in its members through research in one of the most challenging and competitive fields of science, spanning the triangle of theoretical concepts, experimental realities, and practical applications of modern data analysis methodology.

A strong intersectoral component with a mobility scheme in academia, industry and start-ups environments will further engender a profound appreciation of different requirements and cultures in the academic, public and the private sector. Network-wide specific training activities will complement this project. To the best of our knowledge, no current existing funded project nationally or inter-nationally provides access to such a diverse environment and possibilities are not available for the students and teachers at this point. LA-CoNGA Physics builds on the activities of the CEVALE2VE (Centro Virtual de Altos Estudios de Altas Energías in Spanish)[7] group. The virtual graduate course "Introduction to Particle Physics" has been the first CEVALE2VE academically formal project since previous activities of this virtual community were mainly concerned with science popularization and virtual visits to the CERN facilities.

After four versions of the course with six institutions participating CEVALE2VE has gathered enough experience to expand and successfully tackle LA-CoNGA Physics. One of the partner countries HEIs, UIS, has active participation in a collaborative experience to empower organized communities to produce, curate and disseminate environmental data. RACIMO (for its Spanish acronym of Red Ambiental Ciudadana de Monitoreo, i.e., Environmental Citizen Monitoring Network)[8] is a network of low cost on shelf weather stations based on open hardware and software architecture which measures: pressure, temperature, humidity, precipitation, cloudiness, illuminance/irradiance, noise, CO₂ and NO₂. UIS has started this experience training students and teachers from seven mid-secondary schools through a syllabus of 12 two-hours lectures with web-based support which exposes them to basic concepts and practices of Citizen Science and Open Data Science. LA-CoNGA Physics will develop similar activities as RACIMO in the partner countries HEIs.

3.2. Connectivity

We plan to extend, integrate and implement the e-learning RedCLARA platform that will be used to gather the resources of the project, discussion forum for students/staffs. Production of documentation in English and Spanish and also video tutorials. Members of the team will be trained to use the platform by videoconference, how to adapt contents and formats and create new e-learning modules taking into account local settings and target group needs.

A research/training facility will be installed in each HEI of Latin America, two main assumptions were made to define the quantity and the scope of the labs: optimization of budget and maximization of usability. In order to optimize budget each lab will be equipped with electronic components and instruments specialized for an specific task:

- Prototyping, testing and development of particle and radiation detector systems
- Training and research in Cosmic Rays (CR) particle detection based on Cherenkov effect (Water Cherenkov Detectors)
- Training and research in Radiation and Particle detection based on plastic scintillators plus Silicon Photomultipliers (SiPMs)
- Training and research in Astroparticle detection based on gaseous detectors

(Resistive Plate Chambers)

- Training and teaching on principles of radiation detection and data analysis (alpha, gamma, CR) with imaging applications (PET)

To maximize usability all the instruments are going to be connected to a LAN network, a workstation with dedicated software (LabView or OpenLab) will be used to control and setup all the tasks of the system, from calibration to execution of automated tests and experiments. A remote connection application will be developed in order to allow users from outside the HEIs to access the lab equipment, so they can perform training sessions, run experiments, collect data, etc.

3.3. Training and education

The program relies in applying state of the art virtual presence education technology for training and teaching activities

- Training sessions for teachers and technical staff performed by videoconference. They will cover how to use the e-learning platform, the instrumentation labs and to design and implement Massive Open Online Courses (MOOCs). This is very important to ensure the sustainability of the project.
- HEP master/specialization courses: the course will be online/virtual. The master will include three mandatory courses to learn the basic of HEP research (theory, instrumentation and data handling) during the first semester and then during the second semester students will be able to tailor their training with elective courses (see Figure 3). Master course materials will be made available via an online extranet available to all partners, students and general public through MOOCs.
- Mobility scheme for students: students will have the possibility of doing an internship in academic or non-academic institutions in the partner countries or in Europe. A total of 4 internships per HEI per year will be offered, two to Europe and two within Latin American. Students not entering in the mobility scheme after the selection by the Executive Board will obtain high quality internships locally with co-supervision from associated partners and work will be done virtually.
- Network schools (NS): Two one-week network schools with mandatory participation of all students will be organised at the end of each one-year program. The students will present the work performed during the internships, and will also attend talks and hands-on sessions provided by experienced teachers from academic and non-academic sectors. The specific lectures provided at schools will be supplemented by activities to discuss scientific dissemination and communication, training for CV, interviews and self assessment to give them the tools to get ready for their professional future.

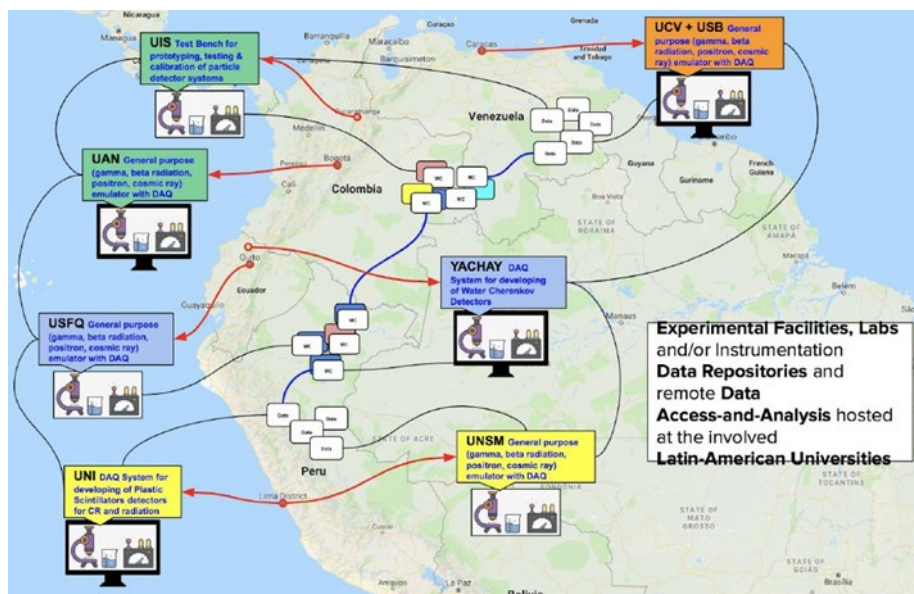


Fig. 3. Geographic distribution of laboratories with their specialization.

4. Outcomes of the project

The expected outcomes of the project are:

- Improving existing curricula for Master level study on HEP at the partnering HEIs.
- Capacity building of partnering HEI staff via a mobility scheme, including training in the latest technologies, research findings and teaching methodologies
- Updating training facilities at partnering HEIs to fulfil the requirements of improved curricula (e.g., computer lab)
- Providing opportunities for international mobility for students in the form of study periods at the involved HEIs and trainee periods at the partnering research institutions and companies.
- Disseminating project results and best practices in the form of workshops and online/offline publications. Moreover, by setting up networks of sensor devices, data-acquisition platforms, and data analysis programs on local computers, intended to address specific local needs.
- Promoting continued long-term collaboration within the partnering HEIs for example developing Double Master Degrees between the partners and involving new HEIs of Latin America

5. Future activities

In the short-timescale LA-CoNGA Physics will run for a period of 3 years, starting in 2020. We look forward to working together with other institutions participating in LASF4RI to ensure the sustainable continuation of the masters in HEP in all the partner institutions (and others that want to join in the future) and that participating institutions become officially involved in large HEP projects discussed within LASF4RI.

Within LA-CoNGA Physics there are several ways to get involved: in the courses, in the schools and workshops being planned. Having other institutions in the region and from other fields use the e-learnings and build their own VRLCs will also ensure that the impact of the project will be sustained beyond its lifetime.

Capacity building projects like LA-CoNGA Physics will have a positive impact in the field in helping local programs to keep going while preparing to rebuild capabilities in the future, so they must be part of a global effort to ensure our involvement in the next generation experiments in the fields of Particle Physics, Astroparticles and Cosmology and in what are likely to be profound and exciting discoveries.

Acknowledges

We would like to thanks RedCLARA for the constant support.

References

- 1** Universidad Tilghman Weidner, R., Brown L.M.: Physics. Enciclopædia Britannica Inc, Enciclopædia Britannica <https://www.britannica.com/science/physics-science>
- 2** Jacob, G., Violini G., Jos'e-Yacam'an M., Salam A.: (1992) Science and technology in Latin America. In: Frank A., Wolf K.B. (eds) Symmetries in Physics. Springer, Berlin, Heidelberg https://doi.org/10.1007/978-3-642-77284-9_23
- 3** Feynman, R.: The problem of teaching physics in Latin America, Engineering and science 1963 <http://calteches.library.caltech.edu/2255/1/LatinAmerica.pdf>

Impacto de la e-Infraestructura de RICAP para el desarrollo de la e-Ciencia en Iberoamérica

Angelines Alberto^a, Carlos J. Barrios^b, Harold Castro^c, Dennis Cazar^d, Claudio Chacón^e, Ulises Cortés^f, Héctor Cruz^g, Isidoro Gitler^h, Ginés Guerreroⁱ, Esteban Meneses^j, Esteban Mocskos^k, Philippe O.A. Navaux^l, Sergio Nesmachnow^m, Álvaro de la Ossa^j, Rafael Mayo-Carcía^a

^a División TIC, CIEMAT,
Avda. Complutense, 40, 28040 Madrid, España
{angelines.alberto, rafael.mayo}@ciemat.es

^b Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Industrial de Santander,
Cra. 27 calle 9. 577 Bucaramanga, Colombia,
{cbarrios, gilberto.diaz}@uis.edu.co

^c Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes,
Edificio Mario Laserna Cra 1 Este No 19A - 40 Bogotá, Colombia,
hcastro@uniandes.edu.co

^d Politécnico-Colegio de Ciencias e Ingenierías, Universidad San Francisco de Quito,
Diego de Robles y Vía Interoceánica, Quito, Ecuador,
dcazar@usfq.edu.ec

^e Área Técnica, CEDIA,
Gonzalo Cordero 2-122 y J. Fajardo, Cuenca, Ecuador,
claudio.chacon@cedia.org.ec

^f Dirección para Latinoamérica, BSC-CNS,
Carrer de Jordi Girona, 29, 31, 08034 Barcelona, España,
ia@cs.upc.edu

^g Dirección TIC, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas,
Carretera Camajuaní km 5 1/2, Santa Clara, Cuba,
hcruz@uclv.edu.cu

^h CINVESTAV,
Carr Toluca - México 1392, San Miguel Ameyalco, Méx., México
igitler@math.cinvestav.mx

ⁱ Laboratorio Nacional de Computación de Alto Rendimiento, NLHPC,
Beauchef 851, Edificio Norte – Piso 7, Santiago, Chile
gguerrero@nlhpc.cl

^j Colaboratorio Nacional de Computación Avanzada, CeNAT
1.3 Km al norte de la Embajada Estados Unidos, San José, Costa Rica
emeneses@cenat.ac.cr

^k Departamento de Computación, Fac. CC. Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires, Pabellón I, Ciudad Universitaria. C1428EGA, CABA, Argentina
emocskos@dc.uba.ar

^l Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970 Porto Alegre, Brasil,
navaux@inf.ufrgs.br

^m Universidad de la República,
Av. 18 de Julio 1824-1850, 11200 Montevideo, Uruguay,
sergion@fing.edu.uy

Resumen. La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones (RICAP) ha venido desarrollando su labor desde el 1 de enero de 2017, terminando ahora su período de actividad a finales de 2020. Su principal objetivo ha sido dotar a la región de una infraestructura estratégica y gratuita en el ámbito de la computación de altas prestaciones a partir de una arquitectura avanzada que ha comprendido tanto la computación de alto rendimiento (HPC) como de alta productividad (HTC), esta última a partir de computación en la nube. Así, aunando varios centros de computación iberoamericanos –algunos de ellos los más grandes en sus respectivos países–, varios proveedores de casos de uso en distintos ámbitos científico-tecnológicos, una de las compañías productoras de supercomputación más grandes del mundo, un consorcio iberoamericano experimental en el ámbito de la física y el apoyo de RedCLARA, entre otros, se ha podido llevar a cabo un plan periódico para que sus recursos hayan sido utilizados para realizar e-Ciencia por otros grupos de Iberoamérica. En este trabajo, se repasan las actividades realizadas por RICAP a lo largo de estos casi cuatro años, presentando un resumen de su infraestructura de supercomputación, describiendo los procesos que han culminado en el acceso a esta infraestructura, analizando el impacto de la investigación desarrollada a nivel científico y docente y describiendo la experiencia adquirida para constituir los equipos y las estrategias de colaboración.

Palabras Clave: Red Iberoamericana; HPC; HTC; Supercomputación; Computación en la nube; e-Ciencia.

Eje temático: Procesamiento/Almacenamiento de alto desempeño.

1. Introducción

En los últimos años la movilidad virtual ha surgido como un medio innovador para conectar estudiantes gracias a la utilización intensiva de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), ofreciéndoles un contexto multicultural e internacional sin tener que viajar o desplazarse. La movilidad virtual ofrece varias ventajas importantes, entre ellas, el bajo costo comparado con la movilidad física y la posibilidad de ofrecer a una gran mayoría de estudiantes la oportunidad de vivir una experiencia en el aula que los prepare para un mercado laboral caracterizado por empresas que trabajan en entornos de colaboración cada vez más globales y virtuales.

La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones (RICAP) [1] se creó para proveer a la región de un servicio avanzado de TIC; en concreto, de una infraestructura estratégica en el ámbito de la computación de altas prestaciones a partir de una arquitectura avanzada que comprenda tanto la computación de alto rendimiento (HPC) como de alta productividad (HTC), esta última a partir de computación en la nube.

RICAP es un consorcio cofinanciado por CYTED que aúna a diferentes instituciones y cuya actividad comenzó el 1 de enero de 2017 y se extenderá al menos hasta el 31 de diciembre de 2020. Entre sus socios se encuentran:

- Diez centros de computación iberoamericanos: CSC-CONICET/UBA (Argentina); UFRGS (Brasil); NLHPC (Chile); SC3UIS-UIS y Uniandes (Colombia); CeNAT (Costa Rica); Red Académica de Supercómputo de Cuba (Cuba); Red Cedia (Ecuador); CIEMAT y BSC-CNS (España); CUDI y CINVESTAV (México); y, Centro Nacional de Supercomputación (Uruguay)
- Una de las compañías tecnológicas más grandes del mundo (FUJITSU)
- Un consorcio iberoamericano experimental en el ámbito de la física (LAGO).

Esta Red ha desarrollado además distintas herramientas de software destinadas a facilitar el acceso y la eficiencia computacional de esta infraestructura hardware. Asimismo, ha incentivado el uso gratuito de estas infraestructuras mediante distintas acciones de divulgación y difusión que han atraído a usuarios de distintas universidades y otros ámbitos científicos e industrial en coordinación con RedCLARA, de quien recibió su apoyo institucional y ha establecido una colaboración sólida con nuevas vías de trabajo conjunto. Igualmente, se ha promovido la integración en la Red de nuevas instituciones en los distintos países iberoamericanos, principalmente aquellos que no estuvieron inicialmente adscritos a la misma. Como resultado de ellos, desde su inicio, se han incorporado 5 nuevos grupos para formar los 15 actuales.

Con todo ello, está a disposición de la comunidad una elevada potencia de cálculo, con el propósito de proveer una alternativa real a servicios propietarios radicados fuera de la región y, de ese modo, fomentar la e-Ciencia. Entre los objetivos específicos, se pueden enumerar:

- la interconexión efectiva de servicios abiertos de alto desempeño a partir de los clústeres aportados por RICAP (tanto de supercomputación como de acceso a la nube);
- la implementación y posterior fomento de soluciones para el acceso y la explotación de esta red basadas en software;

- el diseño y desarrollo de herramientas de código abierto que mejoren de forma desatendida y dinámica la eficiencia computacional de la infraestructura, en especial en un entorno como el de la nube;
- el fomento de la transferencia de conocimiento y el impacto de RICAP mediante la impartición de cursos y seminarios para administradores y usuarios finales con las últimas tecnologías en el ámbito HPC y HTC;
- la colaboración con otras iniciativas nacionales y regionales (RedCLARA, H2020 y otras).

Con la consecución de estos objetivos ha sido posible la realización de nuevas actividades por distintos grupos iberoamericanos para quienes anteriormente era muy complicado realizar su trabajo en simulación o analítica de datos por carecer de la suficiente potencia de cálculo, por lo que RICAP claramente ha sido un caso de éxito y ha aportado valor a la comunidad TICAL en varios de sus ejes fundamentales: Infraestructura y desarrollo de software, Servicios de valor agregado de redes académicas avanzadas y Soluciones TIC de apoyo a la investigación.

Dentro de los ejes de TICAL 2020, la actuación de RICAP ha tenido un importante impacto en los ámbitos del procesamiento/almacenamiento de alto desempeño y la visualización científica principalmente.

2. Servicios para Proveer un Servicio de Valor Agregado a las Redes Académicas Avanzadas y a la e-Ciencia

Debido a la naturaleza de esta Red, se definieron distintas metodologías relativas al acceso a la infraestructura estratégica aportada por RICAP, el desarrollo de nuevas soluciones que mejoraran la explotación de la misma y las acciones de transferencia del conocimiento y de divulgación.

Con respecto a la primera, la metodología realizada es similar a aquella que siguen grandes infraestructuras de computación tales como PRACE [2] en HPC o FedCloud [3] en HTC, en las cuales se federan distintos nodos que albergan clústeres de computación y capacidades de almacenamiento. Sin embargo, esta federación se ha realizado de la manera más sencilla posible para así facilitar el acceso a los recursos a los usuarios finales.

El acceso a la infraestructura estratégica de RICAP se lleva a cabo mediante dos vías. Por un lado, se hacen convocatorias periódicas online de propuestas para el uso de supercomputadores a partir de las cuales se asignarán por un comité designado por la Red las horas de CPU y/o aceleradores (GPU y Xeon Phi) y las capacidades de almacenamiento y transferencia de datos que se ponen a disposición del usuario (proveniente de cualquier país iberoamericano, no sólo aquellos que cuentan con un socio dentro de RICAP). El acceso se hace por ssh de forma directa a los supercomputadores con permisos habilitados por sus administradores.

Por el otro, se ha habilitado una infraestructura en la nube especialmente indicada para HTC a la cual se accede de forma amigable mediante una interfaz sencilla como se verá más adelante. El motivo de emplear este método es, primero, facilitar el uso por parte del investigador externo y, segundo, ampliar el conjunto de recursos disponibles mediante la interoperabilidad con otras infraestructuras en la nube basadas en estándares. El acceso a la infraestructura en la nube es continuo e ininterrumpido en el tiempo.

2.1 Infraestructura de supercomputación HPC

Para llevar a cabo toda esta actividad es imprescindible contar con la

infraestructura estratégica de RICAP, la cual está conectada internamente por Infiniband u OmniPath y al exterior con fibra óptica por las redes académicas correspondientes asociadas a RedCLARA. Está compuesta por:

- BSC-CNS (Es): Un clúster de propósito general compuesto por 165.488 Intel Platinum cores en 3.456 nodos, con más de 394TB de memoria y 25PB de almacenamiento.
- CIEMAT (Es): 1 clúster con 680 Intel Gold cores y 14.336 cores NVidia, 1 clúster de ~100.000 cores Nvidia, 2 nodos cloud con ~ 950 cores CPU y más de 1 PB de almacenamiento.
- CEDIA (Ec): 12 nodos de cómputo con un total de 322 cores Intel Xeon, 1TB de RAM y 6TB de almacenamiento exclusivo para \$HOME. Además, 5760 núcleos de procesamiento paralelo CUDA.
- CeNAT (Cr): 32 nodos Intel Xeon Phi KNL, 3TB memoria RAM total, 120 TB almacenamiento, 10 Gbps interconexión. Nodos adicionales específicos para bioinformática, ciencia de datos, inteligencia artificial (GPUs)
- Centro Nacional de Supercomputación (Uy): 1.120 núcleos de CPU (Intel Xeon-Gold 6138 2GHz), 3,5 TB RAM y 100.352 núcleos GPU (28 Nvidia Tesla P100, 12GB de memoria), Ethernet 10 Gbps
- CINVESTAV (Mx): SGI ICE-XA (CPU) y SGI ICE-X (GPU) con 8.900 cores y un rendimiento Neto de 429 Tflops. Almacenamiento Tipo Lustre Seagate ClusterStor 9000 de 1 PB.
- CSC-CONICET (Ar): Un clúster de 4.096 cores AMD Opteron y 16.384 cores Nvidia CUDA. Posee 8.192 GB de RAM y un espacio de 72TB de almacenamiento.
- NLHPC (Cl): Un clúster con 59 nodos con 2.596 cores (Intel Gold 6152), 132 nodos con 2.640 cores (Intel E5-2660v2), 4 GPUs Nvidia Tesla V100, 12 Intel Xeon Phi 5110p, 23 TB de RAM y 274 TB de almacenamiento
- HPC-Cuba (Cu): Un clúster de 50 nodos con 800 cores CPU y ~20.000 cores GPU para HPC y un clúster de 30 nodos 480 cores CPU para Big Data
- UFRGS (Br): GPPD, Clústeres con 30 nodos, con 708 Núcleos CPU (1.960 hilos), y 73.280 cores GPU (CUDA hilos)
- UIS (Co): Un clúster de 24 nodos (2,4GHz y 16GB RAM) y un clúster con 128 NVIDIA FERMI Tesla (104 GB en RAM y 4 Procesadores Intel Haskwell).
- UNIANDES (Co): Un clúster de 1.808 cores con HT y 8 TB de memoria RAM junto a 160 TB de espacio compartido.

Esta infraestructura ya en producción asegura la consecución de los objetivos planteados en esta propuesta y el acceso libre a la misma, redundando en la calidad de vida y desarrollo de la sociedad iberoamericana y luchando contra la inequidad social. Asimismo, favorece y promueve el desarrollo de la e-Ciencia en la región. Hasta el momento, el acceso a grandes infraestructuras HPC y HTC era limitado a sólo algunos países de la región, por lo que se generará una nueva actividad en el sector con un enorme impacto.

No sólo eso, hay que tener en cuenta que RICAP está compuesta por empresas y proveedores de recursos, pero también por proveedores directos de casos de uso científico-tecnológicos, que igualmente acuden a las convocatorias de acceso a recursos HPC o directamente usan la nube de la Red. Todos los proveedores de recursos tienen una amplia experiencia en la explotación y federación de infraestructuras de computación como en labores de I+D y junto al resto de grupos forman un consorcio equilibrado entre grupos consolidados y emergentes. Asimismo, tienen un amplio bagaje de participación en proyectos del 7º PM y de H2020 en el sector de las infraestructuras y la e-Ciencia.

2.2 Breve resumen del uso de la infraestructura HPC durante el período 2017-2020

A continuación se lista someramente el resultado de las convocatorias de acceso a recursos de supercomputación que se han realizado desde el 2017 hasta el primer semestre de 2020. A estos habrán de añadirse los de la última convocatoria de este segundo semestre de 2020.

El resumen de la actividad de las convocatorias de acceso a recursos de supercomputación de RICAP se detalla en la Tabla I:

Año	Nº de convocatorias	Nº de grupos solicitantes	Miles de horas de cálculo provistas
2017	1	6	208 (CPU)
2018	1	7	2.227 (CPU) – 10.000 (GPU)
2019	2	15	4.879 (CPU) – 17.250 (GPU)
2020	1	9	2.156 (CPU) – 10.000 (GPU)
	TOTAL	TOTAL	TOTAL
	5	37	9.470 (CPU) – 37.250 (GPU)

Tabla I. Resumen de la actividad de las convocatorias de acceso a recursos de supercomputación de RICAP

Todos los grupos que a lo largo de estos años han solicitado horas de cómputo obtuvieron acreditación de horas de cálculo en los recursos de RICAP. Como se puede apreciar, las horas de CPU consumidas por estos grupos en los supercomputadores hasta mediados de 2020 es de casi diez millones. A ellas, han de sumarse las horas de cálculo en GPU que son más de treinta y siete millones. Teniendo en cuenta que aún queda una convocatoria más para el 2020, no es descabellado pensar que se llegará a los doce millones de horas CPU y a los casi 40 millones de horas GPU, lo que representa un éxito para la región iberoamericana.

Como consecuencia del uso de la infraestructura HPC de RICAP, se ha venido produciendo una actividad científica no directamente relacionada con actividades propias de la Red, esto es, la divulgación a través de artículos, conferencias, etc. de los resultados obtenidos con las simulaciones realizadas en la red.

Así, a marzo de 2020 se han publicado 50 artículos científicos, lo que supone un caso de éxito en la divulgación y el impacto que RICAP ha tenido. Este número crecerá notablemente cuando se pueda contabilizar las publicaciones que se realicen a lo largo del 2020.

Además de ello, es importante mencionar que se han realizado 29 presentaciones en conferencias internacionales.

En el enlace de la web del proyecto <http://www.red-ricap.org/descargas> bajo el epígrafe “Lista de trabajos realizados con recursos de RICAP” se puede encontrar una lista detallada de las 50 publicaciones mencionadas.

2.3 La infraestructura en la nube de RICAP

La capacidad de cómputo de la infraestructura HPC presentada previamente permite la consecución de una gran parte de los objetivos propuestos. Sin embargo cada clúster asociado tiene su propia configuración, sistema operativo y versiones de software instalados, no cubriendo las necesidades específicas de determinadas aplicaciones científicas de interés para la red. La infraestructura en la nube de RICAP ha ofrecido una solución a este problema siguiendo un modelo de

infraestructura como servicio (IaaS) sencillo, con las siguientes premisas:

- La independencia de los sitios *cloud* asociados: los administradores de cada sitio son libres para ofrecer cualquier hardware; gestionar su sistema de virtualización; podrán bloquear usuarios y grupos externos en su equipamiento; crear usuarios que se distribuirán entre los otros sitios de la red; y, usar su equipamiento simultáneamente para cualquier otro proyecto.
- La sencillez de uso: los usuarios accederán por una web y utilizarán el sitio asociado que quieran; los desarrolladores podrán configurar sus máquinas virtuales para sus aplicaciones y mantenerlas en los sitios remotos.

A fin de preservar la simplicidad y la independencia de la federación resultante, se ha descartado la implantación de *middleware* externo como Indigo DataCloud [4] o el usado actualmente EGI FedCloud. Para ello, basándose en experiencias previas, se ha optado por la rapidez y simplicidad de los despliegues basados en OpenNebula [5] y KVM, siendo éste el único requisito impuesto a los sitios *cloud* asociados. Gracias a este sistema, la infraestructura en la nube de RICAP descrita en la Tabla II se ha organizado de forma sencilla y comprende actualmente:

grupo-país	institución-sitio	Recursos
<i>ricap-ar</i>	CSC-CONICET	4 nodos (64GB RAM, 16 cores): 64 cores, 256GB Almacenamiento: 30TB
<i>ricap-br</i>	UFRGS	5 nodos (16 cores, 24 GB RAM): 80 cores, 280GB.
<i>ricap-co</i>	UIS	1 nodo (24 cores, 104GB RAM) y 8 Tesla M2075.
<i>ricap-es</i>	CIEMAT	40 nodos (8GB RAM, 4 cores): 160 cores, 320GB. Almacenamiento 20TB.
<i>ricap-mx</i>	CINVESTAV	1 nodo (20 cores)

Tabla II. Descripción de la infraestructura en la nube de RICAP

Con el fin de que los usuarios puedan acceder a la infraestructura en la nube de la manera más sencilla, se ha habilitado una página web desde donde un usuario puede acceder al sitio de la nube que prefiera.

A su vez, debe autenticarse con el usuario y contraseña que previamente le haya provisto el administrador de cualquiera de los sitios *cloud* de la infraestructura, ya que estas claves de registro se comunican inmediatamente al resto de los sitios para que así toda la infraestructura esté actualizada y accesible al usuario final. Una vez guardada la clave en su navegador, puede organizarse en pestañas para tener una visión global de los recursos disponibles y usados.

De esta forma, abriendo la página <http://one01.ciemat.es:8888/ricap.html> el usuario previamente dado de alta podrá realizar distintas labores encaminadas a llevar a cabo su investigación, principalmente, levantar máquinas virtuales en los diferentes sitios que ejecuten sus trabajos y monitorizar el desarrollo de los mismos. Todo ello se puede apreciar en la Fig. 1, en donde se muestra una vista del entorno de usuario para la ejecución de trabajos.

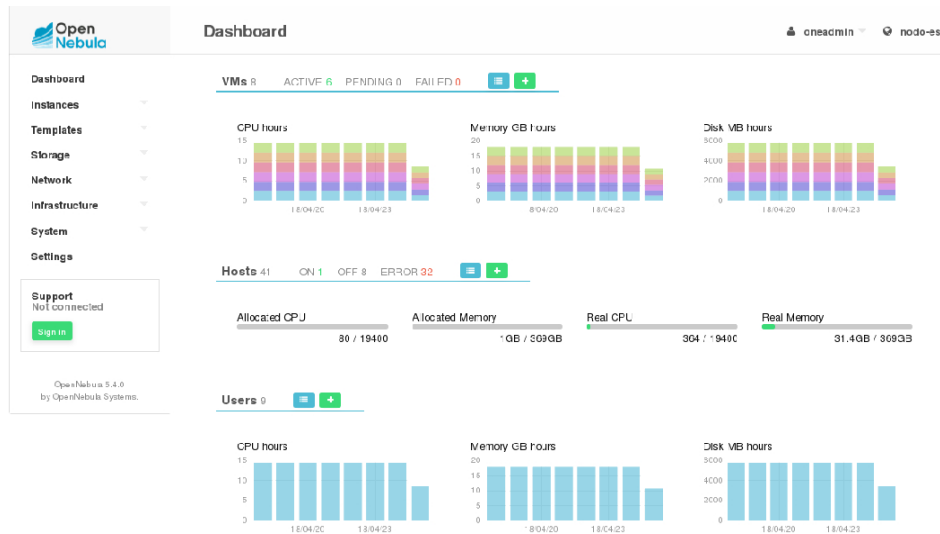


Fig. 1. Vista del entorno de usuario para la ejecución de trabajos (derecha).

Además, es importante destacar las capacidades que también tienen los administradores de los nodos desde este enlace:

- Creación de máquinas virtuales
- Distribución de los usuarios entre los nodos de forma transparente e inmediata
- Configuración personalizada por parte de cada administrador en su nodo tanto de OpenNebula como de su hardware

3. Impacto de la Red

A lo largo de los cuatro años de existencia que va a tener RICAP, se han alcanzado distintos hitos resultados que han contribuido a mejorar aspectos científico-tecnológicos y sociales y que aumenten los resultados y el impacto de la e-Ciencia en Iberoamérica.

3.1 Beneficios y repercusión prevista para Iberoamérica

Infraestructuras estratégicas tales como PRACE y EGI (FedCloud) en Europa o la Red Española de Supercomputación [6] en España han tenido un enorme éxito y un notable impacto en la comunidad científica de sus regiones de influencia, posibilitando el acceso a grandes instalaciones de computación a cualquier investigador o grupo con una necesidad de servicios computacionales siempre y cuando presentara un proyecto de calidad, interés y tecnológicamente viable dentro de las capacidades ofertadas.

Por ello, se puede asegurar que los beneficios y la repercusión que RICAP ha tenido en Iberoamérica no ha sido menor teniendo siempre en cuenta la diferencia de recursos disponibles de unas y otras infraestructuras. Más al contrario, es probable que en términos sociales el impacto haya sido aún mayor pues se han puesto a disposición de investigadores y grupos una capacidad de cómputo que en sus países puede ser prácticamente imposible concretar. Algunos de los países que participan en RICAP disponen de instalaciones de supercomputación de primer orden mundial, pero no así algunos otros de Iberoamérica que gracias a la posibilidad que les ofrece RICAP han podido disfrutar gratuitamente de esta capacidad de cómputo.

Por ende, RICAP está abierta a todos los ámbitos científicos y sociales y a ella han podido acudir en igualdad de condiciones usuarios de cualquier país iberoamericano. Por ello, ofrece una clara apuesta por la equidad social. También,

como se ha indicado anteriormente, se articulará un mecanismo para que más instituciones iberoamericanas puedan integrarse dentro de las actividades de la Red Temática.

Gracias a las capacidades y soluciones aportadas por RICAP, todas las comunidades iberoamericanas interesadas han tenido la posibilidad de abordar la solución de problemas más ambiciosos y complejos, los cuales no podían ser planteados por algunos investigadores iberoamericanos sin esta Red.

En otras palabras y en términos generales, ha sido posible mejorar el impacto de la e-Ciencia en el Continente.

3.2 Divulgación y Capacitación

La divulgación de la Red en cuantos foros sea posible ha sido una de las prioridades de RICAP para que así pueda existir el mayor número de investigadores al tanto de las posibilidades de e-Ciencia que se les han ofrecido de manera gratuita.

Ejemplos de esta afirmación pueden encontrarse en las presentaciones realizadas por la Red en TICAL 2017 [8], CARLA 2017 [9] o ISUM 2018 [10] entre otras. En total, RICAP se ha presentado ofreciendo sus servicios en 16 conferencias internacionales y ha publicado 4 artículos sobre la propia Red (véase <http://www.red-ricap.org/descargas> y el epígrafe “Publicaciones del Proyecto”).

En relación a la capacitación, RICAP cuenta entre sus miembros con el BSC, uno de los socios Tier-0 de PRACE. Dentro de las actividades de este gran consorcio europeo, existe una variedad muy amplia de cursos organizados por sus equipos [11], los cuales se han difundido a través de la Red para la participación de distintos investigadores.

Para estas jornadas de docencia y otras, se ha colaborado activamente con RedCLARA para que las mismas se integren dentro de su programa de Encuentros temáticos de la Comunidad TICAL de difusión por *streaming*, de tal forma que el impacto sea aún mayor. Ejemplo de ello fue la jornada “Día Virtual sobre Experiencias Regionales en Computación de Alto Rendimiento” celebrada en 2018 o el curso de computación celebrado dentro del programa de TICAL 2018 y el 2º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia.

Ejemplos de cursos que se imparten dentro de las actividades de RICAP son:

- Acceso y utilización de los recursos computacionales proporcionados por RICAP
- Nociones básicas sobre administración de clústeres de computación de alto desempeño
- Hands-on Introduction to HPC
- Message-Passing Programming with MPI
- Intel MIC and GPU programming
- Metodologías para la ejecución eficiente de tareas en entornos HPC y HTC
- Performance analysis and tools
- Etc.

Como se puede ver por el listado anterior, esta formación en recursos humanos está ideada para que abarque y sea provechosa para distintos niveles académicos.

Todo el material didáctico que se ha generado (presentaciones, ejercicios, vídeos en los que se graba el curso) está colgado en la página web de la Red y está disponible permanentemente de forma gratuita (<http://www.red-ricap.org/descargas> bajo el epígrafe “Material de formación”). Actualmente se cuenta con más de 50 entradas a cursos y tutoriales en distintos ámbitos de las

Ciencias de la Computación.

Mención aparte y de máxima importancias son las tesis que se han defendido exitosamente y que se han llevado a cabo utilizando recursos de RICAP. Así, la lista a marzo de 2020 de estas tesis aprobadas cuenta con 5 tesis de doctorado, 3 tesis de maestría y 8 tesis de grado. En otras palabras, 16 personas han podido avanzar y culminar con éxito sus estudios correspondientes presentando resultados y valoraciones más completas gracias a las simulaciones realizadas gracias a la Red. El detalle de estas 16 tesis puede encontrarse en <http://www.red-ricap.org/descargas> bajo el epígrafe “Tesis”.

El impacto se puede ver aumentando no obstante si nos atenemos al número de escuelas que ha promocionado y actuado RICAP. En concreto, en 2017 se colaboró en ECAR (Ar) y en el tutorial de computación en la nube del CIEMAT (Es). Un año después, se participó en el mencionado Día Virtual de RedCLARA, la Escuela de HPC de la UIS (Co), el curso también mencionado celebrado en TICAL 2018 (Co), la escuela de supercomputación de CARLA 2018 (Co) y los cursos de introducción a la computación de TICEC 2018 (Ec). Por último, en 2019 se promocionó y participó en el curso de computación de CeNAT-CNCA (Cr), la Escuela de Veranillo de HPC (Cr), el SC-CAMP (Es), la escuela de HPC organizada por el Centro Nacional de Supercomputación, Universidad de la República y PEDECIBA (Ur) y el ICTP-SAIFR (Br).

En total, 12 escuelas en las que RICAP aportó su experiencia y conocimientos, así como colaboró con la presencia de sus investigadores actuando como docentes.

Como última mención, en marzo de 2020 se habían publicado 50 artículos científicos por los grupos que accedieron a los recursos computacionales y que agradecieron explícitamente a RICAP el uso de su infraestructura para obtener los resultados obtenidos.

3.3 Papel que juega RedCLARA y TICAL

Como se ha mencionado anteriormente, la labor que está desarrollando RICAP casa perfectamente con algunos de los ejes temáticos definidos por RedCLARA y por TICAL [12] y el 4º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia. Así, aspectos como: Infraestructura y desarrollo de software, Servicios de valor agregado de redes académicas avanzadas, Soluciones TIC de apoyo a la investigación, etc. están reflejados en el Acuerdo de Colaboración suscrito por ambas iniciativas.

Prueba de ello es el apoyo que la propia RedCLARA aportó desde un inicio a la propuesta de RICAP a la CYTED y que comprendía varios aspectos e intereses comunes. Así, la creación de una infraestructura estratégica de cómputo HPC y HTC en Iberoamérica se basa en la infraestructura de redes nacionales de educación e investigación que ofrece RedCLARA y del mismo modo, a RedCLARA le resulta de interés que su red de fibra óptica regional sea utilizada plenamente.

Con este fin, RedCLARA y RICAP colaboran en la divulgación y difusión de las actividades de esta última dentro de la comunidad de RedCLARA anunciando su capacidad de cómputo y promoviendo las convocatorias de acceso a la infraestructura computacional. Asimismo, se promueven las actividades de capacitación de la Red Temática para que se extiendan a la comunidad de CLARA a través de los Encuentros Temáticos de TICAL, los Días Virtuales organizados por la Coordinación de Comunidades de RedCLARA o las jornadas de capacitación anejas a eventos como el 2º Encuentro de e-Ciencia.

La actividad de la Comunidades de Ciencia y Tecnología es prioritaria para

RedCLARA, siendo el foco de recientes proyectos, como Bella-S [13], OCTOPUS [14], ELCIRA [15] y MAGIC [16] que han contribuido fuertemente a la construcción de herramientas que apoyan a los proyectos colaborativos.

Toda esta colaboración ha culminado en el apoyo que RICAP ha aportado a RedCLARA dentro del programa “Ilumina tu ciencia”. *Enlighten Your Research* (EYR) es un programa diseñado para aumentar el uso y la conciencia de los recursos de infraestructura electrónica en diversos campos de investigación. El objetivo de su ampliación a Iberoamérica a través del acuerdo de Géant y RedCLARA, denominada EYR-LatinAmerica2Europe [17], es proporcionar acceso y soporte para recursos de red, computación, almacenamiento y confianza e identidad para satisfacer las crecientes necesidades de datos y colaboración de la investigación, inspirando nuevas ideas y colaboraciones entre América Latina y Europa.

En concreto, los proyectos aprobados dentro de EYR-LatinAmerica2Europe que requerían de capacidades de supercomputación se han llevado a cabo con la infraestructura aportada por RICAP.

3.4 El futuro de RICAP

RICAP terminará sus actividades el próximo 31 de diciembre de 2020 tras haber supuesto u caso de éxito en la región iberoamericana y en el programa de Redes temáticas de CYTED. Por ello, era imprescindible realizar acciones que permitieran la sostenibilidad de los avances logrados.

Por un lado, se constituyó formalmente en Costa Rica el Servicio de Computación Avanzada para Latinoamérica y el Caribe (SCALAC), que ya venía desarrollando sus actividades con anterioridad. Este Servicio perdurará en el tiempo y será igualmente apoyo para RedCLARA. Prueba de ello es el acuerdo SCALAC-RedCLARA para la provisión de recursos HPC a través de las Redes Académica que se firmó en TICAL 2019.

Por el otro, se consiguió incluir a RICAP como caso piloto del proyecto de la Comisión Europea financiado a través de Horizonte 2020 “Towards a new EU-CELAC partnership in Research Infrastructures” (ResInfra EU-CELAC), que se extenderá por 30 meses desde el 1 de diciembre de 2019. ResInfra UE-CELAC tiene como objetivo identificar una serie de infraestructuras en la región Iberoamericana que pueden considerarse elegibles para la construcción de un proyecto birregional de colaboración. Esto se llevará a cabo mediante la definición de requisitos clave que estas infraestructuras necesitarían desarrollar en los años venideros. Con este objetivo, el proyecto se basará en los resultados de priorización de las reuniones de altos funcionarios de la UE-CELAC sobre ciencia y tecnología y en el Grupo de Trabajo de Infraestructura de Investigación de Tecnología del mismo.

Además, ResInfra UE-CELAC desarrollará un mapa de políticas nacionales y regionales de infraestructura de investigación para acometer su sostenibilidad, incluyendo estrategias y planes correspondientes y mecanismos de financiación que podrían utilizarse para apoyar la construcción y el funcionamiento de futuras infraestructuras de Europa y Iberoamérica.

4. Conclusiones

Gracias a RICAP, ha sido posible generar multitud de nuevas actividades en distintos ámbitos científicos y sociales de la sociedad iberoamericana dado que se ha puesto a su disposición de manera gratuita una enorme cantidad de recursos computacionales. Esto ha favorecido indudablemente el desarrollo de la e-Ciencia en el Continente.

Tal afirmación es así porque en la actualidad, la computación está enormemente integrada en la generación de conocimiento en entornos científicos, sociales y de ingeniería, tanto en el ámbito público como en el privado. Además, el acceso a la infraestructura es directo (nube) o por concurrencia competitiva (HPC), en la que primará el interés científico, por lo que usuarios finales sin acceso local a entornos HPC y HTC podrán a partir de ahora realizar sus trabajos gracias a RICAP, lo que mejora la igualdad social.

La originalidad de esta Red radica en que este acceso regional no es una realidad en Iberoamérica en su conjunto, sino sólo a nivel nacional en algunos países, por lo que ha supuesto un tremendo avance para la comunidad científica de cualquier ámbito en la región.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Red Temática 517RT0529 RICAP (Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones) del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

Referencias

- 1 RICAP, disponible en <http://www.red-ricap.org>
- 2 PRACE, disponible en <http://www.prace-ri.eu/>
- 3 EGI FedCloud, disponible en <https://www.egi.eu/infrastructure/cloud/>
- 4 Indigo Data Cloud, disponible en <https://www.indigo-datacloud.eu/>
- 5 R. Moreno-Vozmediano, R. S. Montero, I. M. Llorente. "IaaS Cloud Architecture: From Virtualized Datacenters to Federated Cloud Infrastructures". IEEE Computer, vol. 45, pp. 65-72, 2012.
- 6 RES, disponible en <https://www.bsc.es/marenostrum-support-services/res>
- 7 Encuentro Temático RedCLARA "XX", disponible en XX
- 8 A. de la Ossa et al., "La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones: una plataforma tecnológica al servicio de la comunidad académica". Actas TICAL 2017, pp. 525-534 (2017)
- 9 R. Mayo-García, "Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones", presentación oral en CARLA 2017
- 10 R. Mayo-García, "Provision of a free HPC infraestructura to the Latin American Community: the RICAP Network", Conferencia Temática Invitada en ISUM 2018
- 11 PRACE training, disponible en http://www.training.prace-ri.eu/nc/training_courses/index.html
- 12 TICAL, disponible en <http://tical.redclara.net>
- 13 BELLA Project, disponible en <http://www.bella-programme.eu/index.php/en/>
- 14 Open Collaboration TOolkit Provisioning for Key Challenge USer Communities (OCTOPUS)
- 15 ELCIRA, disponible en <http://www.elcira.eu/>
- 16 MAGIC, disponible en <http://www.magic-project.eu/>
- 17 EYR-LatinAmerica2Europe, disponible en https://www.geant.org/News_and_Events/Pages/Enlighten-Your-Research-Latin-America2Europe.aspx

Potencial de una microalga del Lago Yahuarcocha en la zona norte del Ecuador

Carla Alexandra Sandoval Guano^{1abc}, Santiago Zárate Baca^{abc}, Jeniffer Paola Novoa Rivera^a

^a Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales,

^b Grupo de Investigación de Ciencia en Red (eCIER),

^c Grupo de Investigaciones Ambientales y Biotecnológicas (GIAB),

Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio 521, Ibarra, Ecuador

¹casandoval@utn.edu.ec, szarate@utn.edu.ec, jpnovoar@utn.edu.ec

Resumen. El aprovechamiento bioeconómico de la biodiversidad para países como el Ecuador representa una alternativa sustentable que merece la atención de la academia. Para hacerlo debe incluir el estudio integral de un sistema biológico con potencial interés comercial, como es el caso de las microalgas. Generalmente, la experimentación *in vitro* e *in situ* con estos organismos involucran costos y tiempos considerables por ser sistemas complejos con una intrincada dependencia del ambiente natural circundante. Por tal motivo, la inclusión de modelos de simulación resulta una alternativa dentro de la investigación para establecer escenarios probables con fines de aprovechamiento comercial. Sin embargo, esta estrategia no es fácil de implementar dadas las escasas habilidades en simulación de los jóvenes investigadores de nuestra carrera académica en la Universidad. Además, hay que considerar que ellos, subutilizan herramientas como hojas de cálculo entre otras de acceso gratuito que les ofrece la Institución. De tal forma, que el presente trabajo socializa los resultados alcanzados dentro de una nascente línea investigación enfocada en sistemas biológicos de sistemas lacustres con inclusión de modelos de simulación. Para ello se aislaron especies de microalgas procedentes de la Laguna de Yahuarcocha. Posteriormente, fueron establecidas en laboratorio para caracterizarlas de forma molecular y cinética. Estos datos fueron incluidos en una hoja de cálculo, validados e implementados dentro de un modelo de simulación para establecer parámetros de productividad y rendimiento. Toda la información fue almacenada y gestionada desde la nube favoreciendo su acceso y administración remota para facilidad de los colaboradores. Los resultados reflejan la utilidad de la simulación para complementar ensayos experimentales aportando información en temas de productividad y rendimientos de biomasa. Además, se fortalecieron las competencias investigativas de nuestros estudiantes incluyendo el manejo de modelos para el estudio de sistemas biológicos. La metodología puede ser aplicable para otros organismos con ciertas modificaciones. Su utilidad también ha sido llevada al aula de clase para fortalecer las habilidades de simulación en etapas tempranas de formación académica.

Palabras Clave: Bioeconomía, Microalga, Modelamiento, Experimentación, Gestión de datos.

Eje temático: Ciencias de datos / Modelos de *machine learning*.

1. Introducción

El aprovechamiento sustentable de nuestra biodiversidad es una demanda imperante para reducir el impacto extractivista de nuestros países [1]. Particularmente, Ecuador ha sido reconocido por su valorable biodiversidad producto de la intrincada geografía y condiciones climáticas que lo rodean. Sin embargo, al igual que buena parte de la región Andina, su economía sigue sustentándose en la exportación de materias primas en ausencia de un valor agregado mayor [2]. Bajo esta premisa, la academia juega un papel fundamental en el diseño de nuevas metodologías y tecnologías que faculten no solo en conferir utilidad a sus productos de forma sustentable, sino también, en incidir socialmente en un cambio de conducta que defienda la vida y asegure la de las siguientes generaciones [3].

Este nuevo modelo económico es declarado como Bioeconomía, y tiene como punto de partida el aprovechamiento sustentable de los sistemas biológicos. El mismo considera sus componentes o los productos por ellos generados con aplicación en sectores tales como industrial, alimenticio, farmacéutico, ambiental entre otros [4]. Efectivamente, esta propuesta no es fácil puesto que utiliza el engranaje de un organismo vivo. Su complejidad e interacción con el ambiente son premisas que requieren de investigación aplicada en varias disciplinas combinadas con tecnologías hasta obtener un producto final [3].

El estudio y la experimentación *in situ* con sistemas biológicos demanda tiempo e inversión de recursos. De ahí que la estrategia de ensayos *in vitro* son la primera línea de acción de trabajo con estos sistemas. A nivel de laboratorio se intentan recrear las condiciones necesarias para que el sistema genere el producto deseado, sin embargo, no siempre es así. En efecto, al tener características biológicas es muy susceptible a factores que comprometen su desarrollo y, como tal, se echan a perder en algunos casos [5]. Por tanto, se crea la necesidad de complementar estos ensayos con experimentación *in silico*. Es decir, introducir métodos de modelamiento matemático que nos permitan predecir de forma más real aquellos escenarios más productivos en los que se desenvolvería el sistema biológico designado [6, 7].

El modelamiento matemático aplicado en los sistemas biológicos no es nada nuevo, sin embargo, la mayoría de los estudios han sido desarrollados desde un ámbito ecológico tanto a nivel de poblaciones como a nivel genético [8, 9]. A nivel productivo, sus mayores avances han aparecido con el desarrollo de la Biotecnología plenamente apoyados con el desarrollo vertiginoso de la tecnología informática de estas últimas décadas. El modelamiento matemático se aplica en ensayos a diferentes escalas permitiendo a los investigadores anticipar posibles escenarios y resultados. Esto no es tarea fácil, porque amerita el trabajo colaborativo de profesionales de distintas áreas que en algunos casos no dominan la parte biológica o en su defecto habilidades matemáticas en un entorno virtual [10–12].

La inclusión de modelos matemáticos en investigaciones con sistemas biológicos es una necesidad imperante para maximizar su potencial uso [13]. Hablando desde el contexto de la formación académica universitaria, aún existe una ruptura con el uso de la matemática en escenarios biológicos. Por tanto, algunos profesionales dejan de lado su utilidad limitando el alcance que podría tener en sus investigaciones. Este hecho fue identificado en el instante de incluir algunas tesis de pregrado para fortalecer una nueva línea de investigación en el área de la biotecnología de microalgas en la universidad. Nuestros estudiantes tienen dificultades en aplicar modelos básicos en sus investigaciones, o en su defecto lo hacen mecánicamente sin saber su principio y optimización. Mas allá de cuestionar los planes formativos es la necesidad de que adquieran destrezas en herramientas

tecnológicas que aporten a sus estudios y profesión.

Bajo este contexto, nace una línea de investigación denominada “Aprovechamiento bioeconómico de microalgas de lagos altoandinos del Ecuador”. Particularmente, iniciamos con el Lago Yahuarcocha [14] de la cual se aislaron algunas cepas de forma *in vitro* para caracterizar. Algunas de ellas, resultaron ser promisorias para la industria alimenticia y ambiental por lo que es indispensable aprender a simular condiciones de cultivo a diferentes escalas para su uso y aplicación. La simulación, no requiere de softwares complicados y pagados, sin embargo, si demanda que el equipo de investigación desarrolle habilidades en esta área. Por tanto, el presente documento pretende explicar la utilidad de manejar los datos biológicos para generar modelos y escenarios que sean un instrumento científico para la toma de decisiones en el aprovechamiento sustentable de los recursos biológicos.

2. Herramientas tecnológicas y metodología empleada

La metodología empleada resultó en la participación multidisciplinaria de colaboradores integrados en actividades experimentales, caracterización cinética y molecular, validación, simulación y gestión de datos procedentes de información recabada a partir de un sistema biológico dulceacuícola, en este caso microalgas (Fig. 1).



Fig. 1. Esquema general de trabajo en torno al estudio de las especies de microalgas. (1) *Experimentación in vitro*. (2) *Caracterización molecular, cinética y modelamiento*. (3) *Validación de información*. (4) *Colaboración y gestión de datos*.

Las microalgas usadas en este estudio fueron aisladas del lago Alto Andino Yahuarcocha, ubicado en la provincia de Imbabura en la sierra norte de Ecuador (Fig. 2). Luego fueron adaptadas a laboratorio mediante la formulación de medios de cultivo artificiales bajo condiciones biológicas de pH, temperatura, luz y salinidad. Para el crecimiento se realizaron pruebas con varios medios de cultivo adaptados y también se usaron fertilizantes comerciales, con alto contenido de nitrógeno y fósforo; dos nutrientes esenciales para el crecimiento de las microalgas [15]. Estas condiciones artificiales permitieron recolectar algunas variedades de microalgas desde la zona de muestreo. Las microalgas fueron analizadas taxonómicamente mediante el uso de un microscopio óptico, esto permitió tener al inicio de la investigación una amplia variedad de especies; sin embargo, el periodo de adaptación y aislamiento de estos microorganismos al medio de cultivo artificial resultó en una pérdida significativa de variedades de las especies identificadas inicialmente

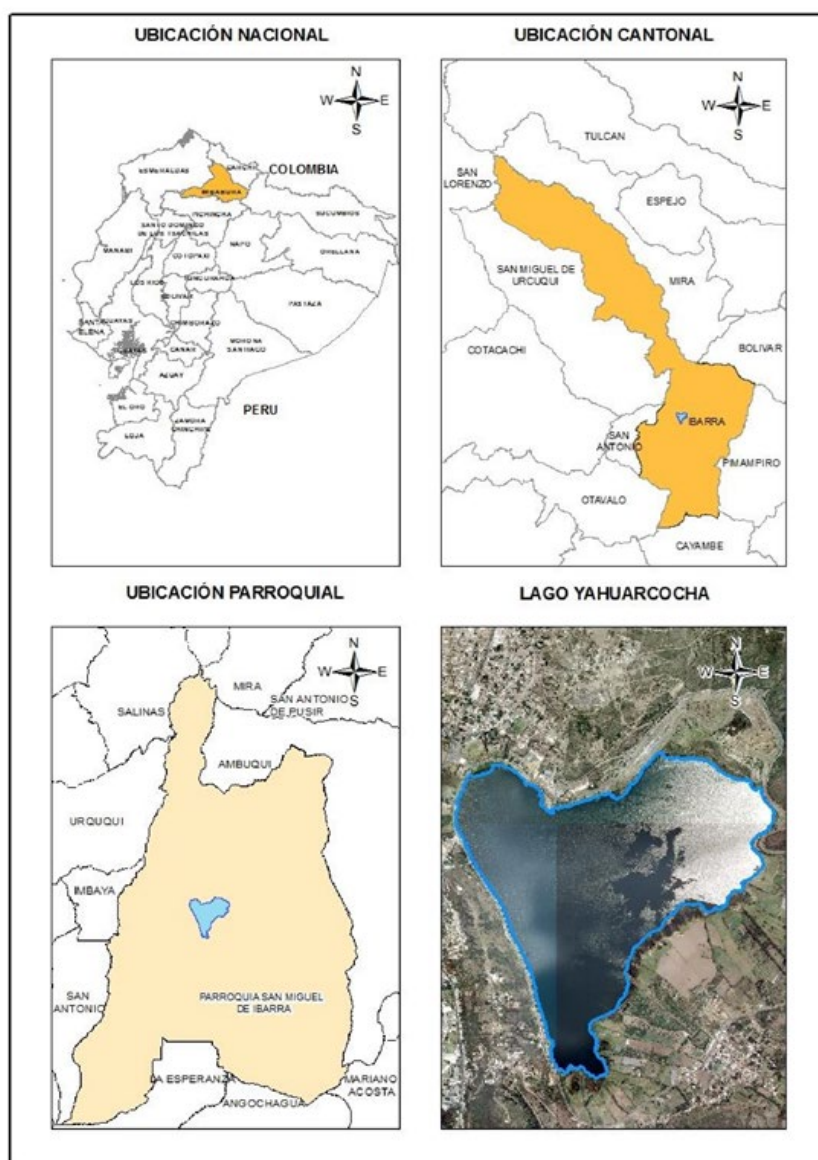


Fig. 2. Ubicación geográfica del Lago Yahuarcocha [16]

Una vez establecidas las células de forma *in vitro*, se registraron diariamente parámetros de crecimiento de cada cepa aislada basados en densidad óptica DO y celular ($\#cell.mL^{-1}$). El primero, realizado a través de un espectrofotómetro con una longitud de onda de 750 nm, y el segundo, utilizando una cámara de Neubauer con ayuda de microscopía óptica. Todos los datos de esta primera fase fueron registrados en una hoja de cálculo debidamente codificada para futuros cálculos y comparaciones. Para facilitar el trabajo colaborativo la hoja de cálculo fue depositada en la nube con ciertos permisos de edición para evitar perder los datos.

A continuación, los datos registrados fueron validados estadísticamente de forma descriptiva para conocer su dispersión, variación y tendencia con la ayuda tanto de las fórmulas estadísticas presentes en la hoja de cálculo, como del software PAST. Este último recurso es de acceso libre, versátil dado que ofrece la posibilidad de realizar análisis de datos científicos en distintos niveles y con la ventaja que puede ser almacenado en un pen drive para ejecutarlo en cualquier computadora sin necesidad de instalación. La validación de datos es importante para poder asegurar resultados confiables en las siguientes regresiones lineales y simulaciones. Particularmente, el estudio cinético de crecimiento de las microalgas es crucial para entender el comportamiento de la especie ante una fuente primaria de nutrientes como carbono, fósforo, nitrógeno y luz. Esta información permite diseñar, optimizar y controlar el proceso de cultivo celular bajo un sistema de modelamiento [17, 18].

La siguiente etapa consistió en la evaluación cinética de las especies seleccionadas a partir de los datos grabados en la hoja de cálculo (Fig. 3). Previamente, estos fueron transformados utilizando la función de logaritmo natural dado a que los sistemas biológicos describen tendencias exponenciales. A continuación, se realizaron ajustes de curvas utilizando el método de los mínimos cuadrados [19] en la misma hoja de cálculo considerando como variables la DO y el tiempo de forma dependiente e independiente, respectivamente. El modelo descriptivo se ha adaptado para el análisis de los datos en este estudio, basado en regresiones lineales en función de un sólo factor que afecta el crecimiento microalgal. Es importante recalcar que existen otros modelos que consideran múltiples factores [20], pero en este caso específico, la temperatura, fotoperiodo e intensidad de la luz se han considerado como constantes.

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

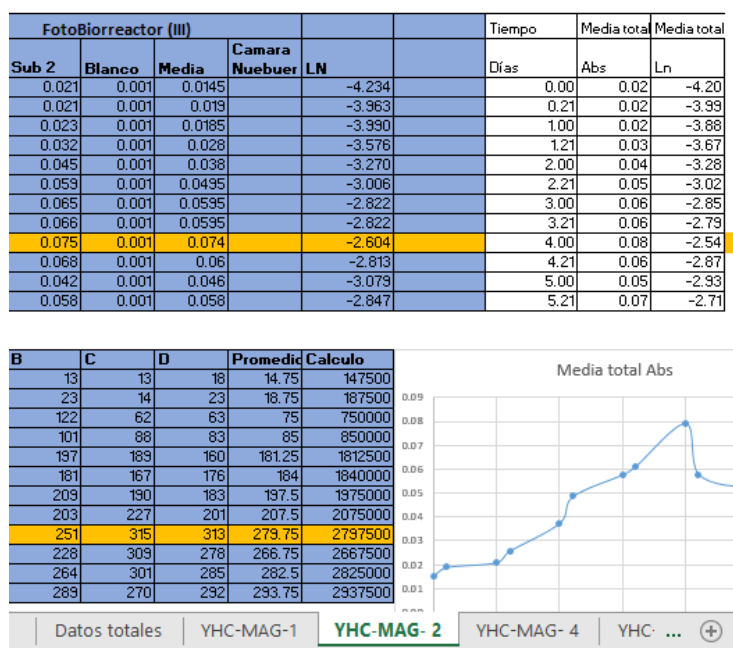


Fig. 3. Captura de hoja de cálculo referente a la caracterización cinética de las especies de microalgas

Adicionalmente, se registraron las ecuaciones de ajuste de cada especie para su posterior análisis en relación con la tasa de crecimiento específico μ (d^{-1}) y tiempo de duplicación t_d (d). De la misma manera, cada modelo fue validado con un segundo método presente en la hoja de cálculo a través de la herramienta “agregar línea de tendencia”. Las ecuaciones fueron comparadas con el primer método y a su vez, los valores R^2 , permitieron discriminar la descripción de los datos con cada modelo.

Paralelamente, las cepas aisladas fueron caracterizadas molecularmente utilizando secuencias conservadas de sus genomas para compararlas en bases de datos de acceso libre. Para ello se amplificaron pares de bases genómicas procedente del ADN genómico de las especies de microalgas seleccionadas. Posteriormente, los fragmentos fueron purificados y enviados a secuenciación de sus pares de bases. Una vez recibidas las secuencias se procedió a realizar un proceso de alineamiento bioinformático utilizando el software BLAST <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>, para caracterizar cada cepa aislada a nivel de género y especie. A partir de estos hallazgos se realizó una búsqueda bibliográfica en bases de datos relacionadas a microalgas para relacionar las especies con su posible potencial comercial.

Estos hallazgos nos conducen a una tercera etapa (Fig. 4), que involucró estimar velocidades volumétricas de producción ($g \cdot m^{-3} \cdot d^{-1}$) y rendimientos Y_{x/CH_2O} ($mol \cdot mol_{CH_2O}^{-1}$) en función de la tasa de crecimiento específico μ de cada especie para su posterior aprovechamiento comercial.

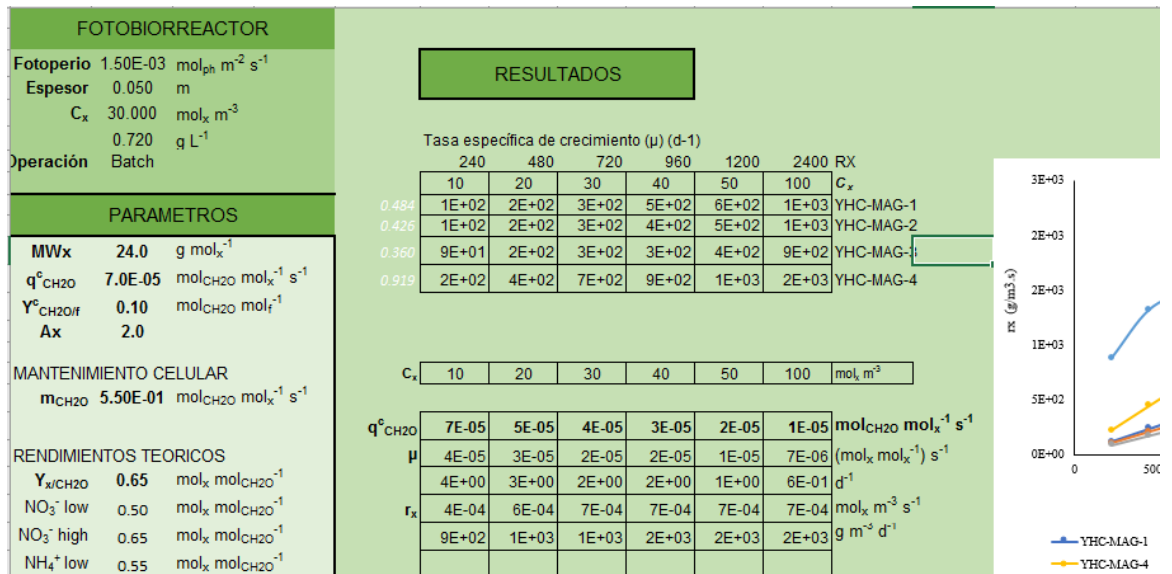


Fig. 4. Entorno de simulación en hoja de cálculo para obtención de velocidades volumétricas de producción

Es importante mencionar que la estimación óptima de la producción de biomasa de microalgas requiere de la generación de un modelo de proceso que nos proporcione información útil para tomar decisiones en base a un entorno predictivo [21]. Por tanto, esta fase consistió en la elaboración de un modelo predictivo basado en la iteración de valores numéricos. Para ello, se empleó una hoja de cálculo debidamente codificada y provista de un set de fórmulas relacionadas con cálculo de velocidades específicas de consumo y producción desde el punto de vista bioquímico. Adicionalmente, se incorporaron valores de constantes biológicas obtenidas de algunos estudios previos [15] para robustecer los cálculos. Luego, los resultados fueron optimizados a través del complemento “solver” de la hoja de cálculo con el objetivo de maximizar la producción de biomasa.

Finalmente, se realizaron comparaciones gráficas de los modelos generados en la hoja de cálculo y analizó el comportamiento del cultivo de microalgas en distintos escenarios. Así mismo, se comparó la tasa de crecimiento específico μ obtenido de forma *in vitro* e *in silico*. Todos los resultados obtenidos fueron almacenados en la nube con restricciones de edición en casos particulares. El avance de cada etapa se controló en tiempo real a través del móvil con los reportes de colaboración detallados en cada documento trabajado desde la nube. Los resultados de este trabajo fueron divulgados mediante exposición digital a los demás estudiantes y docentes del laboratorio de trabajo.

3. Aspectos críticos y relevantes

En el ejercicio diario de la experimentación y el modelamiento nos encontramos con algunos aspectos críticos que influenciaron los resultados obtenidos. Jerarquizados de mayor a menor importancia citamos los siguientes:

- Presencia de contaminación y pérdida de datos biológicos de crecimiento. En efecto, uno de los inconvenientes al trabajar con sistemas vivos es la pérdida de datos valiosos por causas bióticas y abióticas, limitando la disponibilidad de información para futuros análisis.

- Escasas habilidades para generar ajustes de curvas, iteraciones numéricas y optimización de fórmulas en hojas de cálculo u otros softwares. Especialmente por parte de los jóvenes investigadores quienes condujeron gran parte de la experimentación. Así también de destrezas para interpretar los resultados obtenidos después de la aplicación del modelo.
- Limitación del modelo por falta de información biológica relacionada con las especies de microalgas nativas. Por tal motivo, debe recurrirse a aquella disponible en bases de datos o estudios previos. Esta información es obtenida en condiciones de laboratorio diferente y como tal, arrojar otros resultados. De igual forma se carece de datos nacionales de variables geo climáticas y fotoperiodo que den mayor robustez al modelo.
- Comunicación incompleta entre los responsables de la experimentación y del modelamiento. Al haber habilidades diferentes se requiere que ambas partes manejen un lenguaje común para resolver los problemas de la investigación sin minimizar cada destreza de los miembros del grupo.
- Aun cuando no es aspecto crítico, si es relevante mencionar que los resultados del modelo siempre serán ideales y, por tanto, la necesidad de confrontarlos con experimentación *in vitro* e *in situ*. Además, es una construcción preliminar que puede seguir mejorando con la inclusión de otros parámetros para su optimización.

4. Resultados obtenidos y su impacto

A través de una inspección visual de las curvas de crecimiento de cada microalga, se observó que poseen una fase exponencial o de crecimiento distinta, que terminan en diferentes días dependiendo de la especie, entre tres y seis días. Sin embargo, estas gráficas no pueden proporcionar datos matemáticos por sí solas; es a partir de la regresión lineal de los datos obtenidos por densidad óptica (OD), que se obtienen parámetros cinéticos como la tasa específica de crecimiento y tiempo de duplicación (Tabla 1). Entre los principales resultados tenemos la caracterización cinética (Fig. 5) de las cuatro especies de microalgas aisladas en laboratorio bajo condiciones artificiales. Esta información es valiosa no solo porque complementa estudios previos de caracterización molecular y ecológica [14], sino también, porque permite incluir dentro de modelos de simulación.

Específicamente, la obtención del parámetro μ (Tabla 1) sobre el cual se establecen rendimientos y valores de metabolismo celular que permiten establecer cultivos de producción de biomasa en mayor escala.

Tabla 1. Resumen de valores cinéticos tasa de crecimiento específico μ y tiempo de duplicación t_d .

Microalga	μ (d^{-1})	t_d (d)	R^2
YHC-MAG-1	0.48	2.1	0.96
YHC-MAG-2	0.43	2.3	0.97
YHC-MAG-3	0.36	2.8	0.98
YHC-MAG-4	0.92	1.1	0.99

En la figura 5, se visualiza el comportamiento del crecimiento de las cuatro especies analizadas, donde se relaciona el tiempo en función de la densidad óptica (OD). Cabe recalcar que estas especies reposan en el banco de germoplasma del laboratorio de Biotecnología Aplicada de la Universidad Técnica del Norte. En consecuencia, la interpretación de los datos obtenidos proporciona una idea clara de la relación entre la concentración de la biomasa en función del tiempo [21]. Comparando los datos de todas las especies aisladas, la especie YHC-MAG-5 posee el más rápido crecimiento, alcanzando en un solo día doblar su número de células, lo que se traduce en mayor concentración celular en menor tiempo.

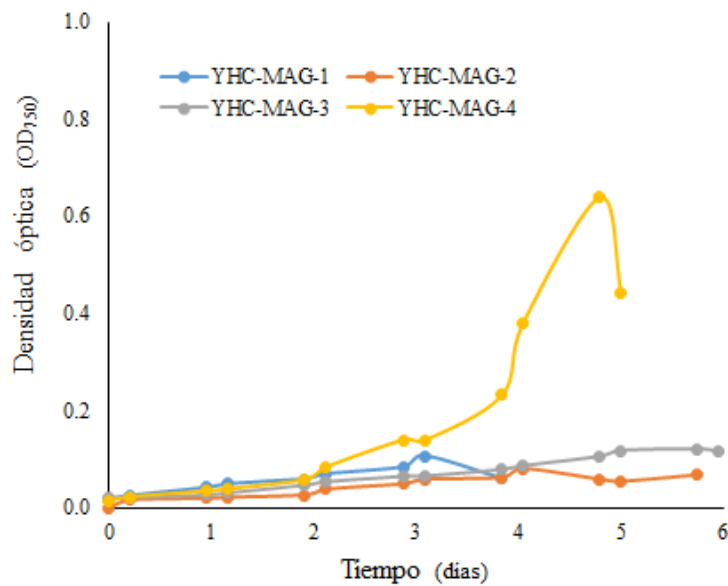


Fig. 5. Cinética de crecimiento de cuatro especies de microalgas a partir de datos experimentales

De igual forma, el presente trabajo también nos permitió *predecir velocidades* volumétricas de producción de biomasa (r_X) y velocidades específicas de producción de azúcares (q_{CH_2O}) a partir de un modelo biológico programado en una hoja de cálculo (Figs. 6-9). Estos dos parámetros son de suma importancia en temas de producción de componentes alimenticios y energéticos presentes en la biomasa de microalgas. Así mismo, el modelo nos permitió comparar los resultados de tasas experimentales de crecimiento de las cuatro especies aisladas versus la tasa obtenida por modelamiento. Es importante mencionar, que esta metodología experimental y simulada puede ser empleada no solo en el estudio de microalgas procedentes de otros recursos hídricos, sino también, en la caracterización de otros sistemas biológicos con ciertos ajustes.

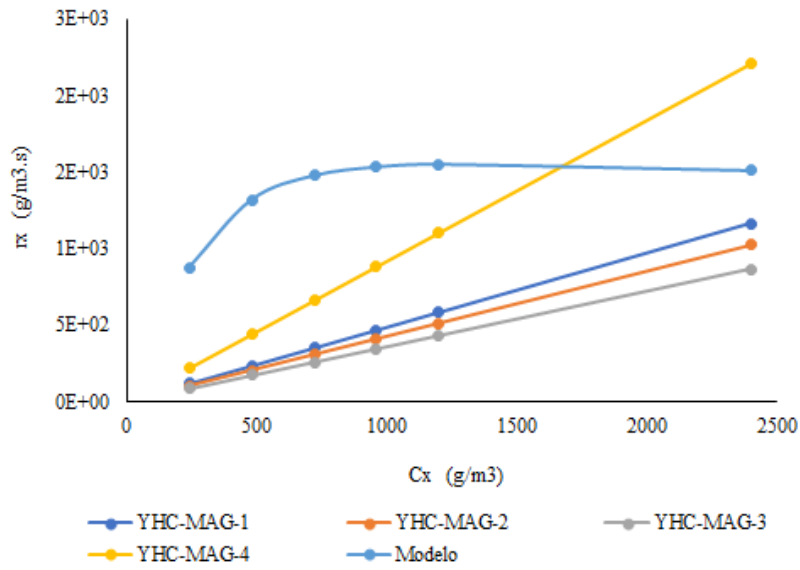


Fig. 6. Variación de velocidad de producción volumétrica (r_x) a distintas concentraciones de biomasa (C_x)

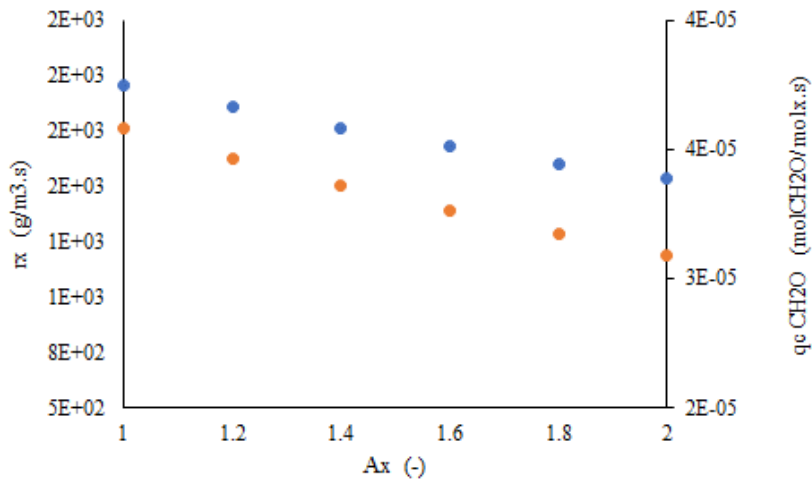


Fig. 7. Variación de la velocidad de producción volumétrica (r_x) y velocidad específica de producción de azúcar ($q_c^{CH_2O}$) dependiendo del coeficiente de aclimatación (A_x)

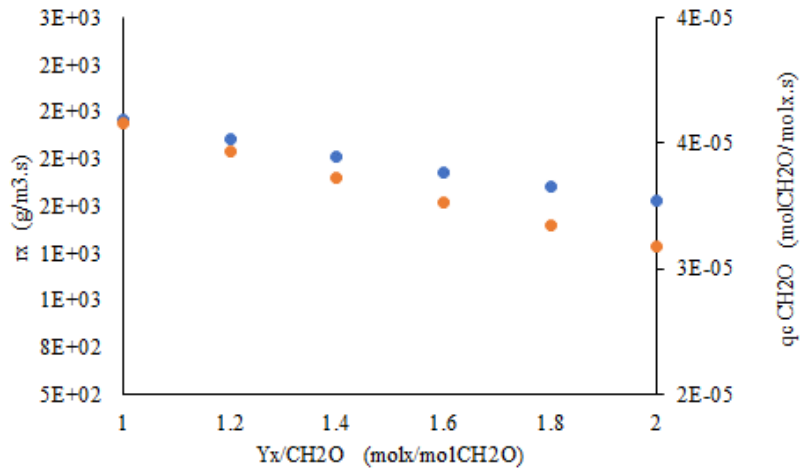


Fig. 8. Variación de la velocidad de producción volumétrica (r_x) y velocidad específica de producción de azúcar ($q^c_{CH_2O}$) dependiendo del rendimiento de biomasa respecto al consumo de sustrato (Y_{X/CH_2O})

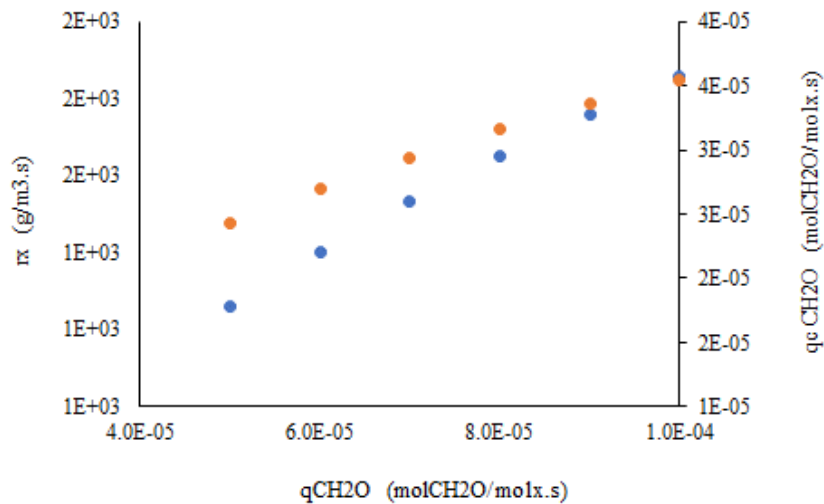


Fig. 9. Variación de la velocidad de producción volumétrica (r_x) y velocidad específica de producción de azúcar ($q^c_{CH_2O}$) dependiendo de la velocidad específica de consumo de sustrato (q_{CH_2O})

Desde el punto de vista de la *gestión y administración de los datos* tanto experimentales, como simulados, podemos valorar la utilidad de almacenarlos en la nube. De hecho, el acceso remoto desde un móvil permitió a todos los colaboradores ahorrar tiempo y en otros casos no perder la información en caso de pérdida de equipos de almacenamiento físico. Esta cultura de trabajo también nos

ha facilitado el trabajo en el laboratorio para quienes estamos a cargo de guiar proyectos de investigación con tesis de pregrado e incluso prácticas comunes de laboratorio.

Otro resultado a bien mencionar está la adquisición de capacidades investigativas que involucran el manejo y simulación de datos biológicos por parte de jóvenes investigadores a nivel pregrado. Quizás este es uno de los hechos que más satisfacción dio al grupo de trabajo. Al inicio de la propuesta, existió cierta resistencia o temor por emplear esta metodología en investigaciones de carácter biológico, porque los estudiantes creen erróneamente que la matemática o las bases de cálculo no presentan utilidad alguna dentro las ciencias de la vida. De igual forma, paradójicamente, nuestros jóvenes son nativos digitales, pero en la realidad no han desarrollado habilidades o potenciado al máximo herramientas de uso común como son las hojas de cálculo, pese a tenerlas a su mano desde épocas escolares tempranas.

Finalmente, resaltar la importancia del estudio en el *aprovechamiento sustentable* de nuestra diversidad desarrollando investigaciones desde nuestro contexto nacional y regional. Es decir, abordando necesidades propias e involucrando un trabajo colaborativo de varios actores locales que buscan darle una utilidad comercial a un recurso biológico. Al desarrollar este tipo de modelos, estamos intentando predecir si el sistema biológico es factible de ser explotado y bajo qué características, evitando incurrir en inversiones extras de costos y tiempos. De tal forma que, en este caso particular hemos demostrado la utilidad para describir el comportamiento de una microalga y su posible utilidad bioeconómica gracias a la simulación de datos obtenidos de este sistema.

5. Aprendizajes

Uno de los mayores aprendizajes fue la *inclusión de escenarios de modelamiento y simulación* de en investigaciones de sistemas biológicos por parte de todos los colaboradores. Especialmente por parte de nuestros estudiantes quienes desconocían de las ventajas estos procesos para su formación profesional e investigativa.

De igual forma, el *máximo aprovechamiento* de hojas de cálculo, almacenamiento de datos en la nube, gestión y monitoreo remoto de información generados por procesos experimentales y simulados. Además, que estos recursos tecnológicos son proveídos gratuitamente por parte de nuestra universidad y pasan desapercibidos o subutilizados muchas veces.

Por otro lado, el grupo de investigación fortaleció sus *estrategias de colaboración* compartiendo información almacenada en la nube, facilitando su fácil acceso pese a no estar físicamente en reuniones de discusión.

Sin embargo, no todo fue fácil, también se cometieron algunos errores. Uno muy evidente fue que a principio no se planificó una *capacitación a los estudiantes* para la inclusión de modelos en hojas de cálculo. Se asumió que ellos al menos, dominaban algunos procedimientos básicos pero la realidad fue otra retrasando la planificación inicial.

Otro error cometido tuvo que ver con la *gestión no adecuada de información* compartida en la nube, la misma que al inicio no tuvo ciertas restricciones de edición resultando en la pérdida o sobreescritura de algunos datos experimentales. Sin embargo, la experiencia de tener un respaldo físico ayudó a recuperar la información, como también gestionar adecuadamente aquella que reposa en la nube y es utilizada por todos los colaboradores.

6. Impactos no esperados

Un impacto inesperado surgió posteriormente con la socialización de los resultados de este trabajo para alumnos de últimos niveles de formación de la carrera de Biotecnología de la UTN. Algunos han despertado su interés de incursionar con mayor profundidad en la aplicación de modelos y simulaciones en casos de estudio o proyectos de aula. Adicionalmente, estas evaluaciones permitirán ahorrar tiempo en procesos de capacitación para la ejecución de tesis de investigación, facilitando el mejoramiento continuo.

Referencias

- 1** Brehm, G., Homeier, J., Fiedler, K., Kottke, I., Illig, J., Nöske, N.M., Werner, F.A., Breckle, S.W.: Mountain Rain Forests in Southern Ecuador as a Hotspot of Biodiversity – Limited Knowledge and Diverging Patterns. Presented at the (2008). https://doi.org/10.1007/978-3-540-73526-7_2.
- 2** Atkociuniene, V., Balkibayeva, A.: The role of cooperation for the needs of bioeconomy development. In: Research for Rural Development. pp. 87–94 (2019). <https://doi.org/10.22616/rrd.25.2019.054>.
- 3** Liobikiene, G., Balezentis, T., Streimikiene, D., Chen, X.: Evaluation of bioeconomy in the context of strong sustainability. Sustain. Dev. 27, 955–964 (2019). <https://doi.org/10.1002/sd.1984>.
- 4** Urmetzer, S., Schlaile, M.P., Bogner, K.B., Mueller, M., Pyka, A.: Exploring the dedicated knowledge base of a transformation towards a sustainable bioeconomy. Sustain. 10, (2018). <https://doi.org/10.3390/su10061694>.
- 5** Banwarth-Kuhn, M., Sindi, S.: How and why to build a mathematical model: A case study using prion aggregation. J. Biol. Chem. 295, 5022–5035 (2020). <https://doi.org/10.1074/jbc.REV119.009851>.
- 6** Amelia, L., Wahab, D.A., Hassan, A.: Modelling of palm oil production using fuzzy expert system. Expert Syst. Appl. 36, 8735–8749 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.12.012>.
- 7** Leksawasdi, N., Joachimsthal, E.L., Rogers, P.L.: Mathematical modelling of ethanol production from glucose/xylose mixtures by recombinant *Zymomonas mobilis*. Biotechnol. Lett. 23, 1087–1093 (2001). <https://doi.org/10.1023/A:1010599530577>.
- 8** Ogata, Y., Sakurai, N., Aoki, K., Suzuki, H., Okazaki, K., Saito, K., Shibata, D.: KAGIANA: An excel-based tool for retrieving summary information on arabidopsis genes. Plant Cell Physiol. 50, 173–177 (2009). <https://doi.org/10.1093/pcp/pcn179>.
- 9** Singh, G.: Computer simulations to model Mendel’s Laws on inheritance in computational biology. In: Proceedings: International Conference on Applications of Computer and Information Sciences to Nature Research 2010, ACISNR 2010. pp. 19–23 (2010). <https://doi.org/10.1145/1868013.1868019>.
- 10** Boonmee, M., Leksawasdi, N., Bridge, W., Rogers, P.L.: Batch and continuous culture of *Lactococcus lactis* NZ133: Experimental data and model development. Biochem. Eng. J. 14, 127–135 (2003). [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00171-7](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00171-7).
- 11** Flurkey, W.H., Inlow, J.K.: Use of mushroom tyrosinase to introduce michaelis-menten enzyme kinetics to biochemistry students. Biochem. Mol. Biol. Educ. 45, 270–276 (2017). <https://doi.org/10.1002/bmb.21029>.
- 12** Bellasio, C.: A generalized stoichiometric model of C3, C2, C2+C4, and C4 photosynthetic metabolism. J. Exp. Bot. 68, 269–282 (2017). <https://doi.org/10.1093/jxb/erw303>.
- 13** Lu, Z., Li, D., Jiang, L., Chen, G., Li, K., Liu, G.: Characterizing the biofilm stoichiometry and kinetics on the media in situ based on pulse-flow respirometer coupling with a new breathing reactor. Chemosphere. 252, (2020). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126378>.
- 14** Van Colen, W., Portilla, K., Oña, T., Wyseure, G., Goethals, P., Velarde, E., Muylaert, K.: Limnology of the neotropical high elevation shallow lake Yahuarcocha (Ecuador) and challenges for managing eutrophication using biomanipulation. Limnologica. 67, 37–44 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.limno.2017.07.008>.

- 15** Janssen, M., Lamers, P.: *Microalgae Biotechnology* - BPE32803. 0–88 (2016).
- 16** Portilla, K.: Evaluación del comportamiento de los parámetros físicos del agua, para determinar el estado trófico del lago Yahuarcocha, provincia Imbabura. (2015).
- 17** Rincón Santamaría, A., Cuellar Gil, J.A., Valencia Gil, L.F., Sánchez Toro, O.J.: Kinetics of gluconacetobacter diazotrophicus growth using cane molasses and sucrose: Assessment of kinetic models. *Acta Biol. Colomb.* 24, 38–57 (2019). <https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.70857>.
- 18** Annuar, M.S.M., Tan, I.K.P., Ibrahim, S., Ramachandran, K.B.: A kinetic model for growth and biosynthesis of medium-chain-length poly-(3-hydroxyalkanoates) in *Pseudomonas putida*. *Brazilian J. Chem. Eng.* 25, 217–228 (2008). <https://doi.org/10.1590/S0104-66322008000200001>.
- 19** Nikitas, P., Pappa-Louisi, A.: Non-linear least-squares fitting with Microsoft Excel Solver and related routines in HPLC modelling of retention I. Considerations of the problems of the method. *Chromatographia.* 52, 477–486 (2000). <https://doi.org/10.1007/BF02535723>.
- 20** Béchet, Q., Shilton, A., Guieysse, B.: Modeling the effects of light and temperature on algae growth: State of the art and critical assessment for productivity prediction during outdoor cultivation. *Biotechnol. Adv.* 31, 1648–1663 (2013). <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.08.014>.
- 21** Lee, E., Jalalizadeh, M., Zhang, Q.: Growth kinetic models for microalgae cultivation: A review. *Algal Res.* 12, 497–512 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.10.004>.

Proteção de Dados: Proposta de gerenciamento de dados de solos usando os princípios FAIR e a tecnologia blockchain

Élton Carneiro Marinho¹[0000-0003-0117-0610], Annatercia Gomes Pinheiro¹ [0000-0001-7806-0925], Alessandra Castro Fiorini Bessa²[0000-0002-7047-9294], Sérgio Manuel Serra da Cruz^{1,2}[0000-0002-0792-8157], Eber Assis Schmitz¹ [0000-0002-4839-4606]

¹ Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro RJ, Brasil

² Federal Rural University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro RJ, Brasil

elton.marinho@ppgi.ufrj.br

annatercia@ufrj.br

alebessa@ufrj.br

serra@ppgi.ufrj.br

eber@nce.ufrj.br

Resumo. A quantidade de dados que são gerados diariamente, em todas as áreas do conhecimento, necessita de uma forma controlada de extração para que sejam usados de modo analítico, mostrando de onde são extraídas as descobertas com habilidade para transformar a realidade. Neste contexto, a agricultura está sendo transformada por dados, em especial, dados abertos, usados para ajudar agricultores, pesquisadores e formuladores de políticas para tomadas de decisão mais crítica. Neste trabalho foi feita uma análise teórica dos princípios FAIR com foco na e-Science, proveniência e na segurança de dados digitais na Agricultura digital, em especial na área de solos. A sociedade busca cada vez mais segurança e controle de suas informações e a tecnologia blockchain está alinhada com estas tendências. Analisando os conceitos inerentes aos princípios FAIR, mostra-se a aderência da tecnologia blockchain a estes conceitos. Apresentamos uma proposta de melhoria de uma plataforma que já tem todo um aporte para a proveniência de dados e um potencial enorme para se tornar um modelo seguro de base para coleta de dados de solo, a OpenSoils. A blockchain traz consenso e confiança na comunicação P2P, capacita os usuários (que controlam diretamente suas informações e transações), oferece durabilidade, confidencialidade e longevidade, traz dados de alta qualidade e integridade ao processo, além de transparência e imutabilidade, transações mais rápidas com baixo custo e totalmente digital. A introdução da tecnologia blockchain nesta plataforma pode, futuramente, contribuir para tornar, tanto pesquisas voltadas para dados de solos quanto para aplicações no campo, mais confiáveis e dinâmicas..

Keywords: Blockchain, FAIR, Proveniência, Agricultura Digital..

Eixo Temático: Geração de dados abertos.

1. Introdução

O solo é um recurso natural primário e finito que deriva de outros recursos. Na agricultura é, provavelmente, o recurso mais crítico, quando bem gerido produz benefícios ambientais, de saúde e socioeconômicos [1]. É de conhecimento geral, a quantidade finita de recursos hídricos e de solo e a forma como são utilizados impactam, de certa forma, numa mudança climática que pode ser desastrosa para a vida na Terra como a conhecemos. Logo, compreender os desafios que entremeiam essa temática é de interesse não somente acadêmico quanto das nações [2].

Atualmente, os modelos e sistemas agrícolas baseados em e-Science tornaram-se importantes para avaliar, potencializar e prever o comportamento de diversas variáveis de interesse agrícola e econômico que afetam diretamente os setores público e privado. No entanto, apesar das recentes pesquisas e das melhorias dos modelos agrícolas, muitos dos atuais modelos são descendentes diretos de investimentos em pesquisa feitos há décadas atrás, e muitos dos principais avanços nas TIC da última década ainda não foram totalmente explorados no campo [3].

Além dessa questão, dentro da seara de levantamento de dados pedológicos¹², a totalidade de dados relacionados aos solos é ainda desconhecida, muito dados são curados e levados em consideração para que os solos possam ser classificados e reconhecidos corretamente. A classificação correta dos solos é de extrema importância para, por exemplo, na identificação da aptidão de um solo, entre outras necessidades práticas.

Não obstante a quantidade imensurável de informações que permeiam esse universo vital que é a Ciência do Solo, a pesquisa científica tem vivido uma crise apontada em muitos trabalhos com relação a qualidade e a reprodutibilidade dos dados, como indicado por Baker [4].

É fato reconhecido que o valor dos dados está na capacidade de usá-los de modo analítico, de onde são extraídas as descobertas com habilidade para transformar a realidade. A agricultura mundial, em especial a brasileira, está sendo transformada por dados, em especial, e-Science, dados abertos, usados para ajudar agricultores, pesquisadores e formuladores de políticas a tomar decisões mais inteligentes e informadas, conforme muito bem colocado por L'Hénaff e Smith [5].

Pode-se observar que agricultores, de lugares variados do mundo, utilizam uma diversidade de dados para decidir como e quando fertilizar, plantar ou colher; pesquisadores utilizam dados de diferentes bases, coletados de inúmeras formas, em seu formato bruto ou manipulado, para acessar informações cruciais para condução de suas pesquisas; formuladores de políticas precisam de dados baseados em evidências para seus investimentos e outros grupos podem usá-lo para tornar os serviços mais eficientes dentro do domínio da agricultura [5].

Este trabalho tem como objetivo propor a melhoria de uma plataforma que já tem um aporte inicial para suportar a proveniência de dados e um potencial para se tornar um modelo seguro de base para coleta de dados de solo. Dentro desse contexto, apresentamos nas seções abaixo uma proposta de como a plataforma OpenSoils [6], [7] pode, futuramente, contribuir muito mais para tornar, tanto pesquisas voltadas para dados de solos quanto para aplicações no campo, mais seguras, confiáveis e dinâmicas.

¹² Dados de solos

2. Princípios FAIR

Em 2014, em uma conferência intitulada “Jointly designing a data FAIRPORT”, foram discutidos os obstáculos relativos à utilização e reutilização de dados científicos; foram propostas soluções a estes problemas através da criação de uma infraestrutura global para dados no contexto da e-Science. Esta conferência contou com a presença de especialistas e pesquisadores, membros de institutos de pesquisa, editores, especialistas em web semântica e cientistas da computação, que observaram a necessidade de criação de uma infraestrutura global para suporte à descrição e a abertura dos dados de pesquisa voltados para a publicação, o compartilhamento e a reutilização de dados [8].

Não obstante, foram discutidos uma série de requisitos para gerenciamento dos dados de forma aberta, promovido pelas agências de fomento à pesquisa. Além da proposta de construção de um backbone¹³ para possibilitar a interoperabilidade global dos dados, para que os computadores pudessem interagir e descobrir de forma automática os conjuntos de dados disponíveis para uma determinada pesquisa [8]. O resultado desta conferência foi a elaboração de um conjunto de princípios, os Princípios de Dados FAIR apresentados por Wilkinson et al. [9].

A sigla FAIR é um acrônimo para Findable, Accessible, Interoperable e Reusable. São princípios orientadores de alto nível. Os dados científicos e seus metadados devem ser fáceis de achar, tanto para humanos quanto para máquinas (Findable). Após localizados, os dados precisam ser acessados, possivelmente incluindo autenticação e autorização (Accessible), também precisam se integrar a outros dados, interoperar com aplicativos ou fluxos de trabalho para análise, armazenamento e processamento (Interoperable). Tudo isso para que esses dados possam ser reutilizados. Para que possam ser replicados e/ou combinados em diferentes configurações (Reusable), os metadados e os dados devem ser bem descritos.

Os metadados são de extrema importância para a gestão adequada dos dados FAIR. Metadados são, de acordo com a NISO¹⁴ (National Information Standard Organization), a informação estruturada que descreve, explica, localiza ou possibilita que um recurso informacional seja fácil de recuperar, usar ou gerenciar [10, p. 1] [10]. Segundo Sayão [11], parte considerável dos autores que estudam esse assunto, concorda que os metadados podem ser divididos em três categorias conceituais: metadados descritivos, metadados estruturais e metadados administrativos.

Metadados descritivos descrevem um recurso com o propósito de descoberta e identificação; podem incluir elementos como título, autor, resumo, palavras-chave e identificador persistente. Metadados estruturais documentam como os recursos complexos, compostos por diversos elementos, devem ser recompostos e ordenados. A exemplo, as páginas digitalizadas separadamente de um livro, que são vinculadas e ordenadas para formar um capítulo. Metadados administrativos fornecem informações que apoiam os processos de gestão do ciclo de vida dos recursos informacionais, isto é, como, quando e o porquê de o recurso ter sido criado. Nesta categoria estão os metadados que explicitam as especificidades e dependências técnicas do recurso; inclui metadados para apoio à gestão dos direitos relacionados ao recurso.

Dessa forma, é fácil perceber como a estruturação dos metadados podem ajudar na

¹³ No contexto de redes de computadores, corresponde a um esquema de ligações centrais de um sistema de redes mais amplo, de elevado desempenho e com dimensões continentais.

¹⁴ Disponível em: <http://www.niso.org/home>

gestão dos dados científicos e porque precisam estar bem descritos. Algumas iniciativas voltadas para o setor da agricultura digital, já incluem ferramentas para cadastro e visualização de metadados em Agricultura Digital [12].

Sendo assim, é importante salientar a significância dos metadados para qualquer iniciativa que envolva gestão de dados, ainda mais se o intuito for trabalhar com os princípios FAIR, como é o objetivo dessa proposta. Esse conjunto de princípios traz na sua intenção o aprimoramento da capacidade das máquinas em localizar e usar automaticamente os dados.

Os quatro princípios FAIR aplicam-se ao ciclo de vida dos dados e estão intimamente interconectados. Aplicando-se estes princípios, não significa que os dados estejam sendo compartilhados abertamente, pois FAIR DATA é diferente de Open Data¹⁵.

Segundo Martínez-Lavanchy et al. [13], os princípios FAIR promovem um conjunto de melhores práticas para compartilhamento dos dados, respeitando restrições éticas, legais ou contratuais; por exemplo, o cumprimento de regulamentos e acessos não autorizados. Aplicar estes princípios aos dados de solos significa permitir que outros pesquisadores encontrem dados que são disponibilizados dentro de parâmetros para que eles possam integrar-se com outros dados, sendo utilizados por humanos e máquinas e reusados para novas pesquisas.

Considerando características essenciais destes princípios, citamos o aprimoramento da capacidade das máquinas de encontrar e usar automaticamente os dados, além de apoiar sua reutilização. A utilização e aplicação destas diretrizes, favorece o compartilhamento de informações em plataformas com acesso aberto; repositórios integrados; datasets e quaisquer outros conjuntos de dados e/ou informação que se queira FAIRificar. O processo de FAIRificação é um pré-requisito para gestão de dados apropriada e administração dos dados [9].

Dentro desse cenário de gestão de dados, tem sido observada a crescente necessidade de se trabalhar com dados capturados de forma periódica, de grande capacidade de processamento, que exigem uma gestão segura para que possam ser reutilizados em pesquisas futuras. Pensando na solução dessa questão, como uma sugestão de ferramenta, surgiu a proposta da elaboração de um Plano de Gestão de Dados (PGD), um documento formal, com a descrição detalhada dos dados de pesquisa, contemplando todo o ciclo de vida da pesquisa.

De acordo com as recomendações do Guidelines on FAIR Data Management in Horizon [14], desde o início de 2017, passou-se a exigir um plano de gestão de dados dos candidatos a financiamentos; garantindo, assim, maior transparência nos seus investimentos, melhor controle na gestão dos dados gerados facilitando, quando possível, o seu compartilhamento. No Brasil, o entendimento sobre esse cenário está em estágio inicial, com a elaboração de propostas de modelos de plano de gestão de dados de pesquisa, baseado nos princípios FAIR.

Dados FAIR podem contribuir para a transparência e reprodutibilidade da pesquisa e conseqüentemente, contribui para a ciência aberta com dados de pesquisa de alta qualidade. A aplicação destes princípios depende de como a pesquisa será conduzida e do campo do conhecimento no qual eles serão utilizados, de acordo com Martínez-Lavanchy et al. [13]

¹⁵ “Dados abertos são dados que podem ser livremente usados, reutilizados e redistribuídos por qualquer pessoa - sujeitos, no máximo, à exigência de atribuição da fonte e compartilhamento pelas mesmas regras.”[38]

Pode-se dizer que, sobre os objetivos de tornar dados FAIR, é necessário adicionar descrições de dados e links de longa duração. Para torná-los acessíveis, é preciso definir quem poderá acessar e como será este acesso. Caso os dados não possam ser totalmente abertos, é possível permitir o acesso através de um repositório com características de acesso limitado. Para haver interoperabilidade, pode-se usar padrões e formatos comuns de legibilidade. Para que estes dados sejam reusados em pesquisas futuras, deve-se disponibilizar documentação que descreva os dados, os metadados e as permissões apropriadas.

Portanto, tendo em vista que o Plano de Gestão de Dados viabiliza a descrição detalhada de dados, metadados e repositórios, descrevendo o ciclo de vida do dado ao longo das etapas do projeto, não é difícil concluir o quanto a elaboração de um PGD da Plataforma OpenSoils pode contribuir na qualidade dos dados e metadados. De modo geral, os conceitos inerentes à gestão de dados de pesquisa são usados para aperfeiçoar a plataforma OpenSoils.

3. Proveniência de Dados Digitais

Originalmente, o termo proveniência (do francês *provenance*) é definida como o histórico de um objeto, seu pedigree. É amplamente usada em diversas áreas do conhecimento como forma de rastreio para localizações, propriedade e originalidade de peças de grande importância e valor comercial, o que visa garantir aos compradores a originalidade das obras em questão. É muito valorizado nas Belas Artes para garantir a legitimidade de uma obra, por exemplo [15].

Proveniência de Dados é bem compreendida dentro dos contextos das e-Science, Banco de dados e Bibliotecas Digitais [16][17], porém pouco explorada na área de agricultura. Nesses contextos existem diversos trabalhos que comprovam sua importância em relação à documentação de objetos, dados ou ao processos de experimentos científicos [18].

Para Allemang e Teegarden [19], proveniência refere-se a rastrear a fonte de algo. Na agricultura, muitas vezes é necessário rastrear a fonte dos materiais físicos que compõem o produto final. Contudo, quando os produtos passam por uma cadeia de transformações e por muitas mãos a caminho do consumidor final, isso pode se tornar uma tarefa desafiadora. A proveniência nesse contexto também pode se referir à fonte de dados, onde um conjunto de dados específico se originou, quando e como foi coletado. Uma boa proveniência dos dados pode aumentar a confiança do consumidor e melhorar a eficiência da cadeia produtiva.

Assim como os bens físicos podem sofrer transformações de produtor para consumidor, o mesmo ocorre com os dados. Os resultados podem ser derivados de dados brutos e propagados como conjuntos de dados. A confiança nos dados derivados depende da confiança nos dados de origem. Os dados, como qualquer informação na web, devem ser tratados com ceticismo. Pode ser que este dado esteja desatualizado, incorreto ou não tenha utilidade. Segundo Allemang e Teegarden [19], a confiança nos dados abertos começa com o conhecimento de sua origem.

Para reduzir as incertezas de um indivíduo sobre os outros, toda informação deve possuir este “certificado de origem”, ou seja, ter sua proveniência registrada. O fato de existir uma proveniência dos dados permite que haja um rastreio na cadeia produtiva para identificação de gargalos, localização de um desajuste, entre outros informações. A transparência dessas informações gera uma segurança maior do consumidor em relação as suas escolhas, que pode definir que tipo de alimento deseja consumir e com que processo de produção [20].

Segundo o Consórcio W3C, a proveniência quando aplicada aos dados é a

informação sobre entidades, atividades e pessoas envolvidas na produção de um dado ou coisa, que pode ser usada para formar avaliações sobre sua qualidade ou confiabilidade. O conjunto de documentos da especificação PROV 16 definem modelo, serializações correspondentes e outras definições de suporte para permitir o intercâmbio interoperável de informações de proveniência em ambientes heterogêneos, como a Web. O padrão PROV permite representar e trocar informações de proveniência usando formatos amplamente disponíveis, como RDF e XML. Além disso, fornece definições para acessar informações de proveniência, validá-las e mapear para o padrão Dublin Core 1.7 [21].

A adoção da proveniência em sistemas agrícolas pode ser considerada como uma fonte de protagonismo na relação entre produtores e consumidores e ter impacto na agricultura digital brasileira. Com um maior poder decisório, estes acabam por agregar valor nas cadeias produtivas agrícolas, frequentemente dependentes de mercados que não são agros (ex.: géis superabsorventes para mudas, que só são viáveis se atrelados ao mercado de fraldas e absorventes) [24, p. 128].

Neste contexto, os consumidores, um dos principais atores no processo, têm um papel primordial, suas escolhas de consumo podem ajudar a definir, juntamente com outros atores, buscar melhores usos do solo para atender suas demandas. Um consumidor consciente, e mais exigente, pode direcionar a melhor forma de utilização do solo, para culturas mais saudáveis e uma agricultura mais sustentável através da escolha de produtos com uma proveniência que atenda seus anseios e suas necessidades. Em última análise, o conhecimento e o mapeamento de solo ajudam a definir uma melhor forma para sua utilização. Ao sumarizar as necessidades deste contexto para que seja possível gerar novos artefatos que agreguem valor a esta cadeia produtiva, encontramos a necessidade de proveniência, de rastreabilidade e de transparência.

Alinhando-se proveniência com os princípios FAIR de reutilização, “R”, torna-se mister a manutenção de registros de proveniência, de modo que os dados, ou metadados, coletados possam ser citados de maneira precisa e adequada. Uma condição para Reutilização de Dados Digitais é a Proveniência dos Dados (Figura 1): O princípio de reutilização indica que tanto os dados quanto os metadados, devem ser descritos de forma detalhada e que seus atributos devem ser precisos e relevantes [23].



Figura 4- Adaptado de <https://www.ands.org.au/working-with-data/fairdata/training>

Com a aplicação dos princípios FAIR e a proveniência, a gestão adequada dos dados se torna um mecanismo facilitador da reprodutibilidade de pesquisas e reuso desses dados em pesquisas futuras.

¹⁶ <https://www.w3.org/TR/prov-overview/>

¹⁷ É um esquema de metadados que visa descrever objetos digitais, tais como, vídeos, sons, imagens, textos e sites na web [39].

4. Blockchain garantindo a proteção dos dados

A facilidade com que se pode copiar e transformar dados na Web atualmente tornou cada vez mais difícil determinar as origens de um determinado dado [24]. Os dados devem ser protegidos sob uma tecnologia que minimize, ou mesmo impeça, qualquer tipo de alteração indevida. Para isso é necessário um protocolo de confiança, uma tecnologia que forneça a proteção necessária.

Em uma rede cliente/servidor, os nós clientes conversam com a autoridade central, o servidor. Na blockchain é utilizada uma rede peer-to-peer onde, por analogia, os nós funcionam como clientes e servidores para outros nós da rede a fim de se chegar a um objetivo [25].

A tecnologia blockchain é aplicada para dados descentralizados e auto reguláveis. Através dela os dados podem ser gerenciados e organizados de uma maneira transformadora: aberta, permanente, verificada e compartilhada, sem a necessidade de uma autoridade central [26]. Formada por bancos de dados compartilhados, distribuídos e tolerantes a falhas e sem nenhuma autoridade certificadora onde todos os participantes da rede podem compartilhar. Nenhuma entidade controla ou intermedia a blockchain [27].

Esta tecnologia pode ser compreendida como um livro razão, cuja manutenção é feita pela cooperação e interação pelos nós em uma rede. Neste livro razão são guardadas todas as transações ocorridas. Estas transações não podem ser alteradas ou excluídas, garantindo um armazenamento imutável dos dados [25].

Por se tratar de uma arquitetura onde cada nó pode ser visto tanto como cliente como servidor (P2P), elimina-se, desta forma, a necessidade de intermediários para as transações [27]. Esta mesma arquitetura, de uma corrente de blocos, também irá garantir a imutabilidade dos dados, sua durabilidade de longevidade [28]. Neste contexto, a blockchain garante a persistência dos dados e dos metadados, garantindo, assim, a imutabilidade das informações [28].

A proposta aqui demonstra que os conceitos inerentes à blockchain podem ser usados para aprimorar a plataforma OpenSoils. Com uma blockchain descentralizada e com consenso bem definido, cada parte interessada poderá gerir seu próprio nó na blockchain, tendo acesso aos seus dados e aos dados autorizados e autenticados de forma mais rápida. Com o incremento da proveniência e da aplicação dos princípios FAIR, conforme exposto anteriormente, o espectro fica ampliado para disponibilização de dados que possam ser reutilizados e experimentos que possam ser reproduzidos.

Como as informações são guardadas na blockchain

A unidade básica de dados de uma rede blockchain é o bloco, sendo este uma estrutura de dados responsável por armazenar informações sobre um conjunto de transações [25]. Uma transação é uma unidade de informação dentro de um bloco e pode representar qualquer coisa: dinheiro; ativos financeiros; músicas; propriedades; etc.

Cada bloco possui uma identificação única e contém a identificação do bloco anterior, perfazendo, assim, uma cadeia de blocos (“Block Chain”). O primeiro bloco, também chamado de bloco genesis, não possui identificação para o bloco anterior. Outra propriedade de um bloco é o timestamp, esta propriedade torna mais difícil para um usuário de má-fé manipular a rede blockchain. O timestamp guarda informações sobre data e hora de criação do bloco. Estes conceitos permitem que as transações possam ser rastreadas de maneira histórica [25].

Cada bloco pode ser dividido em duas partes, o cabeçalho e o corpo do bloco. O cabeçalho possui informações de controle, enquanto o corpo do bloco possui as informações sobre as transações [29]. A figura 2 exemplifica estes conceitos.

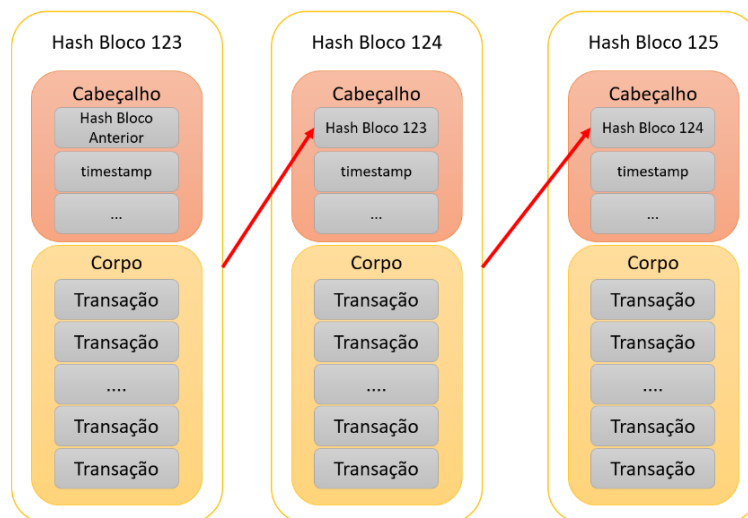


Figura 5 - Encadeamento de blocos na Blockchain

Os dados a serem incluídos nas transações podem perfeitamente atender às metas descritas nos princípios FAIR para reuso. Os metadados descritos podem ser definidos para esta tecnologia, assim como um protocolo aberto, permitindo autenticações e autorizações quando necessário. Também fica atendida a proveniência dos dados.

A blockchain não resolve todos os problemas, mas permite que a identificação do ponto de ruptura na cadeia seja feita de forma mais rápida, ou seja, o rastreamento do ponto de falha é mais rápido.

As informações existentes em um blockchain podem ser públicas e estar disponíveis para o escrutínio de qualquer pessoa que tenha interesse, lembrando que estes registros são protegidos por potentes criptografias [25].

Estes fatores mostram que a blockchain é uma tecnologia segura em que os dados estão protegidos, o que alinha esta tecnologia com os princípios FAIR [23].

O Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR - General Data Protection Regulation) devolve o controle dos dados pessoais aos seus proprietários, através de requisitos e obrigações para os provedores de serviços que gerenciam e processam dados pessoais [30]. A tecnologia blockchain mostra-se aderente a este princípio também através do controle de acesso das partes interessadas à blockchain.

dApps

DApps são interfaces com códigos salvos em blockchains e não em nuvens como os Apps. DApps não possuem uma autoridade central para funcionar, sendo dependentes apenas de sua rede [31]. Para que uma aplicação seja considerada um dApp ela deve ser completamente open-source, sem autoridade controladora e as operações devem ser gravadas de forma criptografada em uma blockchain [32].

Os dApps permitem que todo o código e dados sejam descentralizados, logo,

imutáveis e invioláveis. Esses aplicativos possuem natureza descentralizada, e mecanismos que protegem os dados da blockchain [33].

A utilização destes dApps são importantes pois há uma tendência à utilização de celulares, smartphones e tablets como apoio a difusão de informações [35, p. 77] .

5. Trabalhos relacionados

No setor agrícola, os cientistas de dados continuam se surpreendendo com as quantidades maciças de dados que podem ser utilizadas na solução de problemas supostamente intratáveis em diversos setores. Nos últimos anos, projetos de e-Science, dados abertos e compartilhados em larga escala e algumas pesquisas forneceram, nesse sentido, exemplos positivos de como planejar e conduzir iniciativas globais de compartilhamento de dados.

Inúmeras iniciativas estão impulsionando a abertura do acesso a dados agrícolas em todo o mundo, demandando sistemas integrados capazes de gerenciar os grandes volumes heterogêneos de dados derivados de diferentes fontes. Grupos de pesquisa em agricultura focam em promover boas práticas no domínio de investigação, incluindo a partilha de dados de políticas, planos de gestão de dados e interoperabilidade de dados, dando acesso a pesquisa e aos dados agrícolas. Um exemplo de grupo de trabalho que se destaca é o Wheat Data Interoperability WG, sendo o primeiro a produzir e publicar um conjunto de recomendações, que seguem os princípios FAIR, na aplicação do manejo de dados de trigo, identificando casos de uso relevantes para prover um método sobre como produzir dados do trigo que sejam facilmente compartilháveis, reutilizáveis e interoperáveis [35].

Um documento elaborado por Allemang e Teegarden [19] descreve as prioridades para a criação de um ecossistema de dados global eficaz para a agricultura, desde o engajamento das partes interessadas até o fornecimento, o compartilhamento e a colaboração com os dados. O artigo foi encomendado pela Syngenta¹⁸ com a assistência da GODAN¹⁹ para catalisar o consenso sobre os desafios e princípios que devem ser abordados na construção de um ecossistema global de dados para a agricultura. Os autores baseiam-se em sua experiência com a iniciativa Open PHACTS²⁰.

De acordo com os autores, isso começa com a criação de incentivos e confiança - entre fornecedores e consumidores de dados, no que tange ao compartilhamento, abertura e uso de dados. Para eles, o segredo está em desenvolver uma ampla conscientização e não poupar esforços para melhorar a qualidade dos dados, proveniência, pontualidade e acessibilidade.

Os dados do solo mudam de local e de acordo com as estações. Para manter a confiança nos dados, é necessário ter uma política estável que as partes interessadas cumpram, com a rapidez com que os dados são disponibilizados e por quanto tempo são mantidos. Isso deve ser equilibrado com o fato de que acompanhar os dados atuais pode representar desafios tecnológicos devido à escala do conjunto de dados e à taxa de geração [36].

¹⁸ <https://www.syngenta.com/>

¹⁹ GODAN (Global Open Data): uma iniciativa que busca apoiar os esforços globais para tornar os dados agrícolas e nutricionalmente relevantes disponíveis, acessíveis e utilizáveis para uso irrestrito em todo o mundo.

²⁰ O Open PHACTS foi um projeto patrocinado por cinco anos pela *Innovative Medicines Initiative na European Commission*, cujo objetivo era disponibilizar dados científicos valiosos que podem beneficiar a indústria farmacêutica em geral.

Além da iniciativa da GODAN para a criação de um ecossistema de dados global, outras duas iniciativas que valem ser citadas são: O CABI, uma organização internacional, intergovernamental e sem fins lucrativos que fornece informações e aplica conhecimentos científicos para resolver problemas na agricultura e no meio ambiente. E a outra iniciativa é o ODI, que trabalha com o CABI e o GODAN para incentivar boas práticas de gerenciamento de dados nos subsídios agrícolas da Fundação Bill & Melinda Gates.

O ODI busca explorar como aprimorar o acesso e o compartilhamento de dados nos programas agrícolas em diversas regiões e tornar as pesquisas financiadas abertamente acessíveis. Para tanto, nesta iniciativa, procura-se entender os desafios e tornar os dados mais FAIR.

Segundo L'Hénaff e Smith [5], através de uma série de personas, para explorar os desafios que envolvem o acesso, compartilhamento e reutilização de dados, e de uma metodologia de mapeamento de ecossistema de dados da ODI para estabelecer os relacionamentos e fluxos de dados entre as partes interessadas no intuito de, por exemplo, aumentar a produtividade agrícola desenvolvendo um serviço de informações do solo. O método foi considerado útil para comunicar como os dados são acessados, compartilhados e usados mostrando onde o valor dos dados é criado e onde existem barreiras.

Padarian e McBratney [37] descrevem um sistema que se utiliza de um modelo de compartilhamento de dados do solo que é feito de forma centralizada. O controle da governança dos dados fica a cargo desta entidade centralizadora. Os autores sugerem a utilização da blockchain para um banco de dados interinstitucional.

6. Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma proposta do uso da tecnologia blockchain aliado com a aplicação dos princípios FAIR e e-Science voltada para o domínio das Ciências do Solo, destacando ainda a relevância da plataforma OpenSoils, que possui aporte para proveniência de dados na gestão de dados de solos.

Essa abordagem, é uma das primeiras na literatura que abraça esses conceitos conjuntamente, ela oferece excelentes recursos para a gestão do conhecimento tradicionais da agricultura digital, no que tange às dificuldades que envolvem a reprodutibilidade de dados de pesquisa e aumento da confiabilidade desses dados. Neste contexto, encontramos a necessidade de abordar proveniência, rastreabilidade e transparência. A necessidade da aplicação de princípios, como o FAIR, e da adoção de tecnologias que viabilizem esses cuidados com a proteção do dado são ações que têm sido reconhecidas na literatura.

Com base nos princípios FAIR e nas características da tecnologia blockchain, podemos inferir que sua ampla adoção, em sistemas voltados para a agricultura digital, apresentam os seguinte benefícios:

Os princípios FAIR organizam as informações de forma a serem amplamente reproduzíveis;

- A tecnologia blockchain é aderente a estes princípios;
- Permite a preservação da propriedade e o controle sobre seus dados;
- Permite acesso instantâneo a base completa de informações;
- Garante que os dados que sejam anexados à blockchain não possam ser violados;
- Participação ativa nas decisões de governança;
- Além do mais, a utilização da blockchain, diferentemente dos bancos de dados centralizados, garante uma maior proteção aos dados nela colocados,

garantindo, inclusive, sua imutabilidade.

É importante frisar que muito ainda precisa ser feito dentro do próprio contexto de Ciência do Solo e da Agricultura digital. Uma limitação deste trabalho é que ainda é necessário ampliar e detalhar melhor as informações que permeiam o universo de classificação e da recomendação de usos de solos para que essa proposta seja bem contemplada numa adaptação futura da plataforma. Além disso, elaborar um plano de gestão de dados que acompanhe o ciclo de vida desses dados, dentro das limitações éticas e de acordo com as atualizações vindas da literatura que envolvem esse domínio de solos, seria o próximo passo a ser tomado.

Do ponto de vista conceitual com vistas a expandir o uso da proposta, verificamos que o trabalho apresentado é perfeitamente incorporável ao arcabouço ferramental e ao propósito da plataforma OpenSoils, plataforma que possui uma infraestrutura voltada para segurança de solos e é baseada em conceitos de e-Science e Open Science. Desta forma, a implementação dessa proposta se tornaria uma contribuição adicional à essa infraestrutura eletrônica, no contexto da proteção e confiabilidade dos dados, além de ampliar sua abordagem para uma conjuntura de dados abertos compartilhados, fornecendo conjuntos de dados de solos de maior qualidade.

Referências

- 1 S. M. S. Da Cruz et al., “Towards an e-infrastructure for Open Science in Soils Security,” vol. 2, no. Figure 1, 2020.
- 2 S. Cruz, F. Klinger, P. Cruz, A. Vieira, E. Schmitz, and E. Marinho, “Desenvolvendo Sistemas Agrícolas de Próxima Geração: Um Estudo em Ciência de Solos,” pp. 135–144, 2020.
- 3 Agropensa, “Summary for Policymakers,” in *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014, pp. 1–30.
- 4 M. Baker, “1,500 scientists lift the lid on reproducibility,” *Nature*, vol. 533, no. 7604, pp. 452–454, May 2016.
- 5 P. L’Hénaff and F. Smith, “Creating FAIR and open agricultural data ecosystems – The ODI,” 2018. [Online]. Available: <https://theodi.org/article/creating-fair-and-open-agricultural-data-ecosystems>. [Accessed: 20-May-2020].
- 6 S. M. S. da Cruz et al., “OpenSoils : Uma Plataforma de Apoio à Ciência do Solo,” no. November, 2019.
- 7 M. Ceddia and P. Cruz, “OpenSoils : e-Science em Segurança de Solos,” in *Tical*, 2018, no. September.
- 8 Dutch Techcentre for Life Sciences, “Jointly designing a Data FAIRPORT - Dutch Techcentre for Life Sciences,” 2014. [Online]. Available: <https://www.dtls.nl/2014/01/20/jointly-designing-data-fairport/>. [Accessed: 20-May-2020].
- 9 M. D. Wilkinson et al., “Comment: The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship,” *Sci. Data*, vol. 3, pp. 1–9, Mar. 2016.
- 10 J. (NISO) Riley, *Understanding Metadata - What Is Metadata?* 2017.
- 11 L. F. Sayão, “Uma outra face dos metadados: informações para a gestão da preservação digital,” *Encontros Bibli. Rev. Eletrônica Bibliotecon. e Ciência da Informação*, pp. 1–31, 2010.
- 12 B. Corrêa et al., “Uma ferramenta para cadastro e visualização de metadados em Agricultura de Precisão utilizando GeoNetwork,” no. May, pp. 39–41, 2011.
- 13 J. W. Martínez-Lavanchy, P.M., Hüser, F.J., Buss, M.C.H., Andersen, J.J., Begtrup, “(8) Research Data Management (RDM) - FAIR Principles - YouTube,” 2019. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=OvEHYCSmzCA>. [Accessed: 20-May-

- 2020].
- 14 European Commission, “Guidelines on Fair Data Management in Horizon 2020,” no. December, p. 6, 2016.
 - 15 F. C. da Silva, “Tratamento e preenchimento de falhas de séries de dados meteorológicos utilizando workflows científicos paralelos em ambientes de GPU,” 2014.
 - 16 W.-C. Tan, “Provenance in Databases: Past, Current, and Future,” *IEEE Data Eng. Bull.*, vol. 30, no. 4, pp. 3–12, 2007.
 - 17 L. Moreau et al., “The provenance of electronic data,” *Commun. ACM*, vol. 51, no. 4, pp. 52–58, Apr. 2008.
 - 18 L. Moreau, J. Freire, J. Futrelle, R. E. McGrath, J. Myers, and P. Paulson, “The open provenance model: An overview,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 5272, pp. 323–326, 2008.
 - 19 D. Allemang and T. Bobbin, “A Global Data Ecosystem for Agriculture and Food,” vol. 24, no. 2, p. 23, 2016.
 - 20 Prodemge, “Agricultura 4.0,” no 15, p. 112, 2018.
 - 21 “World Wide Web Consortium (W3C).” [Online]. Available: <https://www.w3.org/>. [Accessed: 02-Mar-2020].
 - 22 É. L. Bolfe, S. K. Campos, M. A. G. P. Júnior, E. Contini, R. de A. R. Rodrigues, and C. A. M. Santana, “Futuro da Agricultura Brasileira,” *Embrapa*, p. 212, 2018.
 - 23 A. Jacobsen et al., “FAIR Principles: Interpretations and Implementation Considerations,” *Data Intell.*, pp. 10–29, Nov. 2019.
 - 24 P. Buneman, S. Khanna, and W.-C. Tan, “Data Provenance: Some Basic Issues,” *Lect. Notes Comput. Sci. Found. Softw. Technol. Theor. Comput. Sci.*, vol. 1974, pp. 87–93, 2000.
 - 25 P. H. Alves, R. Laigner, and R. Nasser, “Desmistificando Blockchain: Conceitos e Aplicações,” *Comput. e Soc.*, no. August, pp. 1–24, 2018.
 - 26 Delft University of Technology et al., “Tecnologia Blockchain: uma visão geral. 01 Introdução,” *Harv. Bus. Rev.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–4, 2017.
 - 27 I. Bashir, *Mastering Blockchain: Deeper insights into decentralization, cryptography, Bitcoin, and popular Blockchain frameworks*. 2018.
 - 28 N. Baracaldo, L. A. D. Bathen, R. O. Ozugha, R. Engel, S. Tata, and H. Ludwig, “Securing data provenance in internet of things (IoT) systems,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 10380 LNCS, no. October, pp. 92–98, 2017.
 - 29 Z. Zheng, S. Xie, H. Dai, X. Chen, and H. Wang, “An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends,” *Proc. - 2017 IEEE 6th Int. Congr. Big Data, BigData Congr. 2017*, no. October, pp. 557–564, 2017.
 - 30 N. B. Truong, K. Sun, S. Member, G. M. Lee, S. Member, and Y. Guo, “GDPR-Compliant Personal Data Management : A Blockchain-Based Solution,” vol. 15, pp. 1746–1761, 2020.
 - 31 Fateclog, “O que é picking e qual é sua importância?,” 2011. .
 - 32 D. Johnston, “The General Theory of Decentralized Applications, Dapps,” 2012. [Online]. Available: <moz-extension://11b99dc9-485a-4550-b04f-b2b59eb7b24e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fcryptochainuni.com%2Fwp-content%2Fuploads%2FThe-General-Theory-of-Decentralized-Applications-DApps.pdf>. [Accessed: 26-Feb-2020].
 - 33 S. Ray, “What is a DAPP? - Towards Data Science,” 2018. [Online]. Available: <https://towardsdatascience.com/what-is-a-dapp-a455ac5f7def>. [Accessed: 21-May-2020].
 - 34 É. C. Marinho, “Impacto dos fatores motivacionais na intenção de uso de uma plataforma EaD: Pesquisa Multimétodo com Alunos do Ensino Médio,” p. 99, 2015.
 - 35 “RDA and Agriculture | RDA.” [Online]. Available: <https://www.rd-alliance.org/rda-disciplines/rda-and-agriculture>. [Accessed: 15-Aug-2020].
 - 36 “ACFR: Robots Set to Transform the Automotive and Agricultural Industries - Shara Evans.” [Online]. Available: <https://sharaevans.com/acfr-robots-set-to-transform-the-automotive-and-agricultural-industries/>. [Accessed: 15-Aug-2020].
 - 37 J. Padarian and A. B. McBratney, “A new model for intra-and inter-institutional

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

soil data sharing.” *Soil*, vol. 6, no. 1, pp. 89–94, Mar. 2020.

38 Brasil, “O que são dados abertos?,” 2014. [Online]. Available: <http://dados.gov.br/dados-abertos/>. [Accessed: 15-Aug-2020].

39 “DCMI: Home.” [Online]. Available: <https://dublincore.org/>. [Accessed: 15-Aug-2020].

Capítulo 5
Tecnologías disruptivas en la Universidad

Tele-espacios activos, espacio para la creación e investigación telemática en las artes y el diseño

Mario H. Valencia García^a

^a Grupo de investigación DICOVI, Docente Facultad de Artes y Humanidades, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia
mario.valencia@ucaldas.edu.co

Resumen. Realizado por más de siete años continuos el encuentro Tele-Espacios Activos ha desarrollado una serie de presentaciones, conciertos, instalaciones, charlas, talleres y obras artísticas que exploran distintas dimensiones de la telepresencia. Tele-espacios activos propone presentación de diferentes trabajos y proyectos relacionados a la producción de formas de expresión que utilizan las redes avanzadas como medio para manifestación de ideas. El resultado de estas obras tiene como característica la ubicuidad tanto en el espacio como en el tiempo puesto que estos eventos se realizan en diferentes lugares geográficos del planeta, en tiempo real y en diferentes zonas de horario. El retardo por el transporte y viaje de datos también implanta un sello que hace que estas obras sean características.

“Tele-espacios activos” plantea la producción y realización de un grupo de performances telemáticos en el que ensambles de participantes distribuidos en diversos lugares geográficos, aportan, plantean y desarrollan obras telemáticas colaborativas. Cada obra aparte de elementos de interacción en vivo, consta de una parte sonoro-musical, de otra visual con manipulación de vídeo en vivo, una más de expresiones corporales y una última tecnológica que aborda temáticas desde el computer visión y BCI (Brain Computer Inteface) hasta HCI (Human Computer interaction) e interfaces Telemáticas ubicuas, que se integran a las propuestas artísticas y estéticas de cada obra.

Palabras Clave: Performances telemáticos, creación telemática, network music performance.

Eje temático: Internet de las cosas (IoT) y redes de sensores.

1. Introducción

Tratar de entender los términos “performance distribuido en red” o “performance multi-sitio”, puede parecer, en primera instancia, confuso, pero realmente no lo es tanto. Podría resumirse como que dos o más intérpretes en lugares separados realizan un trabajo en conjunto, al mismo tiempo (Ascott, 1990). El concepto es bastante simple, por otro lado “la red” y “la distribución” son términos que se está acostumbrado a escuchar y entender en el contexto actual, “el performance” también lo es o al menos en los campos de la interpretación y actuación en vivo. No obstante, podríamos meternos en problemas cuando se trata de combinar estos términos en el mismo concepto. Pero se puede integrar el concepto al decir que el performance en red es un enfoque sincrónico de comunicación, es decir, una actividad compartida entre dos o más personas que están colaborando al mismo tiempo. Estos colaboradores pueden ubicarse en el mismo lugar o en lugares diferentes, haciendo uso de sistemas de comunicación remota como videoconferencias, permitiendo que personas en diferentes lugares puedan verse y escucharse mutua y simultáneamente. Esto se logra, tecnológicamente hablando, con un método de comunicación multipunto. El sistema básico consiste en una computadora, un monitor, una cámara de vídeo, un micrófono y unos altavoces en cada sitio. Pero ¿qué tienen que ver las redes distribuidas con la creación y el diseño? ¿Se está hablando de tours con los que los artistas viajan y repiten “el mismo” performance en diferentes lugares? ¿Se habla de eventos en los que las producciones se difunden en todo el mundo en directo y las audiencias se concentran en los cines? (Carôt & Werner, 2007).

Pero es justamente aquí, en la línea donde se une la creación con la tecnología, donde surgen interrogantes que empiezan a ser planteados como, por ejemplo, cuando abordamos características como la del tiempo de latencia; es decir, la demora que se genera al transmitir información a puntos remotos. A su vez, en este punto surgen ciertos cuestionamientos, uno de ellos, por ejemplo, es ¿cómo lograr un umbral de 20 milisegundos de retardo, en la realización de eventos distribuidos en redes sobre internet 2? Realmente, una pregunta de esta naturaleza está obviamente enmarcada en el espacio de la ingeniería y la tecnología, pero su importancia en el campo del diseño y el arte está lejos de ser irrelevante. Esto nos interpela sobre cómo se hibridan los diferentes campos de desempeño —por ejemplo, los expertos en tecnologías, los artistas o los científicos—, y cómo pasamos de un trabajo de colaboración a uno de cooperación y co-creación, en los que los planteamientos y las soluciones, no pocas veces, llegan desde miradas diversas; y, el conocimiento de campos que antes podrían parecer no relacionados se complementan y permiten articular nuevas ideas e hipótesis en proyectos de investigación y creación.

Teniendo en cuenta que la experiencia de los participantes, intérpretes, creadores y del grupo técnico, así como las dinámicas colectivas en torno a estas nuevas formas de participación distribuida en ambientes de experimentación sonora y visual distribuida en red, son considerablemente influenciadas por las tecnologías inherentes a la comunicación telemática, se han realizado obras de creación en los últimos años que han servido como prototipos de análisis que contribuyen a una comprensión más rica de cómo las personas interactúan y se comportan en estos espacios de creación e interpretación audiovisual distribuidas, denominados en por nosotros como “tele-espacio activos” (TEA).

Es así como los referentes TEA realizados aportan un conjunto de estrategias de diseño que ayudan a los diseñadores de sistemas telemáticos colaborativos. Estos hallazgos se basan en una serie de trabajos empíricos, cualitativos y cuantitativos,

que describen y explican aspectos del comportamiento de los intérpretes, el compromiso y la interacción mutua en torno a los sistemas de creación telemática y suministra evidencia empírica de que existe una correlación entre el nivel de emoción percibido por los intérpretes y su sentido de participación creativa y disfrute en la construcción efectiva del ensamble telemático.

2. Experiencias en los performances telemáticos de Tele-espacios activos

Una intersección emocionante se encuentra entre las áreas de música, los entornos visuales virtuales y las interfaces o los sistemas de control interactivo y los ámbitos telemáticos, que requieren una considerable atención por parte de los profesionales especializados en cada uno de estos campos. Las preocupaciones perceptivas que conectan el espacio físico, virtual y distribuido, tanto visual como sonoro, pueden abordarse desde múltiples ángulos y a través de múltiples disciplinas. Diseñadores, creativos, artistas, bailarines, actores, músicos, ingenieros y técnicos pueden construir sistemas performáticos distribuidos y entornos de ensamble que se traducen en interfaces de movimiento e interacción en los sistemas y modelos de creación colectiva en red. TEA explorara de forma teórica y práctica estos campos dispares, con miras de ayudar a contextualizar los enfoques creativos y analíticos se expone, a continuación, un análisis taxonómico partir de las experiencias obtenidas en la creación de diversas obras realizadas a lo largo del desarrollo de los eventos TEA.

• Taxonomías interpretación en red

Una definición neutra y amplia de los performances en red es la práctica de realizar la interacción de obras artísticas en tiempo real a través de una red informática; esta definición, por lo tanto, no sugiere limitaciones en el modo en que se realiza la interacción, la distancia o los instrumentos que se van a emplear. Muchas categorías decaen bajo una definición tan amplia. Podemos, pues, construir una taxonomía de interpretaciones artísticas en red basada en los instrumentos empleados: solo en la computadora, solo en la interpretación humana o mixta. el primer uso de la red se llevó a cabo entre computadoras que empleaban algoritmos para la generación de sonido, con intervención humana limitada, y en los últimos años las redes de fibra óptica y las redes de Alta Velocidad (RENATA en el caso Colombiano) para las instituciones de investigación permitieron la transmisión simultánea de audio y video de baja latencia, lo que hizo posible que músicos acústicos desplazados en lugares remotos se formaran e interactuaran de manera retroalimentada. Una de las razones por las que la categoría de solo computadoras se realizara primero que las otras es que se puede llevar a cabo mediante la transmisión de datos de control solamente, o alguna forma de representación comprimida de datos de audio, por lo que fue factible con redes de computadoras con un ancho de banda limitado que era lo disponible en ese momento. Por tanto, pueden desarrollarse performances en los cuales la red lleva, datos de control, solo datos de audio o ambos. Las redes de ordenadores se emplean a menudo en el paradigma de la orquesta de sobremesa. La discusión técnica y musical de orquestas portátiles es un tema que ya es tratado por libros de texto y revisiones. No todas las orquestas portátiles emplean redes. De hecho, rara vez emplean redes y la mayoría de las veces se basa en el intercambio de datos TCP/IP a través de una conexión por cable.

Otro medio para discriminar entre las diferentes prácticas performáticas en red es la distancia y la posición de los artistas intérpretes o ejecutantes. La mayoría de la literatura en este momento se ocupa de los ejecutantes remotos, es decir, ejecutantes situados a distancias mucho mayores de 1 km, el uso de tecnologías inalámbricas permite, en cambio, conectar músicos ubicados en la misma habitación, en un gran espacio interior o en espacios al aire libre. Podemos, por lo

tanto, distinguir entre locales de interior, al aire libre local o remoto. En los dos casos anteriores se emplean tecnologías de redes de área local (LAN), mientras que en la segunda es necesaria una red de área extensa (WAN). El nivel de interacción también define diferentes tipos de actuación: los músicos pueden estar firmemente sincronizados, como lo son cuando improvisan en un espacio compartido, pueden ser ligeramente sincronizados, es decir, conscientes de las acciones de los demás, pero con dificultades de responder al estar separados por una latencia o desconectados. En este último caso, pueden ser desconectados auditivamente o visualmente, o ambos. Si no hay conexión auditiva o visual, se debe emplear una pista de clics o medios similares para sincronizarlos (véase la Tabla 0.1 Taxonomía de un performance de música en red).

Role humano	Intérprete de instrumento, ejecutante del ordenador portátil, supervisor solamente (red de ordenadores autónoma)
Topología de la red	Inicio, punto a punto, malla
Señales transmitidas	Audio, video, control —por ejemplo, OSC—, chat de texto
Distancia de los performers	Remoto —decenas a cientos de kilómetros—, local al aire libre —hasta unos pocos kilómetros—, interior
Área de red	LAN, MAN, WAN
Tecnologías de red	LAN cableada, LAN inalámbrica, WAN de fibra óptica, WAN de cobre, enlace por satélite
Latencia y sincronización	Sincronización ajustada, sincronización floja, sincronización de clics —sin señal auditiva/visual—, desconectada —solo el público conoce las acciones de los intérpretes—
Audio y video	Auriculares y/o visualmente sincronizados, auditivamente y/o visualmente conscientes pero no sincronizados, sin conexión auditiva y/o visual

Tabla 0.1 Taxonomía de un performance de música en red

Fuente: Elaboración propia a partir de categorizar las prácticas en red, junio de 2018.

Hay una serie de enfoques diferentes para la interacción performática entre los intérpretes humanos, dependiendo de las restricciones de latencia, propuesta por Carôt (Carôt & Werner, 2007):

- Enfoque de interacción realista (RIA)
- Enfoque de esclavo maestro (MSA)
- Abordaje relajado (laid back) (LBA)
- Aproximación de revisión de retraso (DFA)
- Enfoque de aceptación de la latencia (LAA)
- Aproximación al tiempo falso (FTA)

El RIA es el más exigente, ya que trata de simular las condiciones de una

verdadera interacción con los artistas en el mismo espacio. El umbral de latencia general para este enfoque es establecido por Carôt a 25 ms (milisegundos) para el retardo unidireccional —o latencia—.

En el MSA, un instrumento maestro proporciona el pulso y el esclavo se sincroniza en la versión retardada que viene del maestro. El audio está en sincronización solo en el lado del esclavo, mientras que el maestro no intenta mantenerse al ritmo del esclavo, este apenas puede obtener una imagen de lo que está pasando al lado del esclavo, tratando de no ser influenciado en su tempo por la señal retardada entrante. Claramente, la interacción se reduce en este enfoque, pero la latencia es aceptable.

El acercamiento relajado o laid back se basa en el modo de interpretación laid back, que es un estilo común y aceptado en la música de jazz, que los músicos a menudo tratan de lograr conscientemente para hacer parecer su solo más interesante y libre.

Similar al MSA, en el lado maestro se construye el compás y en el lado esclavo se puede tocar un instrumento solista. En el lado maestro, el retardo de ida y vuelta, debe ser superior a 25 ms pero por debajo de 50 ms, creándose un estilo laid back artificial.

LBA por supuesto no funciona para partes de música al unísono en las que ambas partes tienen que tocar exactamente en el mismo ritmo al mismo tiempo. Existe un software comercial Musigy que implementa LBA.

Un DFA intenta llenar la brecha de latencia entre los dos extremos introduciendo un retardo artificial en la sala de escucha en el extremo maestro —si uno de los extremos tiene un rol maestro— o en ambos extremos —si la interacción no es jerárquica—. En el primer caso, por ejemplo, retrasar la señal del maestro en la sala permite hacerla más próxima a la señal retardada del esclavo. De manera similar, para el caso no jerárquico. Sin embargo, el enfoque introduce una latencia entre la acción del usuario —por ejemplo, pulsación de teclas— y la respuesta auditiva —en el caso de un instrumento electrónico— o simplemente añade una versión retardada a un instrumento acústico, lo cual puede deteriorar las condiciones del ensamble, eJamming, emplea este enfoque. La LAA simplemente descuida la sincronización y se utiliza para la música de vanguardia contemporánea, música con restricciones de tiempo muy bajo o música de computadora que emplea la red como parte de la actuación. El grupo SoundWire promovió este enfoque con varias actuaciones de música contemporánea.

Por último, un enfoque que acepta la latencia, pero permite la sincronización del tempo —pero no el golpe— es el FTA. En este caso, la latencia se adapta artificialmente a una medida o múltiplos. De esta manera, cualquier intérprete juega en la medida anterior ejecutada por el otro intérprete. Este enfoque requiere que un tempo sea conocido a priori y fijo. Una hipótesis adicional es necesaria, que la música no cambia drásticamente de medida a medida, que es el caso de muchos géneros de improvisación, como blues, funk, etc. El software de código abierto Ninjam emplea este enfoque.

Una clasificación diferente, enfocada más hacia los componentes estéticos es la revisión realizada por Barbosa (2003) y descrita a continuación en la

Figura 0.1 Un espacio de clasificación para la música colaborativa soportada por computadora.

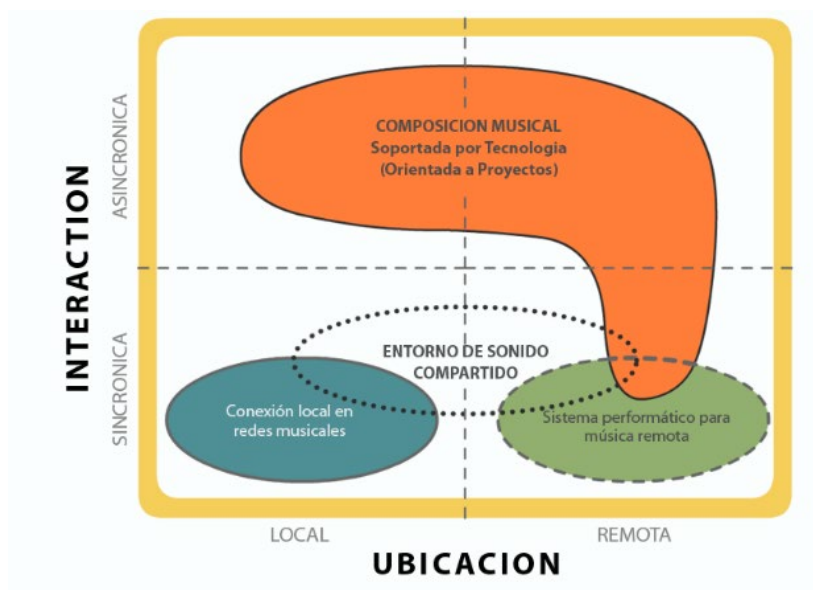


Figura 0.1 Un espacio de clasificación para la música colaborativa soportada por computadora

Fuente: Elaborada por Elizabeth Granados, agosto, 2019.

Redes locales interconectadas. Son utilizadas en eventos de grupos de intérpretes que interactúan en tiempo real con un conjunto de instrumentos de música o instrumentos de música virtual con relación sonora proporcionada por una red local.

Sistemas de soporte de composición musical. Se utilizan para ayudar a formas más tradicionales de composición y producción, tanto para la composición de música escrita o producción musical basada en procesos experimentales en configuraciones de estudio de grabación. Mejora los paradigmas tradicionales de colaboración, al permitir el desplazamiento geográfico y la colaboración asincrónica.

Sistemas performáticos de música remota. Se usan en eventos organizados para grupos de múltiples usuarios/ejecutantes remotos, desplazados en el espacio, improvisando e interactuando sincrónicamente. En este caso, la interdependencia sonora se ve afectada por la latencia de la red. Tele-presencia —participación unilateral remota— es un caso particular de este conjunto de aplicaciones.

Entornos sonoros compartidos. Son una nueva clase de aplicaciones emergentes, que exploran la naturaleza distribuida y compartida de internet. No se orientan hacia un escenario de eventos de tiempo limitado y son más adecuados para la improvisación síncrona. Dado que estos sistemas están dirigidos a un público amplio, por lo general no se requiere conocimiento musical previo de los participantes, y por lo tanto los resultados son a menudo piezas sonoras experimentales.

• **Análisis y modelos de prototipos**

Los diálogos, el test y las entrevistas realizadas con los participantes en las diferentes obras realizadas en el marco de los Tele-espacios activos, sumados al análisis de los objetivos planteados en cada uno, arrojaron, no sin extrañeza, conclusiones generales orientadas a ámbitos como la latencia, el interés sobre la calidad del audio, el análisis reflexivo sobre la disposición del ensamble y el concepto de presencia, entre otros. Estos campos de interés nos permitieron

proponer categorías generales y comunes a todos los prototipos que luego fueron discutidas con varios de los participantes en las diferentes experiencias telemáticas, dichas categorías fueron refinadas gracias al trabajo realizado en talleres de pensamiento de diseño —design thinking— (véase la Figura 0.2), en los cuales se estableció una diferencia de roles entre los participantes, a saber: grupo técnico, creadores e intérpretes, desde allí fueron evaluadas estas categorías que dieron como resultado la ponderación de categorías mostrada en la Tabla 0.2 Valor de ponderación en escala de importancia y visualizadas en la figura 0.3, las categorías comunes analizadas fueron:

Calidad de audio: se relaciona directamente con las calidades de escucha brindadas por la calidad de las interfaces, las características de muestreo, tamaño de buffer y compresión de la señal de audio digitalizada y enviada a cada uno de los puntos remotos, este tipo de análisis, aunque pasa por el análisis creativo e interpretativo se refiere a conceptos eminentemente técnicos abordando conceptos y estándares de carácter instrumental.

Enrutamiento, mezcla y disposición de audio: se refiere a cómo se realizan los envíos específicos de diferentes señales de audio en cada locación, y cómo el flujo de señales es dispuesto espacialmente en cada sitio permitiendo generar mezclas de audio en vivo. Las diferentes disposiciones permiten comprender de dónde viene cada señal de audio y las mezclas ayudan a los músicos y a la audiencia a comprender cada una de las interpretaciones realizadas por el ensamble.

Calidad de stream de video: los flujos de video, al igual que los de audio, deben ser estructurados en la red que se genera entre cada nodo del ensamble, conceptos como el ancho de banda, compresiones de hardware y software, la apertura de los lentes de cámaras, capturadoras de video y velocidad de obturación entre otros, son las temáticas que bordadas que deben ser tenidas en cuenta al momento de tener imágenes de buena calidad con muy baja latencia.

Disposición de screen o pantalla: esta categoría se refiere principalmente a la localización física de las diferentes proyecciones remotas y locales, permitiendo que los intérpretes se puedan ver entre sí, o que el público pueda ver las proyecciones.

Control de video: en este apartado se abordan elementos como el encuadre, los tipos de imagen proyectadas, los elementos videográficos y las mezclas de señales de video.

Partituras: atienden al tipo de partituras realizadas o adaptadas específicamente para los ambiente telemáticos, las consideraciones de tiempo y espacio necesarias para poder plasmar en papel la idea artística y la interpretación de la misma. Si bien este no es un objetivo de esta investigación, es uno de los elementos necesarios al momento de realizar un performance telemático.

Ensamble: hace referencia a una actividad compartida entre dos o más personas que están colaborando al mismo tiempo como se describe al principio del capítulo 2 en contextos teóricos y trabajos previos.

Interacciones: aborda las relaciones entre los intérpretes y los artistas en escena, cómo son leídas por el colectivo o cómo se transforman a partir de las interfaces, objetos o instrumentos en sonido, música, visualizaciones o expresiones corporales que son en síntesis las expresiones de los intérpretes al momento de recrear la obra de creación.

Escenario: relaciona el concepto de “diseño de escenario”, donde la generación de una escala humana de proyección o la disposición de planos específicos para cada envío son algunas de las consideraciones necesarias al momento de diseñar el escenario y planear la experiencia de los intérpretes y la audiencia en el performance.

Sincronía: este es uno de los temas más analizados en el campo de los

performances telemáticos y aborda una de las principales características de estos entornos, donde los tiempos de latencia articulan y conforman el espacio activo como se describe en el capítulo Error! Reference source not found. Error! Reference source not found..

Visualizaciones: hacen referencia a la construcción de imágenes más allá de los envíos de video en tiempo real, ateniendo a las realizaciones de videos o imágenes específicas para la construcción de las obras audiovisuales.

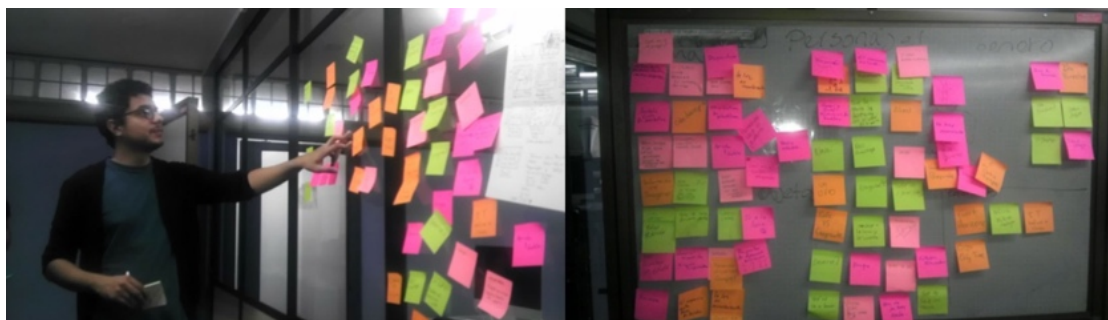


Figura 0.2 Taller Design Thinking, análisis de categorías generales, prototipos telemáticos Fuente: Elaboración propia a partir del desarrollo de talleres de Pensamiento de Diseño, julio, 2019.

Categorías comunes/actor	Grupo técnico	Creadores	Intérpretes
Calidad de audio	5	5	4.8
Enrutamiento y mezcla y disposición audio	3.8	4.2	4.5
Calidad de stream de video	4.3	3.5	4
Disposición de screen	4.2	3.3	4.3
control de video	4	3.2	3.5
Partituras	2.5	4.8	4.7
Ensamblajes	3.5	4.5	4.7
Interacciones	4.6	3.8	3.8
Escenario	4.5	4	4
Sincronía	3.8	3.9	4.9
Visualizaciones	4	4.5	3.8

Tabla 0.2 Valor de ponderación en escala de importancia

Fuente: Elaboración propia a partir de la ponderación de las categorías de análisis, julio, 2019.

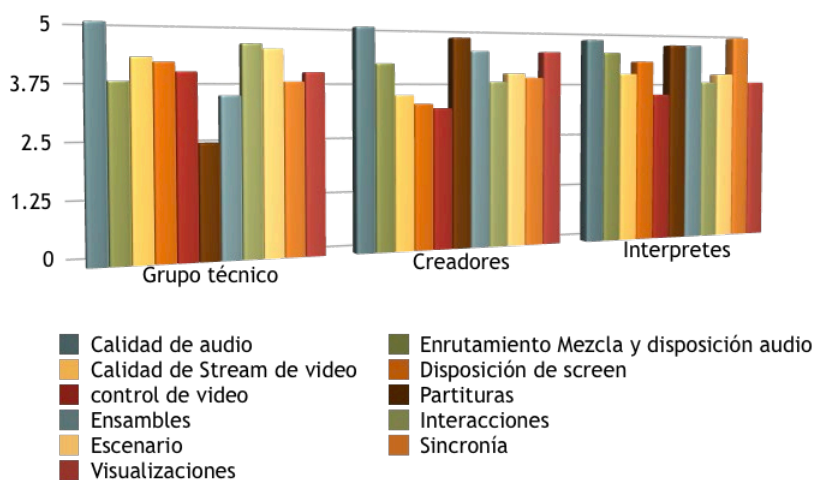


Figura 0.3 Gráfico de categorías generales de ensambles telemáticos

Fuente: Elaboración propia a partir de la ponderación de las categorías de análisis, julio, 2019.

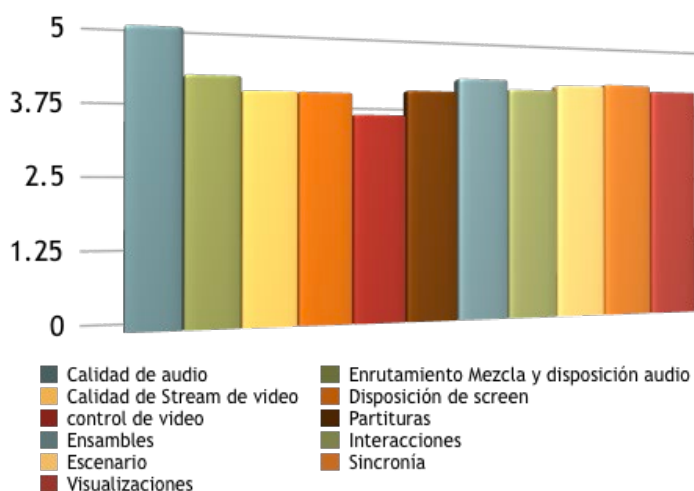


Figura 0.4 Ponderado de categorías por actor

Fuente: Elaboración propia a partir de la ponderación de las categorías de análisis, julio, 2019.

Haciendo un análisis de la información contenida en la Figura 0.4 Ponderado de categorías por actor, esta nos permite inferir y clasificar algunas características comunes en la construcción de entornos de creación telemática, es así como en una segunda etapa de refinamiento se agruparon las diferentes categorías en tres áreas y cinco subáreas que fueron halladas gracias al análisis de ocurrencias realizadas en las entrevistas no estructuradas realizadas en los talleres de categorizaciones, estas subáreas así como las características relacionadas se describen en la Tabla 0.3 clasificación en área y subáreas de las categorías generales.

Áreas	Subáreas	Categorías comunes
Desarrollo	Técnicas	Calidad de audio
		Calidad de stream de video
	Control	Enrutamiento de audio
		Control de video
Creación	Diseño	Mezcla y disposición de audio
		Disposición de pantallas y escenario
	Interpretación	Partituras
		Ensamblés
		Protocolos
Intercomunicación	Comunicación	Diálogo
		Gesto
		Interacciones

Tabla 0.3 clasificación en área y subáreas de las categorías generales

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de ponderación de las categorías telemáticas, julio, 2019.

Con una referencia cruzada de los objetivos de análisis, categorías generales, áreas y subáreas, se obtuvo la

Tabla 0.4 Resumen del análisis de prototipos. Al analizar las ocurrencias de las subáreas y categorías en los objetivos de análisis encontramos que si bien es de gran importancia abordar las características técnicas de los performances telemáticos, en la medida que el colectivo posee un mejor conocimiento del mismo, las discusiones relacionadas con la interacción y la comunicación entre los intérpretes se eleva, de igual manera se ve que el uso de una partitura inicial, protocolos claros en la construcción y el ensayo de la obra permiten articular de mejor forma el ensamble; en síntesis, la subárea interpretativa se convierte en uno de los principales trabajos desde el punto de vista del grupo técnico y de los creadores.

Otro elemento a ser tenido en cuenta es que solo en estadios más avanzados aparecen como elementos importantes los análisis y desarrollos relacionados con el diseño; si bien en etapas más tempranas estos son tenidos en cuenta, realmente no son abordados como un elemento importante del proceso creativo mismo, hasta las etapas finales donde los pensamientos de diseño y la articulación colectiva permiten, además de visibilizar estas actividades, ponerlas como un elemento más del momento creativo, pasando así del área técnica en los primeros prototipos al área creativa en los últimos. Este hallazgo es de gran importancia al momento de plantear nuestro prototipo final.

Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020

Prototipos tempranos	Objetivos de análisis	Sub-área	Área	Categoría
PT1	Analizar la calidad del envío de audio de alta calidad, haciendo uso de JackTrip.	Técnica	Desarrollo	Calidad de audio
	Evaluar el <i>stream</i> de video a partir de Hangouts	Técnica	Desarrollo	Calidad de <i>stream</i>
	Generar visuales a partir del control interactivo.	Comunicación	Intercomunicación	Interacciones
	Sincronizar a partir del ensamble basado en improvisación.	Interpretación	Creación	Ensamble
	Diseñar el escenario, hacer composición de pantallas.	Diseño	Creación	Disposición escena
	Usar imagen y sonido como líneas temporales de la pieza.	Interpretación	Creación	Partitura
PT2	Evaluar la calidad de la imagen de video haciendo uso de Max con VIPR.	Técnica	Desarrollo	Calidad de <i>stream</i>
	Sincronizar a partir de la relación expresiva de los intérpretes.	Interpretación	Creación	Ensamble
	En la interacción, analizar el uso de luces para crear las marcas de entradas y salidas temporales que permitan interpretar la partitura.	Interpretación	Creación	Protocolos
	Usar una partitura para la conformación del ensamble.	Interpretación	Creación	Partitura
	Generar visuales controlados a partir del sonidos.	Comunicación	Intercomunicación	Interacciones
	Obtener calidades de audio cuadrafónico.	Control	Desarrollo	Enrutamiento de audio
	Analizar los montajes y el concepto de escenario.	Diseño	Creación	Disposición de escena
PT3	Evaluar la generación de imágenes desde un sitio remoto.	Comunicación	Intercomunicación	Interacciones
	Analizar las velocidades y las calidades de audio y video desde ciudades colombianas.	Técnica	Desarrollo	Calidad audio Calidad del <i>stream</i>
	Asesorar la conectividad remota desde la ciudad de Medellín.	Técnica	Desarrollo	Protocolos
	Consolidar un grupo colombiano de creación telemática.	Comunicación	Intercomunicación	Diálogo
	Evaluar el uso de aplicaciones que permiten la sincronía.	Control	Desarrollo	Enrutamiento audio Control video
PT4	Determinar cómo funciona la sincronía a partir del seguimiento de la banda sonora.	Interpretación	Creación	Ensamble
	Realizar el análisis de un montaje en Manizales que incluya la intérprete presencial, el intérprete transportado y un video proyectado controlado por transferencia.	Diseño	Creación	Mezcla y disposición audio Disposición escena

Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020

	Usar Hangout como conectividad de video mediado por una aplicación en Max que recorta la imagen.	Técnica	Desarrollo	Calidad de <i>stream</i>
	Configurar las redes punto a punto de audio alta calidad.	Técnica	Desarrollo	Calidad audio Calidad del <i>stream</i>
	Analizar las interacciones a partir de la visualización entre intérpretes y la percepción del sonido.	Comunicación	Intercomunicación	Interacciones
PT5	Analizar las velocidades y calidades de audio y video entre Colombia y Europa	Técnica		Calidad audio Calidad del <i>stream</i>
	Analizar uso de conectividades diferentes a internet 2	Técnica	Desarrollo	Calidad audio Calidad del <i>stream</i>
	Evaluar el ensamble y la sincronía a partir de bases rítmicas autóctonas	Interpretación	Creación	Ensamble
	Evaluar la calidad de audio octofónico	Control	Desarrollo	Enrutamiento de audio
	Analizar tipos de montaje escenario-instalación	Diseño		Disposición de escena
PT6	Evaluar el uso de UltraGrid como <i>software</i> de <i>stream</i> de video	Control	Desarrollo	Enrutamiento de video
	Utilizar <i>software</i> de Workstation de audio para el control total de la mezcla. En este caso se hizo uso de Ardour para el análisis de calidad de audio y latencias adicionadas con este tipo de aplicaciones.	Control	Desarrollo	Enrutamiento de audio
	Analizar en ensamble con músicos tradicionales	Interpretación	Creación	Ensamblés
	Evaluar tiempos de latencia y facilidad de sincronía en improvisación de ritmos específicos	Interpretación	Creación	Ensamblés
	Analizar diseños y tipos de montaje de escenario haciendo uso de tres locaciones	Diseño	Creación	Disposición de escena
	Evaluar elementos y diseño de iluminación del escenario	Diseño	Creación	Disposición de escena
	Hacer uso de instrumentos sensorizados para recrear visuales específicas.	Comunicaciones	Intercomunicación	Gesto Interacciones
	Analizar las visuales anteriores como elemento de sincronía entre los intérpretes.	Interpretación	Creación	Ensamble
	Analizar las visuales como elemento de fusión en el escenario, dirigido al público	Diseño	Creación	Disposición de escena
PT7	Testeo de velocidades de transmisión entre Cali y Manizales	Técnico	Desarrollo	Calidad de audio Calidad de <i>stream</i>
	Abordar construcción de imagen de escenario con mezcla de las señales de video haciendo uso de <i>switcher</i> en	Diseño	Creación	Disposición de escena

punto fijo			
Acompañar y asesorar en la construcción de coreografía telemática	Diseño	Creación	Disposición de escena
Diseño conjunto de escenarios local y remoto	Diseño	Creación	Disposición de escena
Diseño de iluminación	Diseño	Creación	Disposición de escena
Conformar un grupo de trabajo multidisciplinar, artista visual, coreógrafo, videógrafo, diseñador visual, diseñador de escenario, diseñador sonoro y músico	Interpretación	Creación	Ensamble
Analizar la aplicación para <i>stream</i> de video en alta calidad UltraGrid.	Técnico	Desarrollo	Calidad de <i>stream</i>

Tabla 0.4 Resumen del análisis de prototipos

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis prototipos telemáticos, julio, 2019.

A partir de los hallazgos realizados en el análisis de los prototipos tempranos, se plantea la idea que articula el tele-espacios activos VII, que busca, entre otros objetivos: la construcción de una interfaz que permita la comunicación necesaria para el ensamble telemático; la evolución de las piezas telemáticas para esta versión del evento, a partir de los hallazgos de los prototipos tempranos y gracias al uso de técnicas centradas en el usuario que permitan evaluar y analizar cada etapa de la construcción desde las perspectivas de los diferentes actores en la construcción de los espacios activos audiovisuales, es así como TEA plantea una retroalimentación constante que permite avanzar progresivamente en la construcción de entornos de co-creación telemáticos.

TEA VII plantea cuatro escenarios, por un lado la realización de partituras extendida que permitan reconocer la latencia de la interpretación, explorando las posibilidades de escucha y ensamble de los intérpretes, facilitando articular y usar la ubicuidad de los intérpretes así como sus cualidades gestuales y expresivas, como se describe en los apatados anteriores.

El segundo escenario es la construcción de una interfaz de control y comunicación donde confluyen los diferentes elementos de visualización propuestos, que se categorizan a partir del envío de imágenes, sonidos y datos en *stream*.

El tercer escenario plantea el sistema de envío y recepción de sonora para el cual se utiliza un modelo cliente servidor controlado por JackTrip.

El último escenario plantea el diseño escenográfico que incluyen cada uno de los espacios activos remotos y el lugar donde confluyen los diferentes espacios, tiene en cuenta no solo la disposición de los intérpretes en su espacio local si no también su representación visual y el emplazamiento de estos en cada uno de los puntos, permitiendo al público y a los ejecutantes habitar el tele-espacio activo.

3. Conclusiones

Debido a la cantidad de conocimientos interdisciplinarios, los performances distribuidos hasta ahora han sido utilizados principalmente por una pequeña comunidad de expertos en expresiones audiovisuales mediadas por tecnologías, de modo que no puede ser considerada como campo importante, o de gran demanda actual para la interacción audiovisual. A pesar de la existencia de los primeros productos comerciales, los creativos y los expertos en audiovisuales siguen

trabajando en campos más o menos inamovibles y no son muy dados, por lo menos en lo comercial, a aceptar y aplicar enfoques telemáticos. Como los hechos prácticos y técnicos desarrollados en esta investigación demuestran claramente la viabilidad de las actuaciones audiovisuales en red, con esta investigación se espera motivar a creadores audiovisuales, artistas y técnicos, entre otros, a aprovechar las posibilidades expresivas que los performances distribuidos pueden ofrecer.

En cuanto a desarrollos a corto plazo, se invita a los compositores a que realicen obras utilizando este sistema para evaluar su potencial creativo y a la vez para que evalúen este modelo performático. También se les invita a consolidar sistemas de este tipo en la construcción de obras performáticas audiovisuales, por fuera de los intereses de análisis e investigativos de este proyecto.

Se continuará con la convocatoria de tele-espacios activos (Reyes & Valencia, 2015) como un espacio de reflexión, diálogo y creación que, en sus seis versiones, ha dejado una semilla y un colectivo de participantes altamente interesados en el campo y que va creciendo con el transcurrir de las diferentes versiones.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Proyecto de Investigación "Diseño de interfaces en ambientes de creación Telemática" inscrito en la vicerrectoría de investigaciones y postgrados de la Universidad de Caldas - Colombia.

Referencias

1. Ascott, R. (1990). Is There Love in the Telematic Embrace? *Art Journal*, 241–247.
2. Barbosa, Á. (2003). Displaced Soundscapes: A Survey of Network Systems for Music and Sonic Art Creation. *Leonardo Music Journal*, 13. Recuperado de http://www.abarbosa.org/docs/barbosa_LMJ13.pdf
3. Cáceres, J., & Chafé, C. (2009). JackTrip: Under the hood of an engine for network audio. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.153.5895&rep=rep1&type=pdf>
4. Carôt, A., & Werner, C. (2007). *Network Music Performance – Problems, Approaches and Perspectives*. Music in the Global Village. Lübeck: University of Lübeck.
5. Crawford, J. (2005). Active space: embodied media in performance. En B. Juan (Ed.) *SIGGRAPH '05 ACM SIGGRAPH*. Article No. 111. 18. Los Angeles: ACM Publisher.
6. Föllme, G. (2005). Lines of Net Music. *Contemporary Music Review*, 24(6), 439-444.
7. MacDonald, C., & Atwood, M. (2013). Changing perspectives on evaluation in HCI: past, present, and future. *CHI EA '13 CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (pp. 1969-1978)*. New York: Publisher ACM.
8. Rebelo, P., Schroeder, F., & Renaud, A. (2008). Network dramaturgy: Being on the node. Recuperado de [HYPERLINK "https://www.researchgate.net/publication/228826942_Network_dramaturgy_Being_on_the_node"](https://www.researchgate.net/publication/228826942_Network_dramaturgy_Being_on_the_node)
https://www.researchgate.net/publication/228826942_Network_dramaturgy_Being_on_the_node
9. Reyes, J., & Valencia, M. (2015, abril). Tele-espacios activos. Recuperado de

*Décima Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación
en Instituciones de Educación Superior, TICAL2020 y
4° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia
“La ruta digital de una Universidad inteligente”
En-Línea – 31 de agosto -3 de septiembre, 2020*

<http://festivaldelaimagen.com/portfolio-item/tele-espacios-activos/>

10. Valencia, M. (2013a, junio). Investigaciones finalizadas. Recuperado de http://www.sensorlab.co/category/investigaciones_fin/

Plataformas de Internet de las Cosas Robóticas para la investigación y la docencia

Lynnette González Rodríguez^a, Armando Plasencia Salgueiro^a

^a Instituto de Cibernética, Matemática y Física, Calle 15 No. 551 entre C y D,
10400 Ciudad de La Habana, Cuba
lynnette@icimaf.cu, armando@icimaf.cu

Resumen. Tanto la Internet de las Cosas (IoT) como la robótica se han expandido gradualmente a nuevas áreas de investigación y de la vida de las personas. En la actualidad, ambas tecnologías se encuentran en auge y se han relacionado para mejorarse mutuamente. Los robots constituyen una “cosa” más en IoT con la distinción de que ofrecen actuación dinámica sobre el mundo físico. IoT brinda a los robots la capacidad de comunicarse entre ellos y con otros dispositivos mediante una tecnología de comunicación común, además de suministrarles una amplia variedad de datos e información con los que ellos no cuentan debido a sus limitados sensores, y que pueden emplear para realizar sus tareas de manera más eficiente. Como resultado de esta integración de tecnologías surgió el paradigma de Internet de las Cosas Robóticas (IoRT), el cual es relativamente nuevo. Aunque ya se han desarrollado varias investigaciones en esta área, aún queda mucho camino por recorrer. Es por ello que en este trabajo se realiza un estudio sobre las plataformas existentes que constituyen la infraestructura de IoRT para su empleo en la investigación y la docencia. Como resultado se identificaron numerosas plataformas que integran la robótica con la computación en la nube, y otras que permiten incorporar robots como nodos móviles de redes. Se destaca un trabajo que implementa una plataforma de IoRT acoplando diversas plataformas y servicios. Sin embargo, aún no existe una única plataforma para IoRT.

Palabras Clave: IoRT, IoT, plataforma de IoRT, robótica en la nube, simulación.

Eje temático: Tecnologías disruptivas en la Universidad; Internet de las Cosas; Robótica.

1. Introducción

El desarrollo de Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) desde hace varios años ha posibilitado la interconexión de todo tipo de objetos físicos a través de la red de redes. Numerosos ámbitos de la vida cotidiana de las personas ya se han visto influenciados positivamente por esta tecnología, tales como la salud, la industria, la domótica, entre otros, y se prevé que cada vez se conecten más y más dispositivos. No obstante, la mayoría de las aplicaciones de IoT se basan en la actuación estática, lo cual es una limitante. Los robots tienen las capacidades inherentes de moverse e interactuar con su entorno, por lo que su integración con IoT resulta muy beneficiosa y abre un amplio rango de nuevas posibilidades para ambos campos de la investigación.

Una definición de IoT afín a la perspectiva de este trabajo es la que aparece en [1], la cual expresa que IoT es una red que puede recopilar información del mundo físico o controlar los objetos del mundo físico a través de varios dispositivos implementados con capacidades de percepción, cómputo, ejecución y comunicación, así como de establecer comunicaciones entre los humanos y las cosas o entre las cosas mediante la transmisión, clasificación y procesamiento de la información. Por tanto, en IoT confluyen tres tipos de interacciones: personas con personas, máquinas con máquinas y personas con máquinas, que permiten que todo tipo de información sea compartida entre personas y dispositivos.

La arquitectura general de IoT presenta tres capas: de percepción, de red y de aplicación. La primera contiene las “cosas”: los dispositivos físicos con capacidad de percepción y actuación sobre el entorno. La segunda capa agrupa todos los elementos que forman parte de la red de comunicación: enrutadores, concentradores, conmutadores, antenas, servidores, etc. La última capa incluye todas las aplicaciones disponibles para que el usuario visualice, monitoree e interactúe con las cosas. Los dispositivos de la primera capa son considerados como el borde (edge en inglés) de la red, los servidores donde ocurre el análisis y almacenamiento de los datos de los sensores son llamados nube (cloud en inglés) y los elementos intermedios, que tienen a su vez capacidad de procesamiento y de comunicación, se considera que están en la niebla (fog en inglés). La computación en la niebla no es utilizada siempre, pero reduce las demoras propias de la comunicación con la nube y es ideal para aplicaciones que requieran operar en tiempo real. Los robots en IoT son considerados dispositivos en la niebla debido a que están conectados a varios sensores y actuadores e incorporan poder de cómputo y protocolos de comunicación.

Este trabajo se centra en la interconexión de los robots en IoT mediante el reciente paradigma de Internet de las Cosas Robóticas (IoRT, por sus siglas en inglés), específicamente haciendo un estudio de las plataformas disponibles en la actualidad para la investigación y la docencia en este tema, incluyendo tanto plataformas para aplicaciones prácticas como de simulación.

1. Métodos

2.1 Internet de las Cosas Robóticas

Los robots son máquinas con capacidad de movimiento que ejecutan tareas. Son especialmente utilizados en situaciones o lugares riesgosos o peligrosos para la vida humana, aunque su continuo desarrollo ha provocado que se inserten en múltiples áreas que van desde la industria y la exploración de otros planetas hasta el cuidado y atención de ancianos, pacientes y discapacitados. Los robots se clasifican en cuanto a su movilidad en fijos o móviles. Esta última categoría se divide en terrestres, aéreos y marinos. De acuerdo con la función que realizan, pueden ser clasificados como domésticos, sociales y exploradores.

El empleo de métodos y técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje automático en la robótica ha logrado grandes avances, dotando a dichas máquinas de capacidad para identificar los objetos que los rodean, tomar decisiones y hasta autonomía en algunos casos. No obstante, estos algoritmos implican una mayor carga computacional que el robot debe ejecutar de manera local, además de que dependen de las limitadas fuentes de información de las que dispone: sus sensores. Es por ello que estrategias como la robótica en la nube, la cual integra la robótica con la computación en la nube, constituyen soluciones comúnmente adoptadas para realizar la computación y el almacenamiento de datos de manera remota. Esto conlleva una reducción en el consumo energético del robot, el costo de su hardware y un posible aligeramiento del mismo.

Se define como robótica en la nube cualquier robot o sistema de automatización que use datos y código de una red para realizar sus operaciones, donde no todos los sensores, sistemas de cómputo y memoria están integrados en un único sistema individual [2]. Este paradigma aprovecha los recursos centralizados ofrecidos por la computación en la nube, la cual ofrece un fondo compartido de recursos hardware escalables en la forma de servicios en la nube como el procesamiento y el almacenamiento. A pesar de los beneficios que aporta, es importante analizar cuidadosamente las demoras propias de la latencia de la red y el tiempo que toma procesar los datos en la nube. Para que una solución que emplea este paradigma sea factible, estas demoras no deben ser mayores al tiempo de procesamiento de una solución que no emplee la nube [3]. Otras desventajas radican en la carencia de estandarización en cuanto a una tecnología de comunicación común y la imposibilidad de proporcionarle al robot una conexión que le permita comunicarse y compartir datos e información con sus homólogos u otros dispositivos tales como sensores externos a él. En este sentido, IoT resulta una opción promisoriosa.

La integración de IoT y la robótica en la nube constituye el paradigma conocido como Internet de las Cosas Robóticas (IoRT), como se ilustra en la Figura 1. Este concepto fue definido por ABI Research como “dispositivos inteligentes que pueden monitorear eventos, fusionar datos de sensores provenientes de una gran variedad de fuentes, usar ‘inteligencia’ local y distribuida para determinar la mejor manera de proceder” [4]. La IoRT requiere tanto la distribución de la información entre múltiples robots mediante el uso de tecnologías de comunicación, como el empleo de servicios de computación en la nube centralizados que permitan el procesamiento y almacenamiento de datos. Por tanto, este paradigma es tanto centralizado como distribuido [3].

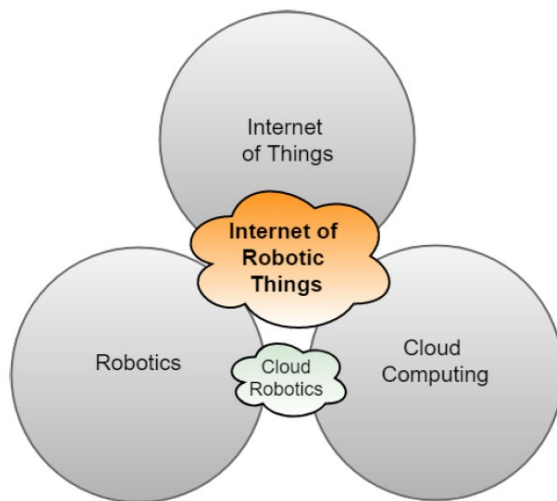


Fig. 1. Internet de las Cosas Robóticas como la integración de la robótica y la computación en la nube (la robótica en la nube) con la Internet de las Cosas [3].

En algunas investigaciones se considera una arquitectura de IoRT de cinco capas [3] [5], mientras que en otras se emplea una de tres capas [6] [7] basada en la arquitectura de IoT. En este trabajo se adoptó la arquitectura de cinco capas como la que se muestra en la Figura 2.

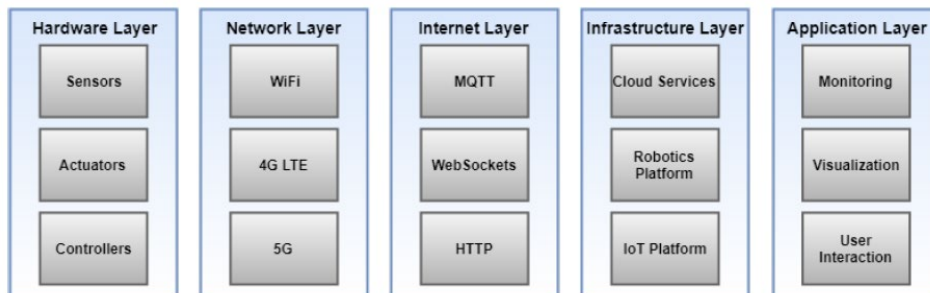


Fig. 2. Arquitectura de cinco capas de IoRT [3].

La primera capa, la de hardware, contiene los periféricos del robot, tales como sus sensores y actuadores, así como demás dispositivos o “cosas” que se encuentran interconectadas en IoRT. Aquí es donde se recopila la información que será transportada por las dos siguientes capas.

La capa de red incluye los diversos protocolos y tecnologías de comunicación. Algunos ejemplos son: Bluetooth Low Energy (BLE), WiFi, 3G, 4G/LTE, Near Field Communication (NFC), ZigBee, 6LoWPAN, Broadband Global Area Network (BGAN) y Low Power Wide Area Network (LoRA).

La capa de internet comprende los protocolos de transporte requeridos para enviar y recibir mensajes, tales como MQTT, CoAP, XMPP, IPv6, UDP, uIP, DTLS, AMQP, LLAP, TCPROS, UDPROS, DDS, WebSockets y HTTP, los cuales deben ser ligeros y eficientes energéticamente.

La capa de infraestructura agrupa una plataforma robótica, una plataforma de IoT y servicios en la nube. La plataforma robótica ofrece tecnologías de servicios específicos de robots como Robot Operating System (ROS) y Robot Service Network Protocol (RSNP). Las plataformas de IoT son un conjunto de componentes reutilizables, módulos y bloques de desarrollo compartidos por

múltiples aplicaciones y productos. Los servicios en la nube generalmente consisten en almacenamiento y poder de procesamiento.

La capa de aplicación permite a los usuarios la visualización, el monitoreo y la interacción con el sistema.

2.2 Plataformas para IoRT

Generalmente, las plataformas de IoT implementan funcionalidades para gestionar los sensores o los actuadores y para agilizar el desarrollo de las aplicaciones basadas en ellos, desplegar sus funcionalidades en una infraestructura de nube pública o privada y ponerla a disposición de los proveedores de aplicaciones de diferentes formas: plataforma como servicio (PaaS), software como servicio (SaaS) e infraestructura como servicio (IaaS).

PaaS ofrece una plataforma de computación a los usuarios mediante distintos recursos que operan en la nube. SaaS se refiere a las aplicaciones ofrecidas por un proveedor que operan en una infraestructura remota en la nube. IaaS consiste en el equipamiento hardware que opera en la nube y que los proveedores ponen a disposición de los usuarios a petición. Seguidamente se describen algunas de las plataformas de IoT más importantes en la actualidad [8].

- **Kaa IoT**

Es una plataforma de IoT de código abierto que permite manejar múltiples dispositivos interconectados y ofrece interoperabilidad. Posibilita el monitoreo en tiempo real y la configuración remota de dispositivos. Permite el intercambio de información entre dispositivos conectados, la nube de IoT, sistemas de información y visualización, así como otros elementos de los ecosistemas IoT [9].

- **Cisco IoT Cloud Connect**

Orientada a brindar robustez y seguridad a la IoT para las empresas. El manejo y procesamiento de los datos es realizado por Cisco Kinetic IoT [10].

- **DeviceHive IoT**

Es de código abierto y distribuida con licencia Apache 2.0, permitiendo su uso y modificación de manera gratuita. Permite la implementación de contenedores con Docker y Kubernetes. Puede ser usada tanto con nubes públicas como privadas. Soporta varias bibliotecas, incluyendo de Android e iOS [11].

- **Microsoft Azure IoT Suite**

Ofrece soluciones preconfiguradas y la posibilidad de personalizar y desarrollar nuevas soluciones según los requisitos de cada proyecto. Posee mecanismos de seguridad muy confiables, gran escalabilidad e integración simple con los sistemas existentes [12].

- **Google Cloud Platform IoT**

Permite procesar grandes cantidades de información mediante Cloud IoT Core, alcanzándose análisis avanzados con el uso del Cloud Data Studio y Big Query. Esto permite que los dispositivos y aplicaciones funcionen mucho más rápidamente [13].

- **Mindsphere**

Es una plataforma desarrollada por Siemens que posibilita la conexión de todo tipo de dispositivos a la nube [14].

- **MBED IoT Device**

Es un servicio de código abierto disponible en la plataforma Apache 2.0 Arm MBED. Ofrece servicios en la nube, herramientas de desarrollo y sistemas operativos para los dispositivos IoT [15].

- **Amazon Web Services (AWS) IoT**

Esta plataforma brinda servicios de seguridad, almacenamiento en bases de datos y computación en la nube a través de la consola AWS, entre muchos otros que incluyen nubes privadas virtuales, por ejemplo [16].

- **ThingSpeak**

Permite analizar y visualizar datos en MATLAB sin necesidad de adquirir una licencia. Posibilita la recopilación y el almacenamiento de datos de sensores en canales privados, pudiendo compartirlos en canales públicos si se desea. Es compatible con Arduino y con otras plataformas de desarrollo como Particle. Es usada generalmente para la localización, alertas y análisis [17].

Existe una gran variedad de plataformas robóticas en la nube tanto para la investigación como para aplicaciones reales. Algunas de las más notables se describen a continuación.

- **DAvinCi**

Su nombre completo es Distributed Agents with Collective Intelligence. Es de código abierto, del tipo SaaS y usualmente es empleada para la investigación. Su principal propósito es introducir funcionalidades centralizadas para una red de robots en amplios entornos. Permite la comunicación de un sistema de diversos robots heterogéneos mediante la nube para compartir datos de manera cooperativa, pero el empleo del protocolo HTTP ralentiza la comunicación distribuida entre robots mediante internet. Implementa tecnologías como Hadoop, ROS, WiFi y ZigBee [18].

- **CORE**

Es un motor de reconocimiento de objetos basado en la nube del tipo SaaS. Ofrece conjuntos de datos de gran escala para el entrenamiento de clasificadores y algoritmos de aprendizaje automático, así como diversas combinaciones de detectores de características y clasificadores. También es empleada para la investigación y utiliza tecnologías como CloudLab, ROS, TCP y UDP [19].

- **UNR-PF**

Es una plataforma para aplicaciones prácticas también usada para la investigación y del tipo SaaS. Posibilita que los robots y los sensores abstraigan sus funciones y las compartan para que ciertas aplicaciones puedan acceder a ellas mediante interfaces de programación de aplicaciones (APIs). Se emplea en el apoyo de actividades diarias, especialmente de los ancianos y discapacitados. Las tecnologías que emplea son Robotic Interaction Service (RoIS) y C++ [20].

- **Rapyuta**

Es del tipo PaaS, de código abierto y es utilizada para aplicaciones prácticas. Brinda una conectividad de gran ancho de banda con el repositorio de conocimiento de RoboEarth [21], lo que permite el almacenamiento y el intercambio de información. Implementa Linux Containers, por lo que es basada en contenedores [22].

- **FIWARE**

También es del tipo PaaS y se emplea tanto para la práctica como para la investigación. Utiliza Openstack Swift y permite a los robots publicar sus datos o suscribirse a datos de otros robots utilizando FIROS [23].

- **Artoo**

Es una plataforma para aplicaciones prácticas del tipo PaaS que emplea Ruby. Ofrece un lenguaje de dominio específico (DSL, por sus siglas en inglés) para la robótica y la computación física de varios dispositivos IoT [24].

- **Spacebrew**

Es una plataforma de código abierto que facilita la conexión entre objetos remotos mediante WebSockets, pero no brinda funcionalidades centralizadas [25].

- **AWS RoboMaker**

Es la solución en la nube para robótica propietaria de Amazon. Permite simular, probar e implementar aplicaciones robóticas a escala de manera segura. Ofrece aplicaciones de muestra para ayudar a los principiantes, así como servicios en la nube tales como Amazon Kinesis para la transmisión de video, Amazon Rekognition para el análisis de video e imágenes, Amazon Lex para el reconocimiento del habla, Amazon Polly para la generación del habla y Amazon CloudWatch para el monitoreo del sistema completo. Posibilita integración con ROS [26].

- **Google Cloud Robotics**

Es una plataforma de código abierto que proporciona la infraestructura esencial para construir y ejecutar soluciones robóticas. Posibilita la distribución de aplicaciones, la comunicación bidireccional y segura entre el robot y la nube, así como el acceso a los servicios de Google Cloud tales como el aprendizaje automático y el monitoreo. Permite la implementación de flotas de robots [27].

En general, estas plataformas no ofrecen a la vez funcionalidades centralizadas y distribuidas, sino solo una de ellas, por lo que no son totalmente adecuadas para IoRT.

2.3 Plataformas de simulación para IoRT

La simulación permite el desarrollo de aplicaciones robóticas de manera virtual sin que sea necesario adquirir uno o varios robots físicos. Además de ser extremadamente flexible, constituye una medida de seguridad, pues los fallos, errores y las colisiones pueden dañar el robot si se implementa la aplicación

directamente sin ser probada y depurada primero. Por tanto, la simulación es una solución que reduce significativamente los costos, además de que posibilita el aprendizaje, la experimentación computacional y la investigación.

La tecnología conocida como Digital Twin (en español gemelo digital) se basa en la modelación y simulación de elementos, procesos y sistemas físicos existentes de manera que se facilite el análisis en tiempo real, la detección de fallos antes de que estos ocurran, el monitoreo, entre muchas otras ventajas. IoT posibilita el desarrollo y la implementación de esta tecnología actuando como un puente entre el mundo físico y el virtual [28]. Este es otro enfoque de cómo la simulación puede beneficiar las aplicaciones prácticas, y es una solución relativamente nueva que se está comenzando a implementar en la industria y las empresas, pero que se prevé que será clave en la mayoría de las aplicaciones de IoT y aprendizaje automático en el futuro cercano.

Algunos simuladores de redes como NS3, OMNeT++ e iFogSim permiten simular la movilidad de sus nodos, los que pueden representar robots móviles [29] [30]. Sin embargo, este tipo de simuladores no permiten la modelación física de un entorno y, por tanto, no posibilitan la simulación de colisiones y demás características físicas. Los nodos son simples objetos de dos dimensiones, como ilustra la Figura 3. Otros simuladores tienen el mismo problema, como SSFNet, OPNET, QualNet o J-Sim [31]. Cabe destacar que iFogSim permite la simulación de elementos en la niebla, una opción que rara vez ofrece este tipo de simuladores [29].

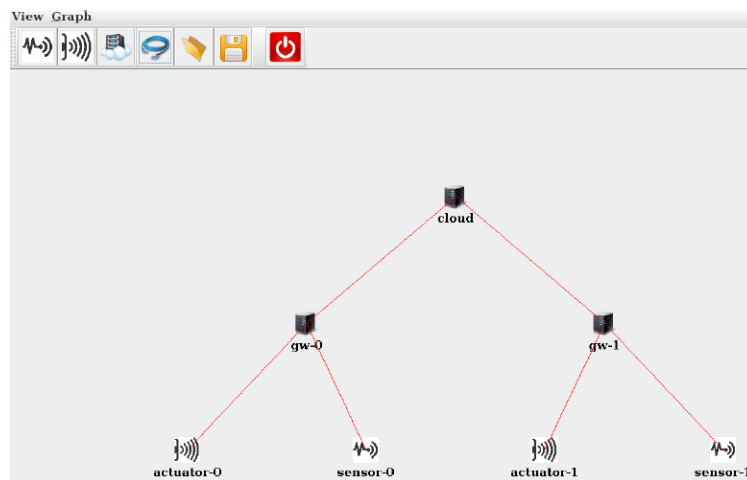


Fig. 3. Interfaz gráfica de usuario de iFogSim para crear una topología de red, donde los nodos son elementos de dos dimensiones, y no puede modelarse un entorno físico [29].

Otras plataformas para la simulación de redes que desatacan son: FIT IoT-LAB [32], la cual es de código abierto y permite entre otras cosas emplear robots para probar y mejorar la toma de decisiones en un contexto de IoT; y WSNet [33], la cual puede ser empleada para IoT y posibilita la simulación de nodos con diferentes interfaces de comunicación y modelos de movilidad.

Los simuladores de robots, por su parte, ofrecen muy buena modelación del robot, los entornos y objetos físicos, así como de sus interacciones, pero generalmente no implementan el acceso a redes, o en ocasiones no lo hacen con mucho detalle [31]. Entre las plataformas de simulación de robots más utilizadas se encuentran:

- **ARGoS**

Está orientada a la simulación de enjambres de robots, por lo que incluye su propio

simulador de redes. No obstante, permite conectarse a otros, como NS2 o NS3, pudiendo simular hasta 100.000 robots [34].

- **DPRSim**

Su nombre completo es Dynamic Physical Rendering Simulator, y es una plataforma desarrollada por Intel y la Carnegie Mellon University desde el 2006. La biblioteca Bullet Physics permite la simulación del mundo real [31].

- **OpenRAVE**

Es una plataforma de código abierto orientada a servidor, que emplea programación reactiva basada en APIs REST, NodeJS y Siren. Los servicios en la nube incluyen herramientas para la visualización como Splunk. Soporta C++ y Python [35].

- **Gazebo**

Se trata de un simulador multi-robot de código abierto que soporta un amplio rango de sensores y objetos, y es compatible con ROS. Permite simular poblaciones de robots en ambientes interiores y exteriores complejos, dado que posee un motor físico robusto y gráficos de alta calidad [36].

- **Webots**

Es una plataforma de simulación en 3D usada para simulaciones industriales que se encuentra entre las más empleadas para la educación y la investigación. Permite modelar, programar y simular múltiples tipos de robots en los lenguajes C/C++, Java, Python, MATLAB o URBI. Además, es compatible con bibliotecas externas como OpenCV, la cual permite el análisis y procesamiento de imágenes y video [37].

- **V-REP**

Es un simulador de Coppelia Robotics que fue descontinuado hace algunos meses. No obstante, constituye uno de los más avanzados para robots industriales y de los más utilizados en la educación y en la ingeniería. Su lenguaje de programación principal es Lua, pero soporta C/C++, Python, Java, MATLAB y URBI [38].

- **CoppeliaSim**

Es el nuevo simulador de Coppelia Robotics, que sustituyó a V-REP. Presenta soporte para los mismos lenguajes de programación, además de muchas otras funcionalidades y características como la utilización de cuatro motores gráficos (Bullet Physics, ODE, Vortex Studio y Newton Dynamics). Permite la simulación de comunicaciones inalámbricas entre robots de la manera que se ilustra en la Figura 4 [38].

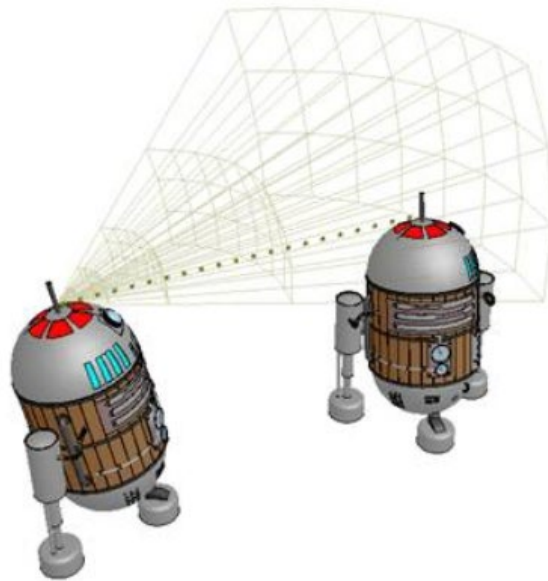


Fig. 4. Simulación de comunicación inalámbrica entre dos robots móviles en CoppeliaSim [38].

2.4 Trabajos relacionados

En una búsqueda bibliográfica se encontraron diversas investigaciones relacionadas con IoRT. Sin embargo, la que más se acerca a la temática de este trabajo es una tesis de 2018 [3] donde se implementa una plataforma de IoRT basada en la arquitectura de cinco capas explicada en la sección 2.1, mediante la integración de varias plataformas separadas.

La plataforma IoRT propuesta se muestra en la Figura 5, y está compuesta por ROS como la plataforma robótica, Amazon DynamoDB y AWS Lambda como los servicios en la nube para el almacenamiento y el procesamiento de datos, respectivamente, y AWS IoT Core como la plataforma de IoT, la cual permite la interconexión de los robots, además de operar como un puente entre ellos y las funcionalidades que ofrece la nube. El componente Amazon CloudWatch es adicional, y permite monitorear los recursos de AWS, facilita el desarrollo y depuración del sistema, así como la recolección y visualización de datos operacionales y de monitoreo. El bloque On Premises representa una computadora conectada a IoT que utiliza el AWS SDK para realizar operaciones de query y scan en la tabla no relacional que contiene DynamoDB. Mediante una API que emplea el servicio AWS Lambda, el usuario puede visualizar los datos adquiridos y procesados.

Se emplean patrones de mensajes de publicación/suscripción entre la plataforma IoT y las “cosas”. Estos patrones son asincrónicos, es decir, envían información y no esperan una respuesta, y son muy empleados en aplicaciones robóticas debido a su rapidez. Los nodos publican o se suscriben a un tópico/canal sin necesidad de comunicarse directamente con otros nodos. Cada nodo tiene la posibilidad de publicar o suscribirse a varios tópicos/canales. Cuando se publica un mensaje en un tópico/canal al que está suscrito un nodo, se invoca su función de callback.

El resto de conexiones emplean patrones de mensajes de pull sincrónico y push asincrónico. Estos son patrones frecuentemente empleados por servicios en la nube. El push ocurre cada vez que un nodo recibe un mensaje específico de un

tópico/canal y envía un mensaje a otro nodo. El pull se diferencia en que el otro nodo le envía un mensaje al nodo que recibió el mensaje nuevo del tópico/canal.

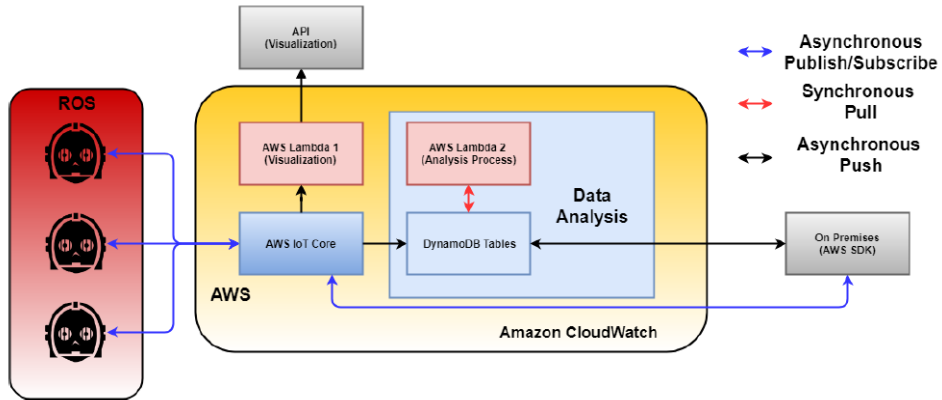


Fig. 5. Diagrama de la plataforma de IoRT propuesta en [3].

Para la interconexión entre ROS y AWS IoT Core se empleó bydotck13 [39], el cual permite, mediante el procedimiento descrito en la Figura 6, la compatibilidad entre los mensajes ROS y los MQTT empleados por los servicios de la nube y la plataforma IoT.

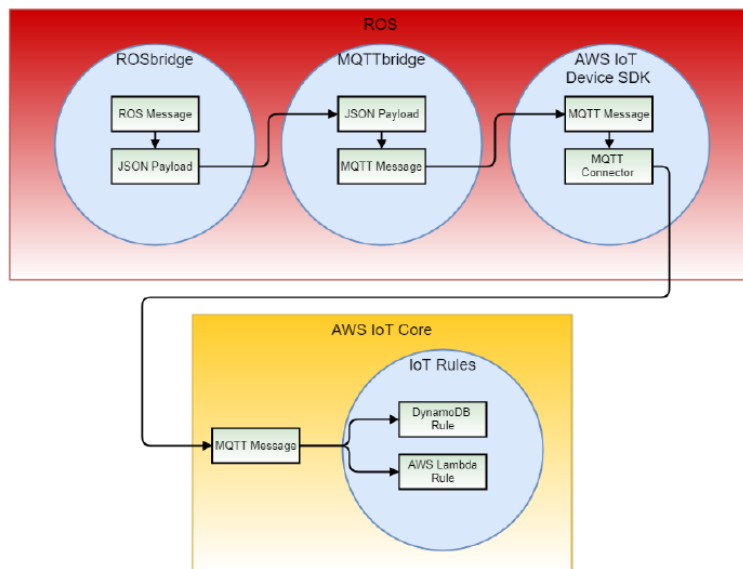


Fig. 6. Conversión de mensajes ROS a MQTT [3].

Como resultado se logró el correcto funcionamiento del sistema, con latencias de entre 150 y 200 ms cuando se utilizan los servicios en la nube debido a las transmisiones internas en la infraestructura AWS; además de la lejanía del robot, que se situaba en Estocolmo, Suecia, y la nube más cercana, que se encontraba en Dublín, Irlanda en el momento de realizar la investigación. El autor apunta que una operación de ping entre estas dos ciudades tiene una demora de 50 ms. Por tanto, concluye que, de usar servicios en la nube localizados en regiones más cercanas, se puede reducir la latencia del sistema, pero los resultados obtenidos son satisfactorios.

Esta resulta una buena solución, dado que aún no existe una única plataforma que integre todos los componentes de IoRT. Sin embargo, no es gratis y, por tanto,

posiblemente no podría emplearse en la docencia. No obstante, este trabajo sienta las bases para el desarrollo de otras plataformas basadas en la integración de plataformas robóticas, plataformas de IoT y servicios en la nube de software libre y código abierto.

2. Conclusiones

Las plataformas para aplicaciones de IoRT se encuentran aún en fase incipiente. A pesar de que existen numerosas y muy buenas propuestas de plataformas de robótica en la nube y plataformas de IoT que soportan robots, estas no ofrecen todas las funcionalidades necesarias para el nuevo paradigma. Todavía no existe una única plataforma que logre agrupar íntegramente todos los componentes de IoRT, ni siquiera para la simulación, sino que se requiere una combinación de varias, como quedó demostrado en la investigación analizada en la sección 2.4 de este estudio. No obstante, la solución presentada en dicho trabajo no es factible para la docencia y, hasta cierto punto, la investigación, pues las plataformas y servicios de Amazon son propietarios y, por tanto, no son gratis. El desarrollo de herramientas de código abierto y software libre es una tendencia muy popular en la actualidad, y, como se constató con el desarrollo de esta investigación, existen muchas plataformas de código abierto disponibles, lo que posibilita la implementación de plataformas de IoRT mediante el acoplamiento de las mismas.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de la Tesis Doctoral “Navegación autónoma de robots móviles con el empleo de algoritmos de aprendizaje por refuerzo profundo en un entorno de Internet de las Cosas”.

Referencias

- 23** CCSA Standard YDB 062-2011. Terms of the Ubiquitous Network (2011)
- 24** Kehoe, B., Patil, S., Abeel, P., Goldberg, K.: A survey of research on cloud robotics and automation. *IEEE Transactions on automation science and engineering*. 12, 2, pp. 398 a 409 (2015).
- 25** Yousif, R.: A practical approach of an internet of robotic things platform. KTH Royal Institute of Technology (2018).
- 26** ABI Research – Internet of Robotic Things, <https://www.abiresearch.com/market-research/product/1019712-the-internet-of-robotic-things/>
- 27** Ray, P. P.: Internet of robotic things: Concept, technologies, and challenges. *IEEE Access* 4, pp. 9489 a 9500 (2016).
- 28** Uchechukwu, D., Siddique, A., Maksatbek, A., Afanasyev, I.: ROS-based integration of smart space and a mobile robot as the internet of robotic things. En: 2019 25th Conference of Open Innovations Association (FRUCT), pp. 339 a 345. IEEE (2019).
- 29** Afanasyev, I., Mazzara, M., Chakraborty, S., Zhuchkov, N., Maksatbek, A., Yesildirek, A., Kassab, M., Distefano, S.: Towards the internet of robotic things: analysis, architecture, components and challenges. En: 2019 12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), pp. 3 a 8. IEEE (2019).
- 30** EDUCBA – IoT Framework, <https://www.educba.com/iot-framework/>

- 31** Kaa IoT, <https://www.kaaproject.org>
- 32** Cisco IoT Cloud Connect, <https://www.iotone.com/software/iot-cloud-connect/>
- 33** DeviceHive, <https://devicehive.com>
- 34** Azure IoT, <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/iot/>
- 35** Google Cloud IoT, <https://cloud.google.com/solutions/iot>
- 36** MindSphere: Siemens, <https://siemens.mindsphere.io>
- 37** Mbed, <https://os.mbed.com>
- 38** AWS IoT, <https://aws.amazon.com/iot/>
- 39** IoT Analytics – ThingSpeak Internet of Things, <https://thingspeak.com>
- 40** Arumugam R., Enti V. R., Bingbing L., Xiaojun W., Baskaran K., Kong F. F., Kumar A. S., Meng K. D., Kit G. W.: DAVinCi: A cloud computing framework for service robots. En: 2010 IEEE international conference on robotics and automation, pp. 3084 a 3089, IEEE (2010).
- 41** Beksi, W. J., John, S., Nikolaos, P.: CORE: A cloud-based object recognition engine for robotics. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 4512 a 4517 (2015).
- 42** Furrer, J., Kamei, K., Sharma, C., Miyashita, T., Hagita, N.: UNR-PF: An open-source platform for cloud networked robotic services. IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp. 945 a 950 (2012).
- 43** Riazuelo, L., Tenorth, M., Marco, D. D., Salas, M., López, D. G., Mösenlechner, M., Kunze, L., Beetz, M., Tardós, J. D., Montano, L., Montiel, J. M. M.: RoboEarth semantic mapping: A cloud enabled knowledge-based approach. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 12, 2, pp. 432 a 443 (2015).
- 44** Mohanarajah, G., Hunziker, D., D’Andrea, R., Waibel, M.: Rapyuta: A cloud robotics platform. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 12, 2, 481 a 493 (2015).
- 45** Sotiriadis, S., Vakanas, L., Petrakis, E., Zampognaro, P., Bessis, N.: Automatic migration and deployment of cloud services for healthcare application development in FIWARE. IEEE 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), pp. 416 a 419 (2016).
- 46** Artoo, <https://artoo.io>
- 47** Spacebrew, <https://docs.spacebrew.cc>
- 48** AWS RoboMaker: Amazon Web Services, <https://aws.amazon.com/es/robomaker/>
- 49** Cloud Robotics Core, <https://googlecloudrobotics.github.io/core/>
- 50** Madni, A. M., Madni, C. C., Lucero, S. D.: Leveraging digital twin technology in model-based systems engineering. Systems 2019, 7, 1 (2019).
- 51** Gupta, H., Vahid Dastjerdi, A., Ghosh, S. K., Buyya, R.: iFogSim: A toolkit for modeling and simulation of resource management techniques in the Internet of Things, Edge and Fog computing environments. Software: Practice and Experience, 47, 9, pp. 1275 a

1296 (2017).

52 Mahmud, R., Buyya, R.: Modeling and simulation of fog and edge computing environments using iFogSim toolkit. Fog and edge computing: Principles and paradigms, pp. 1 a 35 (2019).

53 Plasencia, A.: Propuesta de una plataforma de simulación de robots bajo una concepción de Internet de las Cosas. Taller Internacional de Cibernética Aplicada (TCA). (2017).

54 Adjih, C., Baccelli, E., Fleury, E., Harter, G., Mitton, N., Noel, T., Pissard-Gibollet, R., Saint-Marcel, F., Schreiner, G., Vandaele, J., Watteyne, T.: FIT IoT-LAB: A large scale open experimental IoT testbed. En: 2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), pp. 459 a 464, IEEE (2015).

55 Chelius, G., Fraboulet, A., Fleury, E.: Wsnet: a modular event-driven wireless network simulator. (2006).

56 The ARGoS Website, <https://www.argos-sim.info>

57 OpenRAVE, <https://openrave.org>

58 Gazebo, <https://gazebo.org>

59 Webots: robot simulator, <https://cyberbotics.com>

60 Robot simulator CoppeliaSim, <https://coppeliarobotics.com/>

61 aws mqtt bridge, https://github.com/bydotck13/aws_mqtt_bridge

TICAL2020 Y 4° ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE E-CIENCIA

LIBRO DE ACTAS

ORGANIZACIÓN



APOYO

